



المندوبية السامية للتخطيط  
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC  
\*\_\*\*\_\*  
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN  
\*\_\*\*\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*  
INSTITUT NATIONAL  
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



**INSEA**

## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

**Stress testing bancaire du risque de défaut des clients  
Corporate de la BMCI**

Préparé par : *M.Zouali Nassim*

Sous la direction de : *M.Lebbar Mustapha (INSEA)*  
*M.Eddoumi Tarik (BMCI)*

*Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du*

**Diplôme d'Ingénieur d'Etat**

**Filière : Actuariat Finance**

*Devant le jury composé de :*

- *M.Lebbar Mustapha (INSEA)*
- *M.Effina Driss (INSEA)*
- *M.Eddoumi Tarik (BMCI)*

**N°21**



## Résumé:

Notre étude va porter sur le stress testing qu'on appelle autrement le test de résistance. Dans ce test, en analysant un certain nombre de scénarios éventuels qui mettent en péril l'équilibre comptable de la banque, et qui menacent ses fonds propres, on aboutit en fin de compte à mesurer l'impact des dits scénarios sur la variation des provisions bancaires, la variation des fonds propres, et sur d'autres indicateurs financiers comme le ratio de solvabilité.

Dans notre cas, on va s'intéresser au risque de défaut des clients corporate de la banque BMCI. On va essayer dans une première étape de modéliser ce risque, puis on va stresser l'ensemble des variables qui l'expliquent afin de visualiser l'impact de ces chocs sur les fonds propres de la banque puis sur son ratio de solvabilité.

La variable qui va incarner le risque de défaut des clients de la banque est la variable « taux de défaut ». Cette variable exprime en fait le pourcentage des créances saines qui ont passé en souffrance des clients corporate de la banque dans une période donnée. Ainsi, plus cette variable est grande, plus le risque de défaut se manifeste plus important.

On va essayer alors d'adopter un modèle adéquat afin d'expliquer cette variable en fonction des variables macroéconomiques et de certaines variables issues du secteur financier.

Après avoir modélisé le taux de défaut des clients corporate de la BMCI, on va essayer d'installer un modèle qui va lier les différentes variables qui expliquent ce taux. Ce deuxième modèle va nous être très utile dans l'étape du stress testing, puisque il va nous procurer les prévisions nécessaires afin de connaître comment chaque variable évolue en fonction de l'autre. En fait, dans notre cas on va adopter des scénarios portant sur une seule variable explicative du taux de défaut, ainsi il serait obligatoire de prévoir l'évolution des autres variables explicatives pour estimer en fin de compte la variation du taux de défaut qui découle du scénario imposé.

Enfin, et en suivant les pratiques du stress test, on va présenter les différents scénarios adoptés pour notre étude, puis on va calculer à chaque fois l'impact des chocs, qu'on fait subir à chacune des variables, sur les fonds propres de la banque et sur le ratio de solvabilité, afin de juger la rigidité des fonds propres de la BMCI, et sa capacité de garder son ratio de solvabilité haut dans les conjonctures de crise.

## Remerciement

Au terme de mon travail, je tiens à exprimer ma gratitude à mon encadrant interne Mr. Lebbar Mustapha pour son encadrement, ses conseils et ses remarques pertinentes.

Je remercie également et chaleureusement mon encadrant externe Mr. Eddoumi Tarik, pour sa générosité, sa constante disponibilité, ses efforts et son soutien le long de mon stage.

Mes remerciements vont aussi à Mr. Effina Driss, professeur de l'enseignement supérieur à l'INSEA, d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je tiens aussi à remercier le corps professoral de l'Institut National de Statistique et d'économie Appliquée pour leur travail continu et la formation qu'il nous offre.

Merci à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce projet de fin d'études.

## Dédicace

*A mes très chers parents qui ont toujours fait en sorte de m'offrir les meilleures  
Conditions pour assurer mon bien-être et faire de moi ce que je suis  
Aujourd'hui. Je vous aime.*

*A mon cher frère Abdelhakim.*

*A mon meilleur ami et Frère yassine ennaim.*

*A toute ma famille.*

*A toute personne qui m'a soutenue et encouragée le long de mon cursus scolaire ...*

## Table des matières

Résumé: .....	3
Remerciement .....	4
Dédicace .....	5
Liste des abréviations .....	9
Liste des figures .....	10
Introduction générale .....	11
Première partie : l'activité Stress test dans les banques .....	13
Chapitre 1 : Présentation de la banque BMCI et réflexion sur la mise en place des stress test à la banque.....	14
1. Historique.....	15
2. Structure & organisation .....	15
3. L'activité de la banque.....	16
4. Réflexion sur la mise en place des stress test à la BMCI .....	18
Chapitre2 : Stress test et analyse de scenarios dans les banques .....	19
1. L'activité stress testing .....	20
2. Contexte historique.....	21
3. Objectifs du stress test .....	22
4. Analyse des scenarios .....	22
5. Règlementation du stress test dans les banques.....	22
Deuxième partie : Revue théorique .....	25
Chapitre 1 : Contexte et cadre théorique .....	26
1. Risque de crédit dans les banques et son évolution .....	27
2. Système de notation interne des clients BMCI .....	28
3. Le taux de défaut dans la littérature financière et économique .....	28
4. Modèle adopté pour modéliser le taux de défaut .....	30
5. Un modèle liant les variables explicatives.....	31
Chapitre 2 : Méthodologie .....	32
1. Test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan.....	33
2. Stationnarité des séries temporelles .....	33
2.1 Régression fallacieuse .....	33
2.2 Séries stationnaires .....	34
2.3 Processus TS.....	34

2.4	Processus DS .....	34
3.	Tests de racine unitaire .....	35
3.1	Test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) .....	35
3.2	Test de Phillips-Perron (PP) .....	38
3.3	Test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (KPSS) .....	39
4	Modèle VAR .....	39
4.1	Présentation du modèle VAR .....	39
4.2	Causalité au sens de Granger .....	40
4.3	Test de causalité au sens de granger .....	41
4.4	Estimation du modèle VAR .....	42
Troisième partie : Etude pratique .....		43
Chapitre 1 : Présentation des données .....		44
1.	Taux de défaut .....	45
2.	Produit intérieur brut .....	46
3.	Taux de chômage .....	47
4.	Le taux d'inflation .....	48
5.	Crédit immobilier .....	50
6.	Créances sur la clientèle Corporate .....	51
Chapitre 2 : Etude économétrique .....		53
1.	Modèle du taux de défaut .....	54
1.1	Définition des variables .....	54
1.2	Etude de la série temporelle des taux de défaut .....	55
1.3	La Corrélacion entre le taux de défaut et les variables adoptés pour l'étude .....	56
1.4	Estimation du modèle .....	57
1.5	Test d'hypothèses .....	59
1.6	Une régression fallacieuse .....	61
2.	Modèle VAR liant les variables explicatives du modèle taux de défaut .....	62
2.1	Définition des variables .....	62
2.2	Etude de la stationnarité des séries .....	63
2.3	Nombre de retards du modèle VAR .....	64
2.4	Causalité au sens de Granger .....	65
2.5	Estimation VAR .....	66

2.6	Vérification de la stabilité du modèle .....	68
2.7	Test d'autocorrélation des erreurs .....	69
2.8	Test d'hétéroscédasticité.....	69
2.9	Test de normalité .....	70
Chapitre 3 : Stress testing.....		72
1.	Procédure de l'élaboration du stress test stress test .....	73
2.	Analyse des scenarios .....	76
2.1	Scénario de dépression économique.....	77
2.2	Scenario de crise d'inflation.....	79
2.3	Scenario de la crise immobilière .....	80
Conclusion générale.....		82
Bibliographie .....		84
Annexes.....		85

## Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
<b>ADF</b>	Augmented Dickey Fuller
<b>AIC</b>	Akaike Informatin Criterion
<b>BAM</b>	Bank-Al-Maghrib
<b>PIB</b>	Produit interieur brut
<b>DS</b>	Difference Stationnary
<b>KPSS</b>	Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin
<b>PP</b>	Philips Perron
<b>TS</b>	Trend Stationnary
<b>VAR</b>	Vector Auto Regressive
<b>VECM</b>	Vector Error Correction Model
<b>LOGIT</b>	La fonction mathématique logit
<b>AR</b>	Modèle autorégressif
<b>BMCI</b>	Banque marocaine pour le commerce et l'industrie
<b>HCP</b>	Haut commissariat au plan

## Liste des figures

Figure 1 : stratégie du test dickey fuller augmenté.....	37
Figure 2 : évolution trimestrielle du PIB entre 2006 et 2013.....	47
Figure 3 : évolution taux de chômage entre 2006 et 2013.....	48
Figure 4: évolution du taux d'inflation entre 2006 et 2013.....	49
Figure 5: évolution du crédit immobilier au Maroc entre 2006 et 2013.....	50
Figure 6 : évolution des créances sur la clientèle entre 2006 et 2013.....	52
Figure 7 : Définition des variables.....	54
Figure 8 : test de normalité des résidus.....	59
Figure 9 : test d' hétéroscédasticité.....	60
Figure 10 : résultats des tests de stationnarité.....	61
Figure 11 : définition des variables.....	62
Figure 12 : résultats des tests de stationnarité.....	63
Figure 13 : résultats des tests de stationnarité.....	64
Figure 14 : nombre des retards du modèle VAR.....	65
Figure 15 : Test de causalité entre les variables.....	65
Figure 16 : inverse des racines unitaires.....	68
Figure 17 : Test d'autocorrélation des résidus.....	69
Figure 18 : Test d' hétéroscédasticité.....	69
Figure 19 : Test de normalité des résidus.....	70
Figure 20 : tables des scenarios.....	76
Figure 21 : écart types des variables explicatives.....	77
Figure 22 : Prévision des variables par voie de l'estimation VAR.....	77
Figure 23 : calcul de la perte.....	78
Figure 24 : Prévision des variables par voie de l'estimation VAR.....	79
Figure 25 : Calcul de la perte.....	79
Figure 26: Prévision des variables par voie de l'estimation VAR.....	80
Figure 27 : calcul de la perte.....	81

## Introduction générale

De nos jours, l'identification et le contrôle du risque représente l'obsession majeure des banques. On cherche toujours à le cerner et bien provisionner pour couvrir toute fuite éventuelle qui peut bouleverser le cours normale de l'action bancaire. Dans le cadre de cette logique, et afin de répondre aux exigences de Bank Al Maghreb, la BMCI est tenue de faire des stress tests lui permettant de renforcer ces outils de mesure et d'appréciation des risques. Deux types de stress tests sont à distinguer : les stress tests minimaux qui sont basés sur des hypothèses définies par la banque centrale BAM réalisés semestriellement, et les stress tests spécifiques qui doivent être conçus par la BMCI, et effectués suivant la fréquence qu'elle juge appropriée.

Dans le cadre des stress test minimaux, et en suivant alors les directives de la banque centrale, la BMCI est mené semestriellement à élaborer un reporting concernant le stress test et résumant la totalité de l'information déduite du stress testing. Ceci est fait selon des hypothèses, des scénarios et des modalités très bien précisés par la banque centrale BAM.

Pour chaque type de risque (risque de crédit, risque de concentration, risque de liquidation, risque de taux d'intérêt, risque de marché ....), la banque centrale BAM précise un certain nombre de scénarios et de chocs auxquels serait soumis la banque, en élaborant une succession d'hypothèse qui incarnent numériquement ces chocs, et la banque est menée alors à chaque fois à estimer la variation des fonds propres qui résulte du risque supposé dans les hypothèse des scénarios du stress test.

Pour notre étude, on va avoir comme but d'élaborer un stress test spécifique. On va chercher dans une première phase à modéliser le taux de défaut des grandes entreprises (corporate) clientes de la BMCI, puis en posant un certain nombre de scénarios que nous jugeons plausibles et réalisables, on va voir l'impact des dits scénarios sur la variation du taux de défaut, puis sur les fonds propres de la banque. Ceci est fait pour déduire en fin de compte si la banque est suffisamment dotée en fond propres pour faire face à ces chocs, en calculant la ratio de solvabilité selon les normes recommandées (Bâle II).

En effet, et comme on l'avait expliqué dans le résumé de cette étude au début de ce rapport, le taux de défaut exprime le pourcentage des créances saines qui ont passé en souffrance.

En fait, les banques, via un système de notation interne (on va en parler plus tard dans ce rapport), affecte à chaque client une note donnée. A la base de cette notation, elle classe ses créances en deux types principaux : les créances saines et les créances en souffrances. Puisque les créances en souffrances représentent un risque de défaut plus important, les banques choisissent alors de leur affecter des provisions (on va préciser plus tard dans ce rapport le taux de provisionnement exact de la BMCI pour chaque type de créance).

Les banques procèdent généralement au calcul d'un cout supplémentaire qui doit être soustrait du résultat d'exploitation de la banque, qu'on appelle le cout du risque. Ce cout risque représente en fait la variation des provisions entre deux années successives.

Ainsi, la logique des stress test qu'on va mener durant notre étude visera l'augmentation du risque de défaut des clients de la BMCI en supposant la survenance de certains scénarios. Ceci va causer une hausse des créances en souffrances accompagnée bien évidemment d'une augmentation des provisions bancaires. Le cout du risque connaîtra alors une variation positive qui va se répercuter négativement sur les fonds propres de la banque et donc sur son ratio de solvabilité.

Le stress test est une procédure alors qui teste la puissance de la banque, et sa capacité de faire face à des événements qui mettent en péril son bilan et ses activités principales. Un simple choc portant sur un risque donné peut bouleverser le bilan de la banque, et dans le cas d'un choc très sévère, cela peut même montrer une incapacité des fonds propres disponibles de couvrir les chocs.

Dans notre étude alors, et en essayant de procéder par la modélisation d'un certain nombre de variables qui incarnent le risque, notamment dans notre étude le taux de défaut, on va essayer de poser plusieurs scénarios qui compromettront la banque, pour tester la rigidité et la robustesse de la structure de la BMCI face à ces événements éventuels.

Pour ce faire on va diviser notre rapport en trois grandes parties :

Dans la première partie, on va présenter brièvement la structure de la banque BMCI, ensuite on va parler de la réflexion sur la mise en place des stress test à la banque, puis on va consacrer le reste à la définition de la pratique stress test dans les banques ainsi que toutes les étapes techniques qui l'accompagne.

La deuxième partie portera sur la description du cadre de travail, en définissant la variable clé qu'on cherche à modéliser dans notre étude, à savoir le taux de défaut. Ensuite on va parler des modèles proposés pour expliquer ces variables, des modèles issus de la littérature économétrique et financière. Puis on va préciser le modèle finale qu'on va adopter dans notre étude. Nous finirons par une présentation des tests de stationnarité, Test de Dickey Fuller augmenté, test de Phillips et Perron (test de PP) , test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (test de KPSS), Test de Causalité et une présentations des modèles vectoriels Autorégressifs (VAR).

Dans la dernière partie, on va procéder, en premier lieu, par une présentation des données utilisées et leur évolution. Puis on va détailler, en second lieu, les différentes techniques qu'on a suivies pour valider les modèles finales qu'on a jugés utile pour élaborer notre travail de stress test. Enfin, on va poser pour chacune des variables qui expliquent le taux de défaut, un certain nombre de scénarios, pour évaluer l'impact sur le taux de défaut, puis sur les fonds propres et le ratio de solvabilité de la banque.

# Première partie : l'activité Stress test dans les banques

Chapitre 1 : Présentation de la banque BMCI et réflexion sur la mise en place des stress test à la banque

Chapitre 2 : Stress test et analyse de scénarios dans les banques

## **Introduction :**

*Dans cette partie on va présenter dans un premier pas la banque BMCI, en présentant d'abord son historique puis sa structure et son organisation, et en finissant par les activités principales de la banque. Puis on va parler sur le contexte de la mise en place des stress test spécifiques à la banque.*

*Ensuite, on va parler généralement sur la pratique stress test, en définissant ses objectifs principaux, et en essayant de cerner tous les étapes qui accompagnent sa réalisation.*

Chapitre 1 : Présentation de la banque BMCI et réflexion sur la mise en place des stress test à la banque

## 1. Historique

La BNP a développé ses activités au Maroc depuis 1940, via sa filiale marocaine la BNCIA (Banque Nationale pour le commerce et l'industrie en Afrique). La banque marocaine de commerce et de l'industrie (BMCI) est une société anonyme, filiale principale du groupe BNP Paribas qui a vu le jour en 1964 dans le cadre de la marocanisation des entreprises.

Elle dispose d'un capital de 1 327 884 300 MAD et d'un réseau très large d'agences presque 250 agences dispersées sur le territoire marocain. En 2000, le groupe BNP fusionne avec le groupe Paribas qui était également présent au Maroc depuis le début du siècle. Son bureau de représentation y a été très attractif dans l'activité de « Banque d'Affaires ». En Novembre 2001, l'acquisition de l'Ex ABN AMRO BANK Maroc par la BMCI lui a permis de confronter sa position de banque de référence au service de ses clients.

## 2. Structure & organisation

Afin d'accompagner le développement de ses activités, la BMCI s'est dotée, en 2002, d'une nouvelle organisation qui favorise le '**Cross-selling**' ou la vente croisée, levier nécessaire au développement du Groupe BMCI.

Le '**Cross-selling**' est un concept qui consiste à croiser les métiers de la banque pour proposer à un même client une gamme complète de produits et services et répondre ainsi à tous ses besoins. Ainsi, le groupe BMCI est organisé aujourd'hui autour de 3 types de structures

### **Les lignes de clientèle :**

- La Direction des Particuliers et des Professionnels ;
- La Direction des PME-PMI et du Commerce International ;
- La Direction des Grandes Entreprises, des Marchés et des Produits et Financements Structurés.

### 3. L'activité de la banque

La BMCI exerce une activité de banque universelle qui s'adresse à tout type de clientèle, elle dispose d'une large gamme de produits diversifiés destinés principalement à satisfaire les besoins financiers de ses clients et parmi ses clients on trouve :

- Particuliers (y compris les marocains résidant à l'étranger) ;
- Professionnels ;
- Grandes Entreprises : Groupes nationaux et firmes multinationales ;
- Institutionnels et organismes financiers ;
- PME – PMI.

En plus des services bancaires de base, la BMCI offre à sa clientèle une gamme de produits qui répond aux besoins spécifiques du particulier, du professionnel, de la Petite & Moyenne Entreprise et de la Grande Entreprise.

#### **Clientèle des Particuliers et des Professionnels**

- Services de banque à domicile : par téléphone (AlloSOLDE, BMCI SMS) et par Internet MCI Net et BMCI Wap) ;
- Packages de produits ;
- Moyens de paiement électronique ;
- Produits d'assurances et d'assistance ;
- Formules de placement ;
- Gestion de patrimoine ;
- Large gamme d'OPCVM ;
- -Crédit à la consommation ;
- -Crédit immobilier.

#### **Clientèle des entreprises**

- Crédits de fonctionnement et d'investissement ;
- Activités de leasing ;
- Opérations de Trade finance ;
- Activités de marché des capitaux ;

- Activités de bourse ;
- Produits de pointe dans le domaine de la monétique et de la télématique ;
- Gestion de titres de créances négociables ;
- Services de banque à domicile : par fax (AudiFAX) et par Internet (BMCI Net).

BNP Paribas a confirmé sa place parmi les premières banques conseils en fusions et acquisitions en 2002 en France (numéro 1 dans le classement Capital Finance).

En 2002, BNP Paribas était le 3<sup>ème</sup> intervenant sur Euronext (France, Belgique et Pays Bas) et le 3<sup>ème</sup> en Allemagne pour le courtage d'actions (source : Euronext et Deutsche Borse), le premier sur le marché à terme du Monep (source : Euronext) et le deuxième en France pour les volumes de « warrants » échangés (source : Euronext). La banque est reconnue comme un des leaders mondiaux sur les marchés des taux et de dérivés de crédit et occupe une place importante sur le marché mondial des changes.

Pour réussir tous ses missions et pour satisfaire tous les besoins des clients la BMCI procède un ensemble important de filiale mis à la disposition de ses derniers qui sont dotées de l'expertise et du savoir-faire. Parmi ces filiales on trouve :

- ARVAL : location longue durée de véhicule
- BMCI assurance : courtage en assurance
- BMCI offshore
- BMCI bourse
- BMCI finance
- BMCI gestion
- BMCI leasing

Parmi les actionnaires principales de la BMCI on trouve : BNP Paribas, Axa assurance, ATLANTA, SANAD

Aujourd'hui, le groupe BNP Paribas est l'actionnaire de référence de la BMCI, avec une part de 66,74% du capital. Le reste est réparti principalement entre :

- Axa Assurance Maroc avec 8,55% ; Les compagnies d'Assurance Atlanta et Sanad avec respectivement 4,60% et 3,25% ; Autres : 16,86%.

## 4. Réflexion sur la mise en place des stress test à la BMCI

Suite à la directive du gouverneur du BAM , datée de Mai 2010 relative à la pratique des stress tests par les établissements de crédit du pays, les banques et les institutions financières marocaines ont été obligées d'intégrer les stress tests parmi leurs dispositifs de gouvernance et de gestion des risques.

Cette décision de la banque centrale marocaine BAM vise par ailleurs à respecter les principes du Comité de Bale (Mai 2009), sur la mise en œuvre des saines pratiques notamment en matière des stress tests et du rôle des banques centrales dans la supervision de la réalisation des stress tests par les établissements de crédit.

Afin de répondre aux exigences du BAM et de renforcer ces outils de mesure et d'appréciation des risques, la BMCI est tenue d'élaborer des stress tests spécifiques sur selon la fréquence qu'elle juge appropriée.

En effet ces tests consisteraient à choquer le taux des créances en souffrance (taux de défaut) du portefeuille Corporate, en mesurant l'impact sur le cout du risque et le ratio de solvabilité.

La variation du cout de risque, comme on l'a déjà mentionné au début de ce rapport, est incarnée dans la variation des provisions impliquées par la variation du taux de défaut. En fait, les provisions spécifiques à chaque type de créance sont définies par la banque centrale BAM au niveau de la circulaire n°19/G/2002 : « les créances pré-douteuses, douteuses et compromises doivent donner lieu à la constitution des provisions égales au moins, respectivement, à 20%,50% et 100% de leurs montants».

## Chapitre2 : Stress test et analyse de scenarios dans les banques

Dans ce chapitre, nous allons présenter la théorie du stress testing ainsi que l'ensemble des procédures, des étapes et des concepts qui accompagne sa réalisation et détermine la formulation de ses hypothèses et de ses scenarios.

## 1. L'activité stress testing

Un stress test est une projection de la situation financière d'une entreprise ou de l'économie dans un ensemble spécifique de conditions fortement défavorables qui peuvent être le résultat de plusieurs facteurs de risque sur plusieurs périodes de temps, avec des conséquences graves qui peuvent s'étaler sur des mois ou des années, comme ils pourraient porter sur juste un seul facteur de risque et être de courte durée. La probabilité du scénario qu'on affecte à un stress test fait référence à un cas extrême mais plausibles.

Les stress test est un outil important pour la haute direction utilisé dans la prise de décisions stratégiques de l'entreprise, la gestion des risques et de gestion du capital. Cette opération peut être élaborée dans toutes les entreprises qui pratiquent une activité se basant sur une multitude et variation des risques qui compromette l'équilibre financier de la société, entre autres les banques, les sociétés immobilières, les compagnies d'assurance de dommage et les compagnies d'assurance-vie.

L'outil stress test ne peut pas avoir place sans poser un certain nombre d'hypothèses qui incarnent des possibilités de conjonctures vraisemblables qu'on appelle des scenarios. Un scénario décrit un état cohérent de l'avenir du monde au fil du temps, résultant d'un ensemble plausible et éventuellement défavorable des événements ou séquences d'événements. Un stress test fournit une évaluation d'un scénario extrême, généralement avec un grave impact sur l'entreprise, ce qui reflète les interrelations entre ses risques importants.

Ensemble, l'analyse des scenarios et le stress test, complètent l'utilisation des modèles de risques qui appliquent des probabilités aux scénarios futurs possibles pour déterminer les besoins en capital appropriés d'une entreprise. Ils évaluent l'impact financier des événements ou séquence d'événements qui conduisent à des scénarios spécifiques suffisant pour que leurs causes puissent être identifiées et leurs effets sur l'entreprise peuvent être compris. Ainsi, ils peuvent être utilisés pour améliorer la compréhension des « si et pourquoi » une entreprise est vulnérable aux risques extrêmes très incertains.

Une entreprise devrait reconnaître la valeur de ces deux approches, à savoir, l'analyse des scénarios et des tests de stress, de capturer et d'évaluer les risques de l'entreprise associées à des ensembles spécifiques de scénarios, en particulier lorsque la probabilité d'occurrences est très incertaine.

Après exécution des tâches associées au stress test, on obtient plusieurs résultats techniques qui chiffrent l'impact des scénarios posés au début de l'étude. Ces résultats, y compris une description explicite des scénarios particuliers et ce qui pourrait conduire à eux, doivent être transformés à des déductions très concises qui peuvent être clairement communiqués et compris par l'ensemble des employés d'une société donnée. L'utilisation des stress test peut améliorer la culture du risque d'une entreprise, car ils peuvent alerter les décideurs à des possibilités de survenance de certains événements fatals dus à certain risques parfois peu probables mais plausibles. Ils peuvent aussi fournir un cadre pour permettre aux entreprises de baser leurs stratégies d'affaires sur une série de prévisions plutôt qu'une seule meilleure estimation projetée qui serait un résultat ou une moyenne de résultats historiques.

## 2. Contexte historique

Parmi les causes principales qui ont poussé les banques à ressentir le besoin d'une procédure bien construite afin de bien évaluer la rigidité structurelle et comptable de la banque, c'était la crise financière qui a débuté en 2007.

Cette crise a commencé avec un affaiblissement sévère du marché immobilier américain, suivi par une forte baisse des marchés boursiers et une grave récession économique dans de nombreux pays.

Un tel scénario multi-effet peut se répéter au fil des mois et des années à cause des interrelations étroites et complexes entre les différents acteurs du marché financier. Cet exemple illustre la possibilité que le stress financier vécu par une partie du marché financier peut à son tour affecter l'ensemble du système financier mondial et affecter les institutions financières connexes et apparemment sans rapport, y compris les banques. Ces difficultés peuvent se prolonger bien au-delà de la communauté financière et avoir des effets à grande échelle sur l'économie générale.

Ce sont ces relations connexes entre les différents acteurs en fait qui poussent à lancer une spéculation profonde qui vise la connaissance presque complète des risques présents et futurs qui peuvent impacter l'activité de la banque. c'est de cette perspective alors que le stress testing a pris place comme tâche indispensable dans la banque, soit en se basant sur les scénarios imposés par la banque centrale BAM ( stress test minimaux) ou par la voie d'une modélisation interne et des hypothèses plus sophistiquées qui peuvent être menés par la banque indépendamment de celle qu'elle mène régulièrement sous la direction de la banque centrale (stress test spécifiques).

### 3. Objectifs du stress test

L'action du stress testing d'une institution doit servir aux fins suivantes:

- i. **L'identification des risques et le contrôle** : Les stress tests devraient être inclus dans les activités de gestion des risques d'une institution à différents niveaux. En particulier, il doit être utilisé pour traiter les risques intéressants de l'institution, et d'examiner les concentrations et les interactions entre les risques dans des environnements de stress qui pourraient être négligés.
- ii. **Appui à la gestion du capital** : Les stress tests devrait faire partie intégrante de la gestion interne des fonds propres des établissements, car ils permettent de se provisionner davantage lors de l'identification des événements graves, comme par exemple des changements dans les conditions du marché qui pourraient influencer négativement l'institution.

### 4. Analyse des scenarios

Un scénario est un environnement futur possible, soit à un moment donné ou sur une période de temps. Pour déterminer les aspects de cette situation à envisager et pouvoir l'incarner, un ou plusieurs événements ou de changements de circonstances peuvent être prévues, éventuellement grâce à l'identification ou la simulation de plusieurs facteurs de risque, souvent sur des périodes multiples. Dans notre cas d'étude par exemple, on va s'intéresser au risque de défaut, et on va procéder à la simulation de l'évolution de certaines variables qui expliquent ce risque. L'effet de ces événements ou de ces changements de circonstances dans un scénario peut être généré à partir d'un seul choc d'un facteur se basant sur un seul type de risque. Dans le cas de notre étude par exemple, on a procédé par le choc des facteurs un par un en se basant sur un seul type de risque, à savoir le risque de défaut. Les scénarios peuvent également être complexes, impliquant des changements des interactions entre de nombreux facteurs au fil du temps. Dans ce cas ils seraient alors générés par un ensemble d'événements simultanés

### 5. Règlementation du stress test dans les banques

La directive (D n° 2/G/10) est directive relative à la pratique des stress tests par les banques élaborée par la banque centrale BAM, qui précise l'ensemble de règles qui doivent être suivis en matière de pratique du stress test. Pour éclaircir ces règles on va parler des points importants sur lesquels a porté cette directive :

➤ Stress tests et gouvernance des risques

Les stress tests menés par l'établissement doivent faire partie intégrante de son dispositif de gouvernance et de gestion des risques. Ses organes d'administration et de direction s'assurent de l'efficacité et de la cohérence des programmes de stress tests établis. L'organe d'administration est responsable en dernier ressort du programme de stress tests et veille à sa mise en œuvre par l'organe de direction

➤ Organisation

L'unité responsable de la mise en œuvre du programme de stress tests doit veiller à sa pertinence à travers une étroite coordination avec les différentes fonctions concernées au sein de l'établissement, notamment celles assurant les activités commerciales et de marché ainsi que la gestion des risques. Cette unité veille à utiliser plusieurs techniques basées sur des approches historiques et des avis d'experts.

➤ Système d'informations

L'établissement est tenu de disposer d'un système d'information approprié, assurant la disponibilité des données nécessaires pour conduire, selon le calendrier requis, les différents stress tests, et assurant aussi la possibilité de tenir compte de l'évolution possible du programme de stress tests.

➤ Contrôle

L'efficacité et la robustesse du programme de stress tests doivent être évaluées régulièrement et de façon indépendante par les fonctions de contrôle permanent et de l'audit interne. Dans ce cadre, il est procédé à la vérification de certains éléments comme la capacité du programme de stress tests à atteindre les objectifs fixés, les modalités d'élaboration des scénarios retenus, la qualité des données et les modèles utilisés pour conduire les stress tests et enfin la mise en œuvre du programme de stress tests .

➤ Analyse de scenarios

Le programme de stress tests est établi sur la base d'un éventail de scénarios selon différents degré de sévérité et divers horizons temporels en fonction des caractéristiques des risques évalués.

L'établissement conduit des stress tests basés sur des scénarios prospectifs incorporant les changements potentiels dans la composition de ses portefeuilles ainsi que les risques qui ne découlent pas de l'analyse historique. Dans ce cadre, l'établissement s'appuie sur les avis d'experts.

L'établissement évalue sa capacité de résistance alors à moyen et long terme face à des chocs macroéconomiques ou financiers.

➤ Chocs extrêmes

Les stress tests doivent permettre d'évaluer les impacts de chocs extrêmes susceptibles de se traduire par des pertes importantes pour l'établissement, par une atteinte à son image et à sa réputation ou par un impact systémique.

L'établissement doit effectuer les diagnostics nécessaires pour déterminer les scénarios qui pourraient constituer une menace pour sa viabilité, en vue d'identifier les vulnérabilités potentiellement non décelées ou les incohérences dans ses stratégies de couverture.

➤ Reporting :

L'établissement transmet, régulièrement, à Bank AI-Maghrib et selon les modalités fixées par elle:

\* La documentation relative au programme de stress tests ainsi que toutes modifications apportées à ce programme.

\* Les résultats des stress tests effectués, l'analyse y afférente ainsi que les mesures prises pour remédier aux vulnérabilités décelées.

**Conclusion :**

*On a présenté dans cette partie les différents cotés qui accompagnent la tâche du stress testing dans les banques. la définition de ces termes clés va nous servir dans les étapes suivantes, puisque l'espace du travail va s'avérer plus claire maintenant qu'on a cerné l'activité du stress testing .*

*Dans la partie suivante, on va s'attaquer à l'étude théorique (modèles, test d'hypothèses ...) afin de construire une base solide pour commencer l'étude pratique.*

# Deuxième partie : Revue théorique

## Chapitre 1 : Contexte et cadre théorique

## Chapitre 2 : Méthodologie

### **Introduction :**

*Dans cette deuxième partie, on va poser notre étude dans son cadre théorique. Dans un premier chapitre, on va parler du risque de crédit dans les banques, son évolution dans le temps puis le système de notation interne de la BMCI pour comprendre comment la banque classe ses crédits. On va parler aussi de la variable clé dans notre étude à savoir le taux de défaut, on va la discuter dans un contexte générale, en présentant les variables qui sont censés l'impacter et le modèle qu'on a adopté pour la modéliser. Enfin on va parler de la nécessité d'adopter un autre modèle marginale qui décrit la relation entre les différentes variables explicatives du modèle afin de réaliser les stress test. Tout ceci en partant des différentes recherches réalisées auparavant et de la littérature économique et financière en générale.*

*Ensuite nous allons présenter dans un deuxième chapitre la méthodologie utilisée en présentant le modèle VAR, les tests de racines unitaires, les tests de causalité , le test d'htétérosedacticité , qui sont des éléments de la statistique importants pour notre étude , et qui vont être des éléments de base dans la partie pratique .*

# Chapitre 1 : Contexte et cadre théorique

## 1. Risque de crédit dans les banques et son évolution

Le risque bancaire en générale peut se définir synthétiquement comme l'incertitude temporelle d'un évènement ayant une certaine probabilité de survenir et de mettre la banque en difficulté.

De même l'identification du risque est une étape primordiale car une fois le risque est identifié, il devient possible de le mesurer et de mettre en place des solutions pour limiter l'expansion du risque et de prévoir les fonds propres nécessaires pour faire face aux pertes potentielles.

Particulièrement, Le risque de crédit est la perte potentielle consécutive à l'incapacité par un débiteur d'honorer ses engagements. Cet engagement peut être de rembourser des fonds empruntés. Cet engagement peut être aussi de livrer des fonds ou des titres à l'occasion d'une opération à terme ou d'une caution ou garantie donnée. Les sommes prêtées non remboursées, suite à la défaillance d'un emprunteur doivent être déduites du bénéfice, donc des fonds propres qui peuvent alors devenir insuffisants pour assurer la continuité de l'activité.

Le risque sur lequel on va se baser dans notre étude est le risque de défaut connu aussi comme étant le risque de contrepartie. Il est le risque qui se matérialise quand une des parties prenantes à un contrat n'arrive pas à honorer les termes de celui-ci. Le risque de contrepartie est un risque dont les deux parties peuvent en souffrir et devrait être considéré lors de l'élaboration d'un contrat.

Par exemple, la banque A va prêter à la banque B 100 000 Dirhams chaque mois et ce pendant un an. Tandis que l'obligation de la banque B est de rembourser les sommes perçues à la date d'échéance en contrepartie d'un intérêt. Le risque de contrepartie est présent chez les deux banques. Le risque de contrepartie pour la banque A est de ne pas percevoir son capital avec intérêt à la date d'échéance, tandis que le risque de contrepartie pour la banque B est qu'elle ne perçoive pas les 100 000 Dirhams chaque mois.

Pendant longtemps, la prise de risque relevait d'une évaluation personnelle tirée de l'expérience acquise au fur et à mesure de la pratique de l'activité. Cette prise de risque donnait lieu au prélèvement d'une marge sur les clients et les opérations concernées. Tant que le risque ne se concrétisait pas, la marge était gagnée. Lorsqu'il se produisait, la perte était remboursée sur les fonds propres. Après épuisement, c'était la faillite : les clients ne pouvaient être remboursés de leurs dépôts et leur épargne.

Les risques alors sont inhérents à l'activité bancaire, l'absence ou l'insuffisance de leur maîtrise provoque certainement des pertes qui affectent la rentabilité et les fonds propres. La permanence et l'importance de ces pertes peuvent conduire à la défaillance, c'est-à-dire l'incapacité de faire face à ses engagements.

L'identification des risques est une étape importante, elle permet de les mesurer, de mettre en place des préventions destinées à les limiter et de prévoir les fonds propres nécessaires pour faire face aux pertes potentielles.

A partir de cette analyse du risque de crédit et de son évolution, il s'avère donc important de trouver les bonnes méthodes pour modéliser et savoir cerner ce risque.

Dans notre étude, on va essayer de cerner le risque de contrepartie dans la banque. Plus précisément, le risque de défaut des Corporate clientes de la BMCI, qui ont contracté des emprunts auprès de la banque. Ceci va être fait via la modélisation de notre variable clé le taux de défaut.

## 2. Système de notation interne des clients BMCI

La BMCI possède un système de notation interne lui permettant de calculer une cote de risque pour chaque entreprise qui présente une demande de crédit. Le processus de notation développé prend en considération deux aspects de chaque entreprise :

- ❖ Le profil opérationnel qui tient compte de : la qualité et de la diversité des actifs et des activités de l'entreprise, l'intensité concurrentielle et le potentiel du secteur dans lequel évolue l'entreprise, l'expérience des gestionnaires et de l'entreprise dans son domaine, et les antécédents de l'entreprise.
- ❖ Le profil financier de l'entreprise qui vise à mesurer : la rentabilité, la taille, la structure financière, les flux de trésorerie et d'autres indicateurs financiers.

Toute créance issue d'un client qui est noté de 1 à 10 est considérée comme étant créance saine.

Les créances issus des clients notés 11 et 11<sup>+</sup> sont considérés des créances douteuses & pré-douteuses.

Les créances issus des clients notés 12 sont considérés des créances compromises.

En fait plus la note affectée au client est plus haute, plus le risque de défaut augmente.

## 3. Le taux de défaut dans la littérature financière et économique

Le taux de défaut représente en fait le passage d'une créance saine à une créance en souffrance, il est calculé de la façon suivante :

$$\text{Taux de défaut} = \frac{\text{créances en souffrance de l'année N}}{\text{Total des créances saines de l'année N-1}}$$

- ❖ Créances en souffrances : cette classe de créances regroupe les créances douteuses & pré-douteuses, et les créances compromises. Comme on l'a mentionné dans le paragraphe précédent traitant le système de notation interne de la BMCI, les créances douteuses & pré-douteuses sont ceux notés 11 et 11<sup>+</sup>, et les créances compromises sont ceux notés 12. En fait, Ce sont des créances avec une grande probabilité de faire défaut, et qui nécessitent un provisionnement important.
  
- ❖ Les créances saines : ce sont les créances issues des clients notés de 1 à 10, et qui ne nécessitent pas de provisionnement.

C'est la variable clé qu'on cherche à modéliser afin d'élaborer le stress test. En fait, et comme on l'a déjà mentionné, on vise la modélisation du taux de défaut des Corporate qui sont clientes de la BMCI. Mais avant de chercher le modèle adéquat à adopter, il s'avère important de chercher dans la littérature et la logique économique, les variables qui sont censés impacter cette variable.

Pour certains auteurs de la littérature financière comme **Blachke « stress testing of financial systems »**, il met plus l'accent sur les variables macroéconomique comme l'inflation et le PIB et la variation des échanges extérieurs comme des variables explicatives importantes à prendre en compte.

D'autres auteurs comme **Bunn « stress tesing as a tool for assessing systemic risks »**, il annonce que le taux de défaut est influence par des variables macroéconomiques tels que PIB, taux de chômage mais aussi des variables qui ne font pas partie du modèle macroéconomique comme le ratio financier Dette / revenue.

Pour **Pain « the provisioning experience of the major UK banks »**, qui a étudié les provisions engendrées par les pertes sur les prêts accordés par les banques anglaises, il a trouvé qu'elles sont influencées par le taux de croissance du PIB, les taux d'intérêt et par l'ensemble des prêts. Ce qui est logique en fait, car si l'économie réalise de bons taux de croissance, les entreprises réaliseront des chiffres d'affaires plus importants, ce qui fait qu'elles seront dans la capacité de payer leurs emprunts .Dans une période de mauvaise passe économique, c'est alors le contraire qui surviendrait.

D'après cette petite lecture dans les anciennes recherches on a pu en fait se constituer une idée sur le type des variables qui peuvent expliquer la variable taux de défaut.

## 4. Modèle adopté pour modéliser le taux de défaut

Les taux de défaut sont des séries couramment utilisées dans les simulations de crise. La connaissance de ces taux est indispensable pour pouvoir évaluer l'incidence de chocs sur le bilan des institutions financières et procéder à des tests de simulation de crise du système bancaire. Plusieurs recherches ont été faites sur ces séries et leurs résultats confirment l'existence d'une relation non linéaire entre les taux de défaut et quelques variables macroéconomique comme le PIB et le taux d'inflation .

Dans cette logique d'existence d'une relation de non linéarité, On a choisi en fait de prendre le modèle de Simons-Rolwes pour modéliser notre variable taux de défaut. En fait, dans le cadre d'une recherche faite par **Dietske Simons** et **Ferdinand Rolwes** publiée le 20 février 2008 aux pays bas intitulé « **Macroeconomic default modelling and stress testing** », on a proposé un modèle adéquat pour expliquer le taux défaut. Le dit modèle est le plus utilisé à présent, et on le trouve dans multiples rapport récents, et c'est le modèle recommandée par la banque centrale canadienne pour les banques, dans son rapport mars 2013 « méthodologie de construction des séries taux de défaut ».

Ainsi, Afin d'estimer la relation qui lie les taux de défaut à certaines variables macroéconomiques et financiers, nous exprimons ces taux comme une fonction logarithmique des variables explicatives comme suit :

$$\ln\left(\frac{taux_t}{1 - taux_t}\right) = \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i x_t + \varepsilon_t$$

$taux_t$  : Taux de défaut à l'instant t

$x$  : Variables explicatives

$\varepsilon_t$  : L'erreur du modèle à l'instant t

Tels que :  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$  indépendant et identiquement distribuées.

En prenant  $logit(x) = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right)$  on peut écrire le modèle sous la forme suivante :

$$logit(taux_t) = \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i x_t + \varepsilon_t$$

En fait le modèle a la même forme qu'un modèle Logit et ceci va garantir que le taux de défaut ne va pas dépasser la valeur 1, et c'est ce qui doit être réalisé par le modèle puisque le taux de défaut est toujours compris entre 0 et 1.

En effet on a :

$$taux_t = \frac{\exp(\alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_t)}{1 + \exp(\alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_t)} < 1$$

Dans le cadre de leur étude, Simons et Rowles ont examiné la série de taux défaut et ont trouvé que c'est une série autorégressive d'ordre 1 AR(1), et donc ils ont inclut le terme  $logit(taux_{t-1})$  comme variable explicative dans le modèle. Ainsi dans notre étude, on doit étudier d'abord la série taux de défaut seule, pour voir si on peut inclure les retards de la variable taux de défaut  $taux_t$  comme variables explicatives du modèle.

## 5. Un modèle liant les variables explicatives

Les pratiques des stress test impliquent parfois à ce qu'on pose des scenarios portants seulement sur une variable explicative du modèle de taux de défaut. Ainsi, et dans ce cas, on serait dans l'incapacité de calculer le taux de défaut estimé à partir du scenario, puisque on ne sait pas comment les autres variables explicatives vont évoluer, d'où la nécessité de trouver un modèle qui lie les variables explicatives entre elles, et qui décrit la variation de chacune en fonction des autres. Pour ceci, on a adopté un modèle VAR entre les variables. Dans un premier temps, plus précisément dans le deuxième chapitre de cette deuxième partie, on va expliquer d'abord le modèle VAR. Puis dans la troisième partie, on va montrer pratiquement pourquoi on l'a choisi, et on va détailler la procédure qu'on a suivi afin de constituer ce modèle entre les variables explicatives du taux de défaut.

## Chapitre 2 : Méthodologie

Dans ce chapitre, nous allons présenter la méthodologie de notre travail et les principaux tests utilisés. En effet on va définir et présenter les différents éléments relevant de la théorie statistique dont on aura besoin durant notre étude.

## 1. Test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan

L'idée générale est de tester l'hypothèse nulle:

$$H_0 : \text{Var}(\varepsilon | x_1, x_2, \dots, x_k) = \sigma^2$$

Si l'on suppose que la relation entre  $\varepsilon^2$  et les variables explicatives du modèle  $x_j$  est linéaire :

$$\varepsilon^2 = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \dots + \delta_k x_k + v \quad \text{tester } H_0 \text{ revient à tester :}$$

$$H_0 : \delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_k = 0$$

On n'observe pas les vrais termes d'erreur. On peut en revanche les estimer à partir des termes d'erreurs de la régression par MCO  $\hat{\varepsilon}$ .

$$\text{Ainsi l'équation devient : } \hat{\varepsilon}^2 = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \dots + \delta_k x_k + v$$

Une statistique de test de la significativité globale de la régression est donnée par :

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} \quad \text{Qui suit une distribution Fisher } F(k, n-k-1) \text{ tels que } n \text{ est la taille de l'échantillon et } k \text{ est le nombre de variables explicatives.}$$

Une autre statistique de test consiste à effectuer un test du Multiplicateur de Lagrange (LM-test) donné par :

$$LM = nR^2 \quad \text{Qui suit une distribution } \chi^2 \text{ à } k \text{ degré de liberté.}$$

## 2. Stationnarité des séries temporelles

### 2.1 Régression fallacieuse

Une régression fallacieuse désigne une situation dans laquelle l'utilisation de séries temporelles non stationnaires dans une régression linéaire fait apparaître des résultats erronés, trop optimistes, qui font croire à une relation entre les variables alors que ce n'est pas le cas.

Dans le cas de notre étude, on doit s'assurer alors qu'on n'est pas dans le cas de la régression fallacieuse.

## 2.2 Séries stationnaires

Une série  $\{X_t\}$  pour  $t=1, \dots, T$  est dite stationnaire si:

$$(i) E(X_t) = \mu \quad \forall t \text{ (constante, ne dépend pas de } t)$$

$$(ii) Var(X_t) = \sigma_X^2 < \infty \quad \forall t \text{ (constante, ne dépend pas de } t)$$

$$(iii) Cov(X_t, X_{t+k}) = E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)] = \gamma_k \text{ (ne dépend pas de } t)$$

La série  $\{\varepsilon_t\}$  dont  $E(\varepsilon_t) = 0$ ,  $Var(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2$ ,  $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+k}) = 0$  est donc une série stationnaire. Elle est appelée aussi bruit blanc.

## 2.3 Processus TS

Le processus Trend Stationary s'écrit:  $X_t = \alpha + \beta t + \varepsilon_t$

Avec  $\varepsilon_t$  est l'erreur du modèle à la date  $t$ .

Il est évident que ce processus est non stationnaire car son espérance dépend du  $t$ . Le processus  $X_t$  peut être stationnarisé en retranchant à  $X_t$  la valeur estimée

$$\hat{\alpha} + \hat{\beta}_t.$$

## 2.4 Processus DS

Le processus stationnaire après différentiation "Differency Stationary" avec dérive ( $\beta \neq 0$ ) s'exprime comme suit:

$$y_t = y_{t-1} + \beta + \varepsilon_t$$

Il représente une non stationnarité de nature stochastique. Par récurrence, on obtient

Dans ce cas:

$$y_1 = y_0 + \beta + \varepsilon_1$$

$$y_2 = y_1 + \beta + \varepsilon_2 = y_0 + 2\beta + \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

On déduit que :

$y_t = y_0 + \beta t + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i$  tels que  $\varepsilon_i \sim (0, \sigma_\varepsilon^2)$  et identiquement et indépendamment distribuée.

Comme cas particulier, on a le processus DS avec dérive qui est non stationnaire car on a  $E(y_t) = y_0 + \beta t$  qui dépend du temps  $t$ .

Plus  $t \rightarrow \infty$  et plus  $E(y_t) \rightarrow \infty$ .

Le processus DS sans dérive ( $\beta = 0$ ) s'écrit:  $y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$

Par récurrence, on obtient dans ce cas:

$$y_1 = y_0 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = y_1 + \varepsilon_2 = y_0 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

....

$y_t = y_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i$  tels que  $\varepsilon_i \sim (0, \sigma_\varepsilon^2)$  et identiquement et indépendamment distribuée.

Le processus DS sans dérive est non stationnaire.

Pour stationnariser le processus DS (avec ou sans dérive), il suffit de le passer en différence première:

$$y_t - y_{t-1} = \beta + \varepsilon_t \quad (\text{Cas avec dérive})$$

$$y_t - y_{t-1} = \varepsilon_t \quad (\text{Cas sans dérive})$$

### 3. Tests de racine unitaire

Il existe dans la littérature, plusieurs tests de racine unitaire, Dickey Fuller augmenté (ADF), test de Phillips et Perron (PP), test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (KPSS).

#### 3.1 Test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF)

Afin de déduire la distribution de leurs statistiques, Dickey et Fuller ont recours à l'hypothèse de non autocorrélation du terme de l'erreur ( $\varepsilon_t$ ) dans les trois modèles. Mais cette hypothèse risque dans la plupart des cas de ne pas être vraie. Si elle ne tient pas, les valeurs tabulées par Dickey et Fuller ne seront plus correctes. Des retards dans la variable endogène  $X_t$  sont alors rajoutés pour tenir compte d'un terme d'erreur autocorrélé. Une fois qu'il n'y a plus d'autocorrélation dans les résidus, on effectue le test de Dickey et Fuller simple.

Ainsi, pour un choix de  $p$  retards, correspondant à une autocorrélation d'ordre  $p+1$  des innovations dans une représentation AR (1), les trois modèles utilisés pour développer le test DFA sont les suivants :

$$\text{Modèle1: } \Delta X_t = \phi X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{Modèle2: } \Delta X_t = \phi X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta X_{t-i} + c + \varepsilon_t$$

$$\text{Modèle3: } \Delta X_t = \phi X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta X_{t-i} + c + \beta t + \varepsilon_t$$

Le test se déroule de manière similaire aux tests DF simples, seules les tables statistiques diffèrent.

Le déroulement de la stratégie de test est reporté sur l'organigramme suivant (page suivante) :

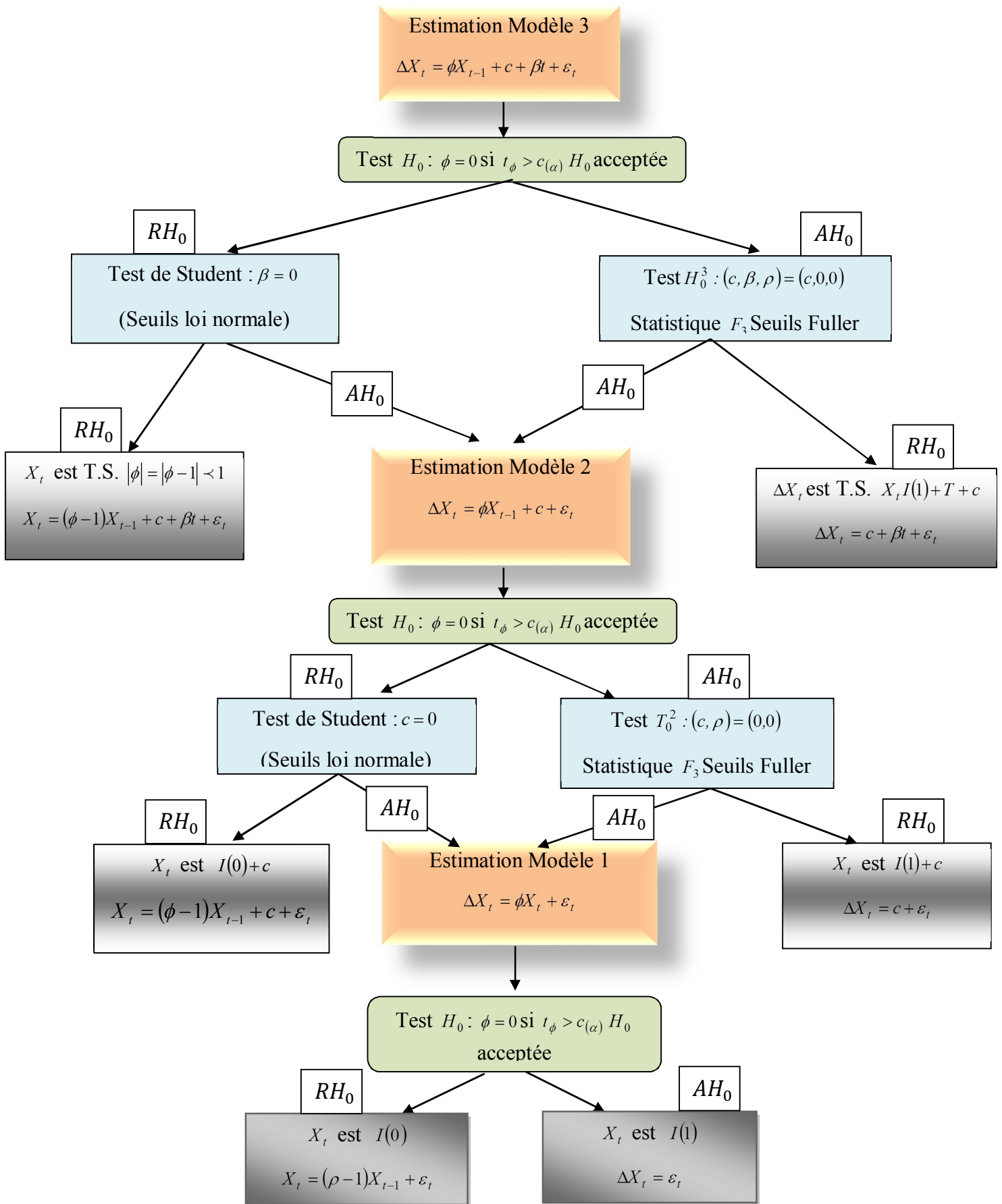


Figure 1 : stratégie du test dickey fuller augmenté

### 3.2 Test de Phillips-Perron (PP)

Le test de Phillips et Perron permet de prendre en compte à la fois l'autocorrélation et l'hétéroscédasticité des erreurs. Il s'appuie sur les mêmes modèles que ceux du test de Dickey et Fuller simple mais propose une correction non-paramétrique de la statistique  $t_{\hat{\phi}_1}$ .

Le déroulement du test de PP s'effectue en quatre étapes qui sont:

Estimation par la méthode des moindres carrés ordinaires les trois modèles du test de DF simple et calcul des résidus  $\hat{\varepsilon}_t$ .

Détermination de la variance dite de court terme:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2$$

Estimation du facteur correctif  $S_t^2$  appelé variance de long terme:

$$S_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2 + 2 \sum_{j=1}^b \left(1 - \frac{j}{b+1}\right) \frac{1}{n} \sum_{t=j+1}^n \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-j}$$

$$\text{Avec : } b \approx 4 \left(\frac{n}{100}\right)^{2/9}$$

Calcul de la statistique de PP:

$$t_{\hat{\phi}_1}^{pp} = \sqrt{k} \times \frac{(\hat{\phi}_1 - 1)}{\hat{\sigma}_{\hat{\phi}_1}} + \frac{n(k-1)\hat{\sigma}_{\hat{\phi}_1}}{\sqrt{k}}$$

$$\text{Avec } k = \frac{\hat{\sigma}^2}{s_t^2}$$

Les valeurs critiques tabulées par DF demeurent également valables pour le test de PP.

### 3.3 Test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (KPSS)

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (1992) ont proposé une statistique de test particulière pour tester  $H_0 : \sigma_{\vartheta}^2 = 0$  contre  $H_1 : \sigma_{\vartheta}^2 > 0$ .

En considérant une régression auxiliaire  $y_t = \mu + \delta_t + e_t$ , dont on tire les résidus estimés  $\hat{e}_t$ . Si  $y_t$  ne comporte pas de trend stochastique, les  $\hat{e}_t$  seront stationnaires, par contre si  $y_t$  n'est pas stationnaire, il y aura une racine unité dans les  $\hat{e}_t$ .

On définit les sommes partielles:  $S_t = \sum_{j=1}^t \hat{e}_j$ .

Si les  $\hat{e}_t$  sont stationnaires alors  $S_t$  est par définition I(1).

Soit  $\hat{\sigma}^2$  un estimateur de la variance des résidus et la distribution asymptotique de ce test repose sur le fait que les  $\hat{e}_t$  sont IID.

Soit la statistique proposée par le test :

$$KPSS = \frac{1}{T^2} \frac{\sum S_t^2}{\hat{\sigma}_{\infty}^2}$$

Avec  $\hat{\sigma}_{\infty}$  est un estimateur de la variance de long terme.

Ces tests vont nous être très utiles en fait pour tester la stationnarité de nos variables qui sont vu comme étant des séries chronologiques dans le cadre de notre étude statistiques.

## 4 Modèle VAR

### 4.1 Présentation du modèle VAR

La modélisation VAR repose sur l'hypothèse que l'évolution d'une variable exogène X est bien représentée par le comportement dynamique d'un vecteur de n variables dépendant linéairement du passé.

Le modèle VAR (Vector AutoRegressive) à k variables (hors constante) et p retards noté VAR(p) s'écrit:

$$Y_t = A_0 + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \gamma_t$$

$Y_t$  est un vecteur de  $k$  variables tels que :  $Y_t = \begin{pmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{kt} \end{pmatrix}$

Le modèle VAR peut s'écrire alors sous la forme :

$$\begin{pmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{kt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{01} \\ a_{02} \\ \vdots \\ a_{0k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11}^1 & a_{12}^1 & \dots & a_{1k}^1 \\ a_{21}^1 & a_{22}^1 & \dots & a_{2k}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1}^1 & a_{k2}^1 & \dots & a_{kk}^1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{1t-1} \\ Y_{2t-1} \\ \vdots \\ Y_{kt-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11}^2 & a_{12}^2 & \dots & a_{1k}^2 \\ a_{21}^2 & a_{22}^2 & \dots & a_{2k}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1}^2 & a_{k2}^2 & \dots & a_{kk}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{1t-2} \\ Y_{2t-2} \\ \vdots \\ Y_{kt-2} \end{pmatrix} \\ + \dots + \begin{pmatrix} a_{11}^p & a_{12}^p & \dots & a_{1k}^p \\ a_{21}^p & a_{22}^p & \dots & a_{2k}^p \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1}^p & a_{k2}^p & \dots & a_{kk}^p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{1t-p} \\ Y_{2t-p} \\ \vdots \\ Y_{kt-p} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_{1t} \\ \gamma_{2t} \\ \vdots \\ \gamma_{kt} \end{pmatrix}$$

Les variables  $Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{kt}$  sont stationnaires. Les perturbations  $\gamma_{1t}, \gamma_{2t}, \dots, \gamma_{kt}$  sont des bruits blancs de variances constantes et non autocorrélées.

## 4.2 Causalité au sens de Granger

Soient  $X_t$  et  $Y_t$  Soient  $(X_t)$  et  $(Y_t)$  deux séries temporelles, et notons le passé de  $(X_t)$  et  $(Y_t)$ ,  $\underline{X}_t = \{X_t; X_{t-1}, \dots\}$  et  $\underline{Y}_t = \{Y_t; Y_{t-1}, \dots\}$ .

Granger a introduit en 1969 différentes notions de causalité :

(i)  $Y$  cause  $X$  à la date  $t$  si et seulement si:

$$E(X_t / \underline{X}_{t-1}, \underline{Y}_{t-1}) \neq E(X_t / \underline{X}_{t-1})$$

(ii)  $X$  cause  $Y$  instantanément à la date  $t$  si et seulement si

$$E(X_t / \underline{X}_{t-1}, \underline{Y}_t) \neq E(X_t / \underline{X}_{t-1}, \underline{Y}_{t-1})$$

Il y a équivalence entre:

- (1)  $X$  ne cause pas  $Y$  instantanément à la date  $t$ .
- (2)  $Y$  ne cause pas  $X$  instantanément à la date  $t$ .

Soient  $(X_t)$  et  $(Y_t)$  définis par:

$$\begin{cases} X_t = \varepsilon_t + \alpha Z_t + \beta Z_{t-1} \\ Y_t = Z_t \end{cases}$$

Où  $(\varepsilon_t)$  et  $(Z_t)$  sont des bruits blancs indépendants.

(i)  $E(X_t / \underline{X}_{t-1}, \underline{Y}_{t-1}) = \beta Z_{t-1} = \beta Y_{t-1}$  : Y cause X à la date t si et seulement si  $\beta \neq 0$ .

(ii)  $E(X_t / \underline{X}_{t-1}, \underline{Y}_t) = \alpha Z_t + \beta Z_{t-1} = \alpha Y_t + \beta Y_{t-1}$  : il y a une causalité instantanée de Y vers X si et seulement si  $\alpha \neq 0$ .

### 4.3 Test de causalité au sens de granger

Soit le modèle VAR(p) pour lequel les variables  $Y_{1t}$  et  $Y_{2t}$  sont stationnaires:

$$\begin{cases} Y_{1t} = y_1 + \alpha_{11} Y_{1t-1} + \alpha_{12} Y_{1t-2} + \dots + \alpha_{1p} Y_{1t-p} + \beta_{11} Y_{1t-1} + \beta_{12} Y_{1t-2} + \dots + \beta_{1p} Y_{1t-p} + \gamma_{1t} \\ Y_{2t} = y_2 + \alpha_{21} Y_{2t-1} + \alpha_{22} Y_{2t-2} + \dots + \alpha_{2p} Y_{2t-p} + \beta_{21} Y_{2t-1} + \beta_{22} Y_{2t-2} + \dots + \beta_{2p} Y_{2t-p} + \gamma_{2t} \end{cases}$$

Le test consiste à poser ces deux hypothèses:

❖  $Y_{2t}$  ne cause pas  $Y_{1t}$  si l'hypothèse  $H_0$  suivante est acceptée:

$$\beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{13} = \dots = \beta_{1p} = 0$$

❖  $Y_{1t}$  ne cause pas  $Y_{2t}$  si l'hypothèse  $H_0$  suivante est acceptée :

$$\alpha_{11} = \alpha_{12} = \alpha_{13} = \dots = \alpha_{1p} = 0$$

On teste ces deux hypothèses à l'aide d'un test de Fisher classique. On peut faire le test équation par équation:

$$\begin{cases} H_0 : \beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{13} = \dots = \beta_{1p} = 0 \text{ et } Y_{1t} = y_1 + \alpha_{11} Y_{1t-1} + \alpha_{12} Y_{1t-2} + \dots + \alpha_{1p} Y_{1t-p} + \gamma_{1t} \\ H_1 : \text{Au moins un des coefficients } \beta \neq 0 \text{ et } Y_{2t} \text{ cause } Y_{1t} \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0 : \alpha_{21} = \alpha_{22} = \alpha_{23} = \dots = \alpha_{2p} = 0 \text{ et } Y_{2t} = y_2 + \beta_{21} Y_{2t-1} + \beta_{22} Y_{2t-2} + \dots + \beta_{2p} Y_{2t-p} + \gamma_{2t} \\ H_1 : \text{Au moins un des coefficients } \alpha \neq 0 \text{ et } Y_{1t} \text{ cause } Y_{2t} \end{cases}$$

Si nous sommes amenés à accepter les deux hypothèses que  $Y_{1t}$  cause  $Y_{2t}$  et que  $Y_{2t}$  cause  $Y_{1t}$ , on parle de boucle rétroactive.

#### 4.4 *Estimation du modèle VAR*

Dans le cas du modèle VAR, chacune des équations peut être estimée par les MCO, indépendamment les unes des autres (ou par la méthode de vraisemblance). Comme il y a énormément de coefficients à estimer dans un modèle VAR, il est préférable d'effectuer un test de causalité avant de chercher à estimer le modèle VAR. On pourra ainsi éliminer du modèle à estimer les variables qui n'interviennent pas sur la variable à expliquer.

# Troisième partie : Etude pratique

## Chapitre 1 : Présentations des données

## Chapitre 2 : Etude économétrique

## Chapitre 3 : stress testing

### **Introduction :**

*La troisième partie de ce rapport présente les résultats empiriques de notre travail. Dans un premier lieu, nous allons présenter nos données et analyser graphiquement leur évolution au long de notre période d'étude (premier trimestre 2006 – troisième semestre 2013).*

*Dans un second lieu, une étude économétrique sera mise en point, en effectuant les estimations nécessaires des paramètres du modèle de taux de défaut, les tests d'hypothèses, les tests de stationnarité (ADF, PP et KPSS) afin de déterminer l'ordre d'intégration de chacune des séries utilisées et donc de pouvoir choisir le modèle à installer entre les variables explicatives du modèle de taux défaut dont on va estimer les coefficients et vérifier la stabilité. A noter qu'on a déjà montré la nécessité d'installer un modèle qui lie les variables explicatives entre elles dans le premier chapitre de la deuxième partie du rapport.*

*Enfin, on va se baser sur les modèles estimés pour effectuer la tâche principale, qui le stress testing.*

# Chapitre 1 : Présentation des données

Dans la deuxième partie de ce rapport, et exactement dans le chapitre « contexte et cadre théorique », on a parlé du taux de défaut dans la littérature économique et financière et on a présenté un ensemble de variables qui sont censées l'impacter. On a procédé alors à une collecte de données macroéconomiques et d'autres indicateurs financiers que nous allons présenter dans chapitre.

## 1. Taux de défaut

Le taux de défaut représente en fait le passage d'une créance saine à une créance en souffrance, il est calculé de la façon suivante :

$$\text{Taux de défaut} = \frac{\text{créances en souffrance de l'année N}}{\text{Total des créances saines de l'année N-1}}$$

- ❖ Créances en souffrances : cette classe de créances regroupe les créances douteuses & pré-douteuses, et les créances compromises. Comme on l'a mentionné dans le paragraphe qui traite le système de notation interne de la BMCI, les créances douteuses & pré-douteuses sont ceux notés 11 et 11<sup>+</sup>, et les créances compromises sont ceux notés 12. En fait, Ce sont des créances avec une grande probabilité de faire défaut, et qui nécessitent un provisionnement important.
- ❖ Les créances saines : ce sont les créances issues des clients notés de 1 à 10, et qui ne nécessitent pas de provisionnement.

C'est la variable qu'on cherche à modéliser. En fait dispose des données trimestrielles de cette variable couvrant la période : 1<sup>er</sup> trimestre 2006 jusqu'au 3<sup>ème</sup> trimestre 2013 (base de donnée procurée par la BMCI).

En effet une moyenne d'environ de 18 525 créances a été enregistré comme étant créance saine entre 2006 et 2013, mais au niveau des encours en défaut sont que 510 créances qui sont déclassées en créances en souffrances durant cette période.

Pour des raisons de confidentialité extrêmes qui s'imposent par la BMCI, on ne peut ni indiquer les valeurs que prends le variable « taux de défaut » durant la période d'étude ni représenter son graphe d'évolution.

## 2. Produit intérieur brut

La croissance économique est la variation positive de la production de biens et de services, elle est également synonyme de créations d'emplois et de richesses dans une économie sur une période donnée. Pour cette raison, la compréhension de la croissance, de ses mécanismes, de ses déterminants et de ses sources a toujours été un souci majeur des décideurs et des concepteurs des politiques économiques.

En pratique, l'indicateur le plus utilisé pour mesurer la croissance économique est le Produit Intérieur Brut (PIB) dont on surveille le taux de croissance et le Produit National Brut (PNB) qui permet de comparer les puissances économiques des différentes nations.

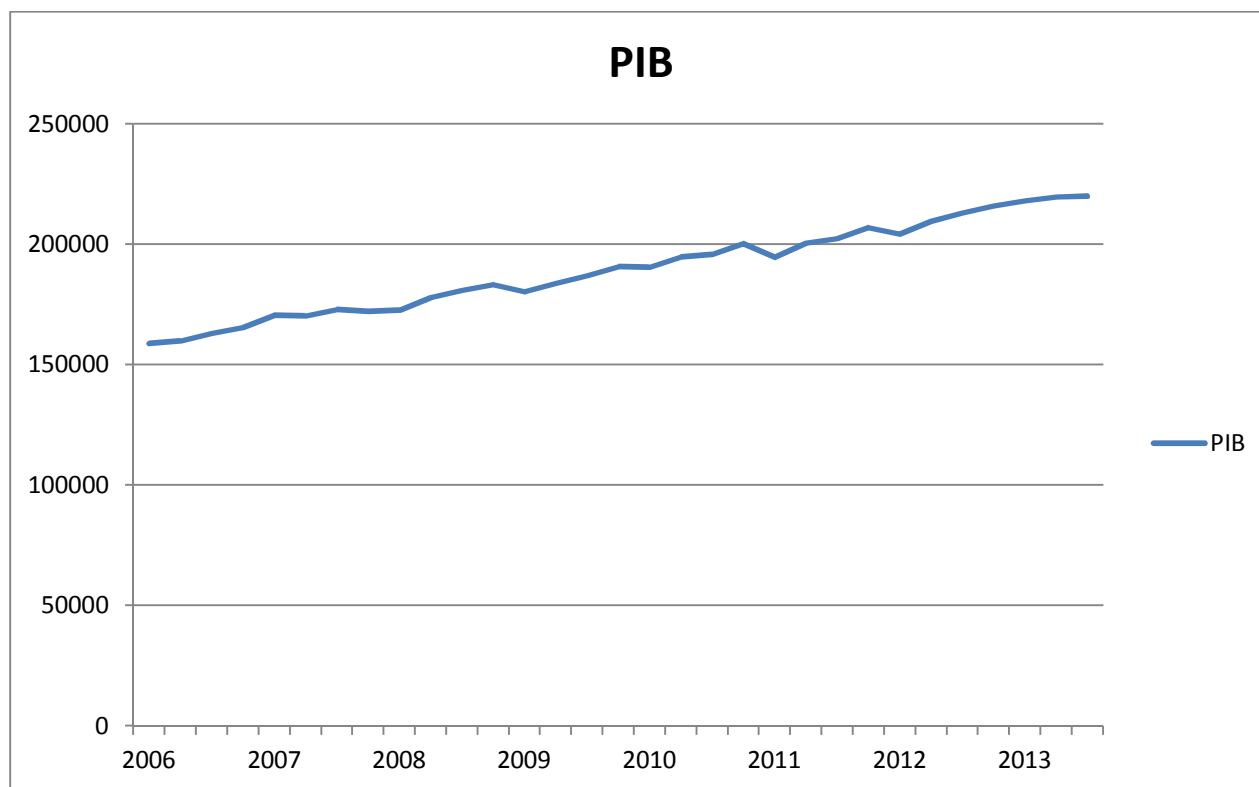
Le produit intérieur brut (PIB) est de très loin l'agrégat le plus connu de la comptabilité nationale. Depuis des années, il est reconnu comme le meilleur indicateur de l'activité économique, on utilise ses évolutions pour surveiller l'état de santé de l'économie, mesurer sa croissance ou détecter les récessions.

### ❖ PIB et son évolution

En dépit d'un environnement peu favorable, l'économie marocaine a réalisé une croissance du PIB. On remarque hausse continue durant la période d'étude, le PIB est passé de 158924,8 MDH premier trimestre 2006 à 220000 MDH au 3ème trimestre 2013.

J'ai collecté la base de données des PIB directement auprès de l'HCP Rabat.

Le graphe suivant détaille l'évolution du PIB durant cette période (page suivante) :



*Figure 2 : évolution trimestrielle en millions de dirhams du PIB entre 2006 et 2013*

### 3. Taux de chômage

C'est le pourcentage de chômeurs dans une population active. La population active est la population en âge de travailler et qui travaille ou souhaite travailler. Il est exprimé en pourcentage.

Au Maroc, Depuis l'année 2000 et jusqu'en 2014, la population active a connu un accroissement continu à raison de 115 mille nouveaux actifs annuellement, passant de 10,213 à 11,813 million d'actifs.

Pour notre période d'étude, le taux de chômage entre 2006 et 2013 varie entre 8% et 10 % le graphe suivant montre l'évolution du taux de chômage durant cette période (page suivante) :

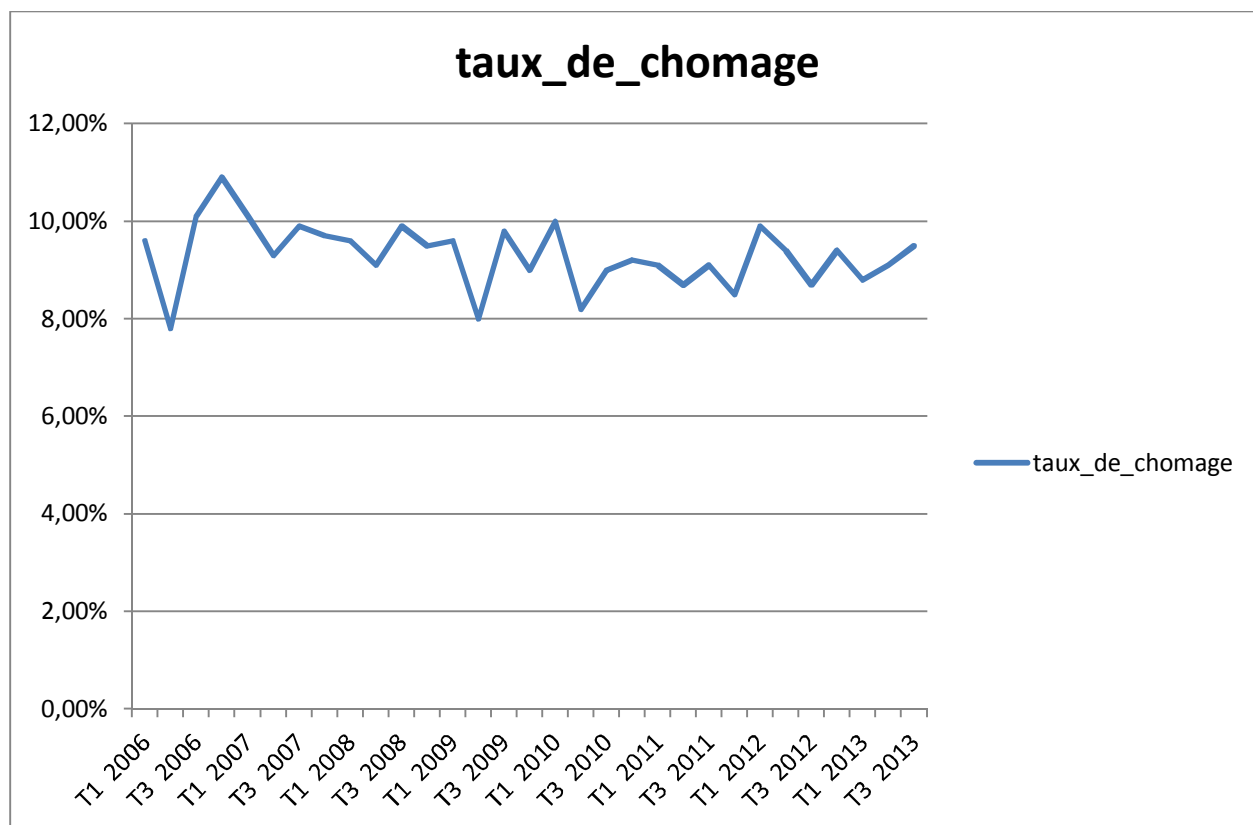


Figure 3 : évolution taux de chômage entre 2006 et 2013

J’ai collecté la base de données des taux de chômage directement auprès de l’HCP Rabat.

#### 4. Le taux d’inflation

Le taux d’inflation est la perte du pouvoir d’achat de la monnaie qui se traduit par une augmentation générale et durable des prix. Pour évaluer le taux d’inflation on utilise l’indice des prix à la consommation.

Ainsi pour maîtriser et capter la définition, il s’avère important de définir d’abord l’indice des prix à la consommation.

L’indice des prix à la consommation, ou IPC, mesure les variations, dans le temps, des prix des biens de consommation et des services acquis, utilisés ou payés par les ménages.

Les IPC visent à couvrir toute la palette des biens et services consommés par la population sur le territoire d’un pays donné. Pour ce faire, ils sont basés sur un ensemble représentatif appelé «panier de la ménagère».

Ce panier de biens et de services comprend, par exemple, des denrées alimentaires et des boissons, des produits d'hygiène personnelle, des journaux et périodiques, les dépenses liées au logement et à la fourniture d'eau, de gaz, d'électricité et d'autres combustibles, des dépenses de santé, de transport, de communication et d'éducation, les restaurants et les hôtels. Il s'agit de biens et services qui font l'objet d'achats fréquents, voire d'une consommation quotidienne.

Le taux d'inflation désigne la variation, en pourcentage, de l'indice des prix sur une période de temps donnée, par rapport à l'indice calculé au cours d'une période précédente.

Ainsi, si l'indice des prix est de 183,1 en janvier de cette année, tandis que sa valeur était de 178,4 en janvier de l'année dernière, le taux d'inflation annuel calculé au mois de janvier de cette année est de:

$$\left(\frac{183.1}{183.1-178.4}\right) \times 100 = 2,6 \%$$

Sur la période d'étude on remarque que Le taux d'inflation oscille e dans l'intervalle [0% ,5%].

Dans les trimestres 2009 T3, 2010 T1, 2011T1 et 2011 T4, le taux d'inflation a atteint une valeur négative de l'ordre -0,50%.

Le graphe suivant montre l'évolution du taux d'inflation au Maroc, en prenant comme base l'année 2006 (données de l'HCP rabat ):

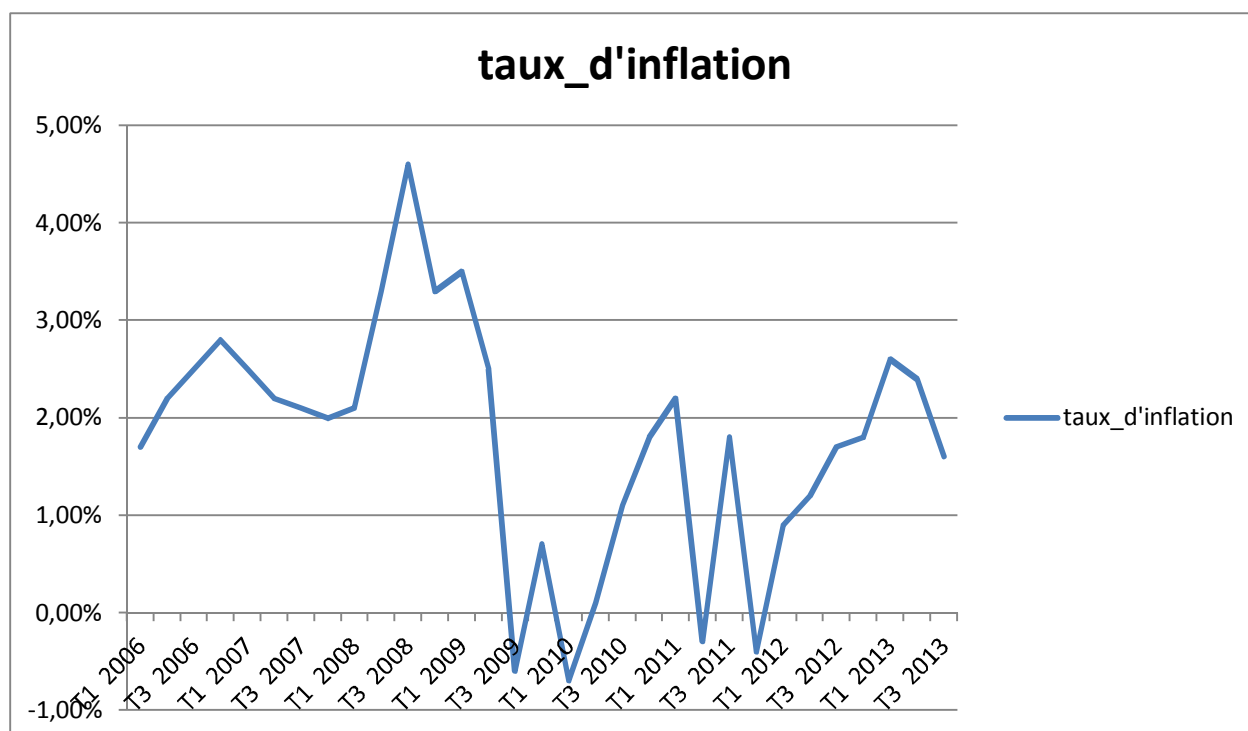


Figure 4: évolution du taux d'inflation entre 2006 et 2013

## 5. Crédit immobilier

En fait le secteur immobilier est considéré comme variable clé pour la BMCI. La plus grande part de crédits accordés par la BMCI s’inscrit dans ce cadre de crédit, que ce soit pour les Corporate (cas des grandes entreprises qui investissent et activent dans le secteur immobilier) ou pour les particulier.

A partir de cette logique, on a senti le besoin d’un variable qui va incarner et représenter ce secteur dans notre modèle de taux de défaut. On a pensé d’abord à intégrer la valeur du crédit immobilier spécifique à la BMCI dans notre modèle. Mais en fait, le but du travail sur lequel porte ce rapport n’était pas d’expliquer le taux de défaut de la banque BMCI à partir de ses propres indicateurs, mais plutôt à partir des différentes variables disponible sur la place macroéconomique et financière et non propres à elle.

Ainsi, on a procédé à une collecte des valeurs des crédits immobiliers accordés par le différent établissement du crédit sur le territoire marocain. Ces valeurs sont publiées trimestriellement dans les rapports du BAM (de 2006 à 2013).

Cette variable alors, crédit immobilier, répercute l’évolution du marché immobilier au Maroc, et nous permet de se construire une idée sur le secteur immobilier.

Le graphe suivant détaille l’évolution du crédit immobilier entre 2006 et 2013

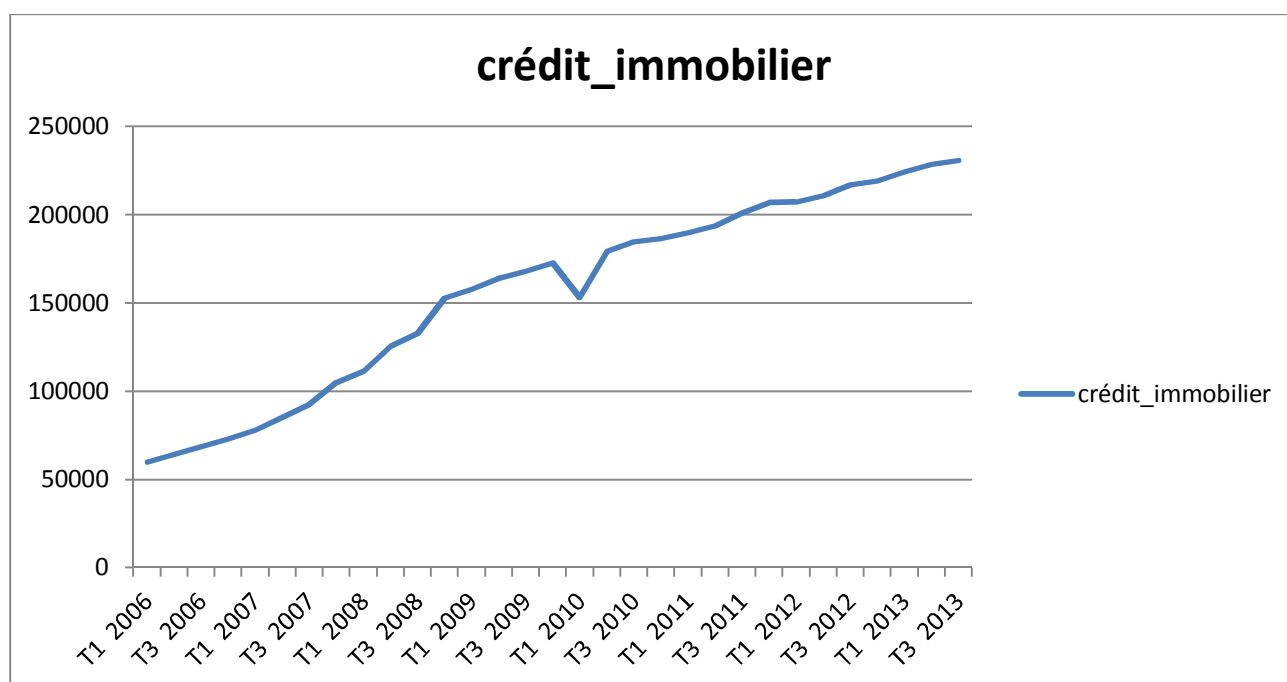


Figure 5: évolution du crédit immobilier au Maroc entre 2006 et 2013

On remarque que les crédits immobiliers gardent une tendance haussière entre 2006 et 2013. Ceci reflète le poids de ce secteur comme étant un secteur clé dans les crédits bancaires et dans l'économie marocaine en générale.

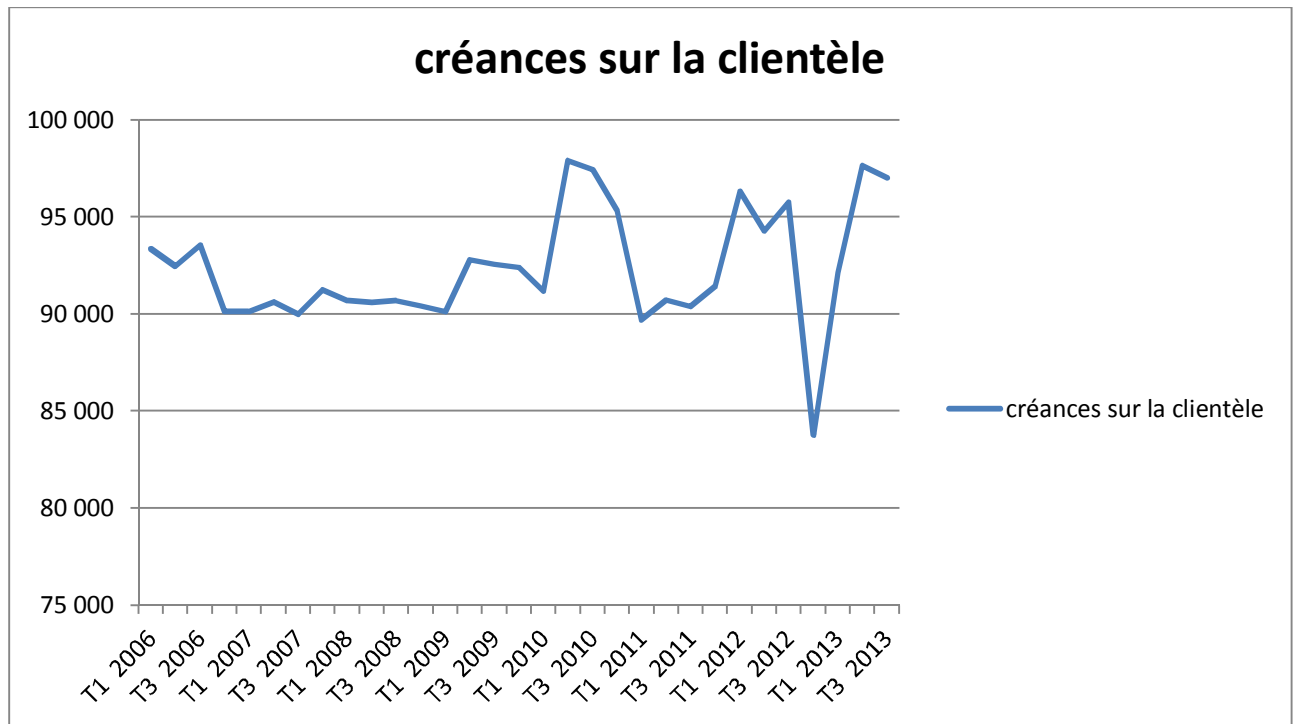
## 6. Créances sur la clientèle Corporate

Une autre variable de la place financière qui est censée aussi impacter le taux de défaut. Les créances sur la clientèle Corporate incorpore les sommes dues par différentes Corporate ayant contracté des crédits auprès des différents établissements des crédits sur le territoire marocain.

C'est une variable qu'on a collecté aussi des différents rapports trimestriels publiés par la banque centrale BAM entre 2006 à 2013.

C'est tout logiquement qu'on s'est dirigé à cette variable puisque elle incarne la totalité des crédits accordés par les banques marocaines aux corporates. Dans une logique financière et économique, si les créances sur la clientèle augmentent, c'est que la probabilité qu'une partie des encours fasse défaut devient plus grande.

Le graphe suivant montre l'évolution des créances sur la clientèle entre 2006 et 2013 ( page suivante) :



*Figure 6 : évolution des créances sur la clientèle Corporate des banques entre 2006 et 2013*

La valeur des créances sur la clientèle varie en fait entre 90.000 et 95.000 entre 2006 et 2012. Les créances ont connu une chute surprenante au début de l'année 2013 avant d'augmenter pour reprendre son cours normale.

## Chapitre 2 : Etude économétrique

## 1. Modèle du taux de défaut

### 1.1 Définition des variables

Comme on les a déjà présentées auparavant dans ce rapport, on s'est basé sur les variables : PIB, taux d'inflation, taux de chômage, Crédit immobilier et Créances sur la clientèle Corporate pour expliquer le taux de défaut.

La modélisation du taux de défaut vise enfin à élaborer la tâche principale qui le stress testing . Ainsi, ce qui nous intéresse plus, c'est de savoir en fait comment évolue cette variable lors de la variation des variables explicatives, et macroéconomique et celles issues du marché financier.

Il s'avère alors que ce serait plus important d'expliquer le taux de défaut en fonction des variations des variables qu'on a choisies pour notre modèle. Donc on va prendre donc toutes les variables en différence, et ce en même temps va nous éviter de tomber dans la régression fallacieuses dont on a déjà parlé dans la partie théorique de ce rapport (on va montrer ceci plus tard) .

Ainsi les variables adoptées pour notre modélisation s'annonce alors comme suit :

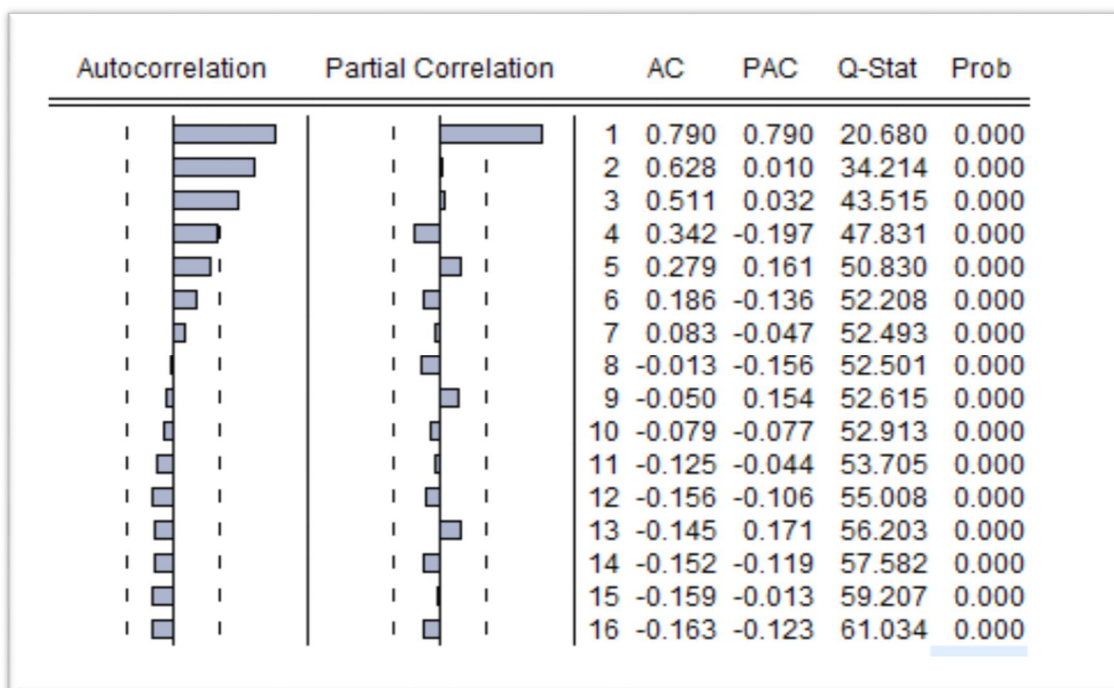
Variables	Définitions
<b>Log_defaut_1</b>	Logit taux défaut t-1
<b>Log_taux_defaut</b>	Logit taux de défaut
<b>diff_creance</b>	Différence créances sur la clientèle
<b>diff_infla</b>	La variation de l'inflation entre t et t-1
<b>diff_chomage</b>	La variation du chômage entre t et t-1
<b>diff_credit</b>	La variation du crédit immobilier entre t et t-1
<b>diff_pib</b>	La variation du PIB entre t et t-1

*Figure 7 : Définition des variables*

## 1.2 Etude de la série temporelle des taux de défaut

Cette étude nous sera importante pour savoir si la variable taux de défaut est expliqué par son historique ou non. Dans le cas où est ceci se réalise, on doit alors intégrer cette historique parmi les variables explicatives puisque il influe l'évolution de la série des taux au futur.

Dans un premier pas, on va visualiser le correlogram de la série donnée par Eviews (License gratuite eviews 7 disponible sur internet):



Ainsi, d'après la fonction d'autocorrélation partielle, on peut dire que la série des taux défaut s'écrit sous la forme :

$$taux_t = \alpha + \beta taux_{t-1} + \varepsilon_t$$

La régression de la variable  $taux_t$  sur  $taux_{t-1}$  sous Eviews nous assure que le coefficient  $\beta$  et la constante  $\alpha$  sont significatifs et prennent les valeurs suivantes :

$$taux_t = 0.002319 + 0.830977taux_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pour s'assurer que la série des taux de de défaut est un  $AR(1)$  (modèle autorégressif d'ordre 1), on doit montrer que la série des résidus  $\varepsilon_t$  est un bruit blanc.

Sous Eviews, la statistique de fisher dans le test d'hétéroscédasticité Breusch-pagan-godfrey a une p-value de 78.7%. Ainsi on obtient homoscedasticité des résidus (annexe 2).

Aussi, La statistique de fisher dans le test d'autocorrélation des erreurs breusch-godfrey a une p-value de 86,5%. Ainsi on rejette l'hypothèse d'autocorrélation des résidus (annexe2).

Ainsi, puisque les résidus sont non autocorrélés et homoscedastiques alors la série des résidus est un bruit blanc.

On déduit alors que la série  $taux_t$  est une  $AR(1)$ . Dans ce cas, et comme on l'a expliqué lors de la présentation du modèle du taux défaut simons-rolwes, on va intégrer la variable  $logit(taux_{t-1})$  comme variable explicative dans le modèle. C'est la variable qui incarne le fait que le taux de défaut est expliqué par son historique comme on vient de le montrer tout à l'heure, puisque la série des taux est une  $AR(1)$ .

### 1.3 La Corrélacion entre le taux de défaut et les variables adoptés pour l'étude

Pour des raisons de confidentialité extrêmes qui s'imposent par la BMCI, on n'a pas pu représenter le tableau de corrélation qui contient les coefficients de corrélations empiriques entre le logit du taux de défaut et les autres variables explicatives qu'on a adopté pour notre étude. En fait, puisque notre étude vise la modélisation du taux de défaut en fonction des variables macroéconomique et des indicateurs financiers qui sont des données publiquement disponibles, la banque juge que le fait de connaître la valeur exacte du coefficient de corrélation empirique entre le taux de défaut et les 5 variables explicatives dont on dispose, peut mener à la constitution d'une idée très claire sur le graphe d'évolution du taux de défaut relatif aux clients corporate de la BMCI, ce qui déroge à la contrainte de confidentialité des données interne à l'organisme.

Ainsi on va présenter dans le prochain paragraphe que les signes des coefficients de corrélations obtenus, tout en indiquant les variables qui sont relativement plus corréliées avec le taux de défaut des clients corporate de la BMCI.

Pour la variable à modéliser  $log\_taux\_defaut$ , On remarque une corrélation positive avec les variables :  $log\_taux\_defaut\_1$ , et  $diff\_chompage$  et  $diff\_inflation$  et une corrélation négative avec  $diff\_credit$  et  $diff\_pib$  et  $diff\_creance$ .

La corrélation avec  $log\_defaut$  est relativement élevée pour les variables :  $log\_taux\_defaut\_1$ ,  $diff\_pib$ ,  $diff\_credit$  et  $diff\_infla$ .

En effet, le signe négatif de corrélation avec le PIB est prévisible, puisque une augmentation du PIB reflète une bonne conjoncture économique, et une richesse en augmentation, et donc les entreprises vont être dans une conjoncture économique très adéquate pour s'acquitter de leurs dettes qu'ils ont contractées auprès des banques.

Le signe positif de corrélation avec  $\text{diff\_chomage}$  et  $\text{diff\_inflation}$  était aussi prévisible en fait. Puisque dans une conjoncture d'inflation, le taux d'intérêt bancaire va connaître une augmentation et donc la capacité de remboursement de dettes par les clients va naturellement diminuer.

Aussi, dans une conjoncture d'augmentation du taux de chômage, cela explique en quelque sorte un mauvais état de la structure financière des entreprises (manque de budget, incapacité de créer des nouveaux investissements et donc des nouveaux emplois...), ce qui explique la corrélation positive avec le taux de défaut.

Le signe négatif de corrélation avec  $\text{diff\_creance}$  et  $\text{diff\_credit}$  était surprenant en fait, puisque dans une logique économique apparente, quand les crédits sur la clientèle augmente, et plus particulièrement le crédit immobilier augmente, c'est qu'il y aurait une plus grande probabilité qu'une grande part de ces crédits fassent défaut, alors que les données montre le contraire. On peut alors penser à l'hypothèse stipulant que l'accroissement des créances en générale, et des crédits immobiliers en particulier répercute un bon état du secteur immobilier et un genre de cinétique dans l'économie marocaine, ce qui amène alors à une création de la richesse et donc une diminution du taux de défaut.

Ainsi, après cette analyse de corrélation, on s'est constitué une idée sur le signe des paramètres du modèle qu'on va essayer d'estimer dans le paragraphe suivant.

#### 1.4 Estimation du modèle

Dans un premier modèle, on va intégrer toutes les variables explicatives dont on dispose. On va intégrer aussi la variable  $\text{logit}(\text{taux}_{t-1})$  comme variable explicative comme on l'a indiqué après l'étude de la série temporelle des taux de défaut.

$$\text{logit}(\text{taux}_t) = \alpha + \beta_1 \text{logit}(\text{taux}_{t-1}) + \beta_2 \text{diff\_pib}_t + \beta_3 \text{diff\_infla}_t + \beta_4 \text{diff\_chomage}_t + \beta_5 \text{diff\_credit}_t + \beta_6 \text{diff\_creance}_t + \varepsilon_t$$

La régression dans ce cas nous permet d'identifier les résultats suivants (annexe 1) :

- Les variables  $\text{diff\_pib}$ ,  $\text{diff\_credit}$ ,  $\text{diff\_infla}$  et  $\text{logit}(\text{taux}_{t-1})$  sont significatifs dans le modèle.
- Les variables  $\text{diff\_creance}$  et  $\text{diff\_chomage}$  sont non significatifs dans le modèle et possèdent respectivement les p-values suivantes : 13,3% et 25,2%. (les détails des tous les estimations sont dans l'annexe)
- Le coefficient de détermination  $R^2$  est relativement faible et prends la valeur 0.619.
- Le test de fisher amène à refuser l'hypothèse nulle.

On décide alors dans le deuxième modèle d'écarter la variable avec la p-value la plus grande qui est  $\text{diff\_chomage}$ . Le modèle devient :

$$\text{logit}(\text{taux}_t) = \alpha + \beta_1 \text{logit}(\text{taux}_{t-1}) + \beta_2 \text{diff\_pib}_t + \beta_3 \text{diff\_infla}_t + \beta_4 \text{diff\_credit}_t + \beta_5 \text{diff\_creance}_t + \varepsilon_t$$

La régression dans ce cas nous permet d'identifier les résultats suivants (annexe1) :

- Les variables  $\text{diff\_credit}$  et  $\text{logit}(\text{taux}_{t-1})$  restent toujours significatifs dans le modèle.
- Les variables  $\text{diff\_pib}$  et  $\text{diff\_infla}$  deviennent non significatifs et possèdent respectivement les p-values suivantes : 7,3% et 7,4 %
- La variables  $\text{diff\_creance}$  est toujours non significatifs dans le modèle et possède la p-value suivante : 13,7%
- Le coefficient de détermination  $R^2$  est relativement augmente pour prendre la valeur 0.705.
- Le test de fisher amène à refuser l'hypothèse nulle.

On décide alors d'écarter la variable  $\text{diff\_creance}$  du modèle et garder  $\text{diff\_pib}$  et  $\text{diff\_infla}$ . Le modèle devient :

$$\text{logit}(\text{taux}_t) = \alpha + \beta_1 \text{logit}(\text{taux}_{t-1}) + \beta_2 \text{diff\_pib}_t + \beta_3 \text{diff\_infla}_t + \beta_4 \text{diff\_credit}_t + \varepsilon_t$$

La régression dans ce cas nous permet d'identifier les résultats suivants (annexe1) :

- Tous les variables sont significatifs sauf le taux d'inflation qui possède une p-value de 5,1 %.
- Le coefficient de détermination  $R^2$  est relativement augmente pour prendre la valeur 0.82.
- Le test de fisher amène à refuser l'hypothèse nulle.

On décide de garder la variable  $\text{diff\_infla}$  qu'on n'a pas pu accepter à un seuil de 5%. La p-value de la variable n'est pas très grande, seulement à un seuil de 6 % on peut accepter la significativité de toutes la variables y inclut  $\text{diff\_infla}$ .

La variable taux d'inflation aussi serait une variable très importante dans la tâche du stress testing c'est pourquoi on décide de la garder.

Après avoir fait les estimations nécessaires, L'équation du modèle du taux de défaut va s'écrire alors comme suit :

$$\text{logit}(\text{taux}_t) = -1,104 + 0,737 \text{logit}(\text{taux}_{t-1}) - 1,044 \times 10^{-6} \text{diff\_pib}_t + 3,621 \text{diff\_infla}_t - 8,275 \times 10^{-6} \text{diff\_credit}_t + \varepsilon_t$$

### 1.5 Test d'hypothèses

On va tester un ensemble d'hypothèses qu'on a posé au début sur les résidus du modèle.

#### ❖ Normalité des résidus

Le test Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk nous donne les résultats suivants :

Tests de normalité						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Unstandardized Residual	,072	30	,200	,978	30	,773

Figure 8 : test de normalité des résidus

Ainsi les résidus sont normaux.

#### ❖ hétéroscédasticité

Comme on l'a démontré dans le chapitre méthodologie, on va procéder au test de Bruch-Pagan pour tester l' hétéroscédasticité.

La régression du carré des résidus estimés sur l'ensemble des variables explicatives de notre modèle nous donne les résultats suivants :

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = \alpha + \beta_1 \text{logit}(\text{taux}_{t-1}) + \beta_2 \text{diff\_pib}_t + \beta_3 \text{diff\_infla}_t + \beta_4 \text{diff\_credit}_t + v_t$$

ANOVA <sup>a</sup>						
Modèle		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
1	Régression	,131	4	,033	,529	,716 <sup>b</sup>
	Résidu	1,549	25	,062		
	Total	1,680	29			

Figure 9 : test d' hétéroscédasticité

Selon la statistique de Fisher qui prends la valeur 0.59 avec une p-value de 71,6%, on rejette alors l'hypothèse d' hétéroscédasticité.

En plus on obtient un coefficient de détermination :  $R^2 = 0,078$

Ainsi la statistique de Lagrange est égale à

$$LM = n \times R^2 = 2,34$$

Puisque dans notre cas  $k=4$  ainsi  $LM \sim X(4)$ .

D'après la table de la loi khi-deux on obtient :  $X_{5\%}(4) = 14,86$

On a  $LM = 2,34 < 14,83$  donc on rejette l'hypothèse d' hétéroscédasticité.

### ❖ Autocorrélation des erreurs

Dans le test de Durbin-Watson on obtient 2,022.

On résume la décision à prendre après avoir obtenu la valeur de la statistique de Durbin-Watson dans le schéma suivant :

0	$d_1$	$d_2$	2	$4-d_2$	$4-d_1$	4
$\rho > 0$ ou Autocorrélation positive	?		$\rho \geq 0$ Pas d'autocorrélation	?		$\rho < 0$ ou Autocorrélation négative

Tels que  $d_1$  et  $d_2$  sont deux valeurs à prendre de la table Durbin-Watson selon le nombre de variables explicatives  $k$  et le nombre d'observation de l'échantillon  $n$ .

Les zones de « ? » sont des zones d'incertitudes où on ne peut émettre aucune décision.

Dans notre cas  $d_1 = 1,14$  et  $d_2 = 1,74$  .

Ainsi  $d_2 = 2,26$  .

Puisque  $d_2 < 2,022 < d_2$  donc on déduit qu'on rejette l'hypothèse d'autocorrélations des erreurs.

### 1.6 Une régression fallacieuse

On a parlé dans le chapitre méthodologie de la régression fallacieuse qui nous fait croire l'obtention des bons résultats de la régression lorsque les variables explicatives sont non stationnaires.

Pour s'assurer que l'on ne se situe pas dans ce cas, on va tester la stationnarité des variables : *diff\_pib* , *diff\_infla* et *diff\_credit* .

Les tests ADF, PP et KPSS sur Eviews nous donnent les résultats suivants (annexe 5) :

	Résultat ADF	Résultat PP	Résultat KPSS
<b><i>diff_infla</i></b>	<i>I(0) sans constante</i>	<i>I(0) sans constante</i>	<b><i>Stationnaire</i></b>
<b><i>diff_pib</i></b>	<i>I(0) avec constante</i>	<i>I(0) avec constante</i>	<b><i>Stationnaire</i></b>
<b><i>diff_credit</i></b>	<i>I(0) avec constante</i>	<i>I(0) avec constante</i>	<b><i>Stationnaire</i></b>

Figure 10 : résultats des tests de stationnarité

Ainsi, on obtient alors la stationnarité des trois séries. On a évité le cas de la régression fallacieuse grâce au passage à la différence de nos variables explicatives.

En même temps, au niveau du stress testing, expliquer le variables taux de défaut en fonction des variations du PIB, crédit immobilier et inflation est plus important que de l'expliquer en fonction des variables elles-mêmes. (On va montrer plus tard dans ce rapport que sans le passage à la différence des variables, les séries PIB, crédit immobiliers et inflation ne sont pas stationnaires).

## 2. Modèle VAR liant les variables explicatives du modèle taux de défaut

Comme on l'a expliqué déjà dans ce rapport, on est dans la nécessité d'installer un modèle qui lie variables qui expliquent le taux de défaut à savoir le PIB, le crédit immobilier et le taux d'inflation afin d'élaborer la tâche du stress test.

En effet, Les pratiques du stress testing impliquent parfois à ce qu'on pose des scénarios portants seulement sur une variable explicative du modèle du taux de défaut. Ainsi, et dans ce cas, on serait dans l'incapacité de calculer le taux de défaut estimé à partir du scénario, puisque on ne sait pas comment les autres variables explicatives vont évoluer, d'où la nécessité de trouver un modèle qui lie les variables explicatives entre elles, et qui décrit la variation de chacune en fonction des autres.

On pense alors installer un modèle entre les variables PIB, le crédit immobilier et le taux d'inflation. C'est ce qu'on va chercher à réaliser dans les paragraphes suivants.

### 2.1 Définition des variables

Dans le souci d'éviter l'autocorrélation des erreurs pour le modèle choisi, on va passer au logarithme pour les variables qu'on cherche à modéliser. Ainsi les variables qu'on va utiliser sont comme suit :

<b>Variables</b>	<b>Définition</b>
<b><i>log_pib</i></b>	le logarithme du PIB
<b><i>log_credit</i></b>	Le logarithme du crédit immobilier
<b><i>infla</i></b>	Le taux d'inflation

*Figure 11 : définition des variables*

On n'a pas effectué le passage au logarithme pour la variable taux d'inflation car elle prend des valeurs négatives dans quelques trimestres.

## 2.2 Etude de la stationnarité des séries

Sous EVIEWS on obtient les résultats suivants (annexe 3) :

	Résultat ADF	Résultat PP	Résultat KPSS
<i>infla</i>	<i>I(1) avec constante</i>	<i>I(1) avec constante</i>	<b>Stationnaire</b>
<b>log_pib</b>	<i>I(0) avec tendance</i>	<i>I(0) avec tendance</i>	<b>Non stationnaire</b>
<b>log_credit</b>	<i>I(0) avec constante</i>	<i>I(0) avec constante</i>	<b>Non stationnaire</b>

Figure 12 : résultats des tests de stationnarité

- ❖ En fait pour la variable *log\_pib* , les tests ADF et PP montrent que la variable comporte une tendance. Alors même si le test de racine unitaire était négatif ( $\varphi \neq 0$ ) , On n'a pas obtenu la stationnarité par le test KPSS.  
Pour enlever la tendance du *log\_pib* , on doit éliminer le terme qui exprime tendance dans la variable. Ainsi, on doit alors tout d'abord régresser la variable PIB sur le temps, pour pouvoir détecter puis enlever le terme de la tendance de la variable PIB.  
Toujours en gardant en tête la tâche principale à effectuer qui est le stress testing, et au lieu d'éliminer le terme de la tendance pour obtenir la stationnarité, on a préféré de passer à la différence première de la variable et refaire les tests de stationnarité. En fait, pour effectuer le stress test, on doit toujours chercher des relations entre les variables directement ou entre leurs différences, car en fin de compte ce qui nous importe c'est d'expliquer le taux de défaut en fonction des variations des variables explicatives.
- ❖ Pour la variable *log\_credit* , même si les tests ADF et PP montrent que la série est stationnaire puisque le test de racine unitaire était négatif ( $\varphi \neq 0$ ) , On n'a pas obtenu la stationnarité par le test KPSS.
- ❖ Pour la variable *infla* , même si les tests ADF et PP montrent que la série est non stationnaire puisque le test de racine unitaire était positif dans modèle 2 de l'ADF ( $\varphi = 0$ ) , on a obtenu en fait la stationnarité par le test KPSS.

Les séries utilisées ne sont pas tous stationnaires n'ont pas le même ordre d'intégration, et donc on ne peut adopter ni un modèle VAR ni un modèle VECM, c'est pour cela on va introduit la différence sur nos variables et tester une deuxième fois la stationnarité des séries, on nommera les variables comme suit :

*diff\_infla* , *diff\_log\_pib* et *diff\_log\_credit*

L'étude de la stationnarité de ces séries de différence nous donne les résultats suivants (annexe 4) :

	Résultat ADF	Résultat PP	Résultat KPSS
<b><i>diff_infla</i></b>	<i>I(0) sans Constante</i>	<i>I(0) sans constante</i>	<b><i>Stationnaire</i></b>
<b>diff_log_pib</b>	<i>I(0) avec constante</i>	<i>I(0) avec constante</i>	<b><i>Stationnaire</i></b>
<b>diff_log_credit</b>	<i>I(0) avec constante</i>	<i>I(0) avec constante</i>	<b><i>Stationnaire</i></b>

*Figure 13 : résultats des tests de stationnarité*

Les différences des variables sont tous stationnaires et possèdent le même ordre d'intégration, On adoptera par conséquent un modèle VAR entre les variables.

### **2.3 Nombre de retards du modèle VAR**

Afin de détecter le nombre de retards de notre modèle VAR, on effectue sous Eviews la commande « lag length criteria ». On obtient les résultats suivants (page suivante )

LogL	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	175.2622	NA	1.17e-10	-14.35519	-14.20793*	-14.31612
1	182.3981	11.89305	1.38e-10	-14.19984	-13.61082	-14.04357
2	186.9823	6.494293	2.08e-10	-13.83186	-12.80106	-13.55839
3	200.3137	15.55336	1.62e-10	-14.19281	-12.72025	-13.80214
<b>4</b>	<b>219.6376</b>	<b>17.71351*</b>	<b>8.59e-11*</b>	<b>-16.02910*</b>	<b>-13.13880</b>	<b>-14.54526</b>
5	232.2106	8.382020	9.90e-11	-15.35089	-12.99478	-14.72581
6	249.3492	7.141077	1.21e-10	-15.05313	-13.23122	-15.28682*

Figure 14 : nombre des retards du modèle VAR

Le nombre optimal des retards de notre modèle d'après les critères d'information Akaike (AIC), sequential modified LR test statistic (LR) , et Final prediction error (FPE) est  $p^* = 4$ .

### 2.4 Causalité au sens de Granger

Le teste de causalité de Granger va nous permettre de détecter les liens de causalités entre les variables.

Sous Eviews, on obtient les résultats suivants :

Null Hypothesis :	Obs	F-Statistic	Prob.
<i>diff_log_pib</i> does not Granger cause <i>diff_log_credit</i>	30	7.45873	<b>0.0006</b>
<i>diff_log_credit</i> does not Granger cause <i>diff_log_pib</i>		6.48712	<b>0.0014</b>
<i>diff_infla</i> does not Granger cause <i>diff_log_credit</i>	30	1.47897	0.2442
<i>diff_log_credit</i> does not Granger cause <i>diff_infla</i>		3.45781	<b>0.0254</b>
<i>diff_infla</i> does not Granger cause <i>diff_log_pib</i>	30	0.98472	0.4372
<i>diff_log_pib</i> does not Granger cause <i>diff_infla</i>		0.86478	0.5012

Figure 15 : Test de causalité entre les variables

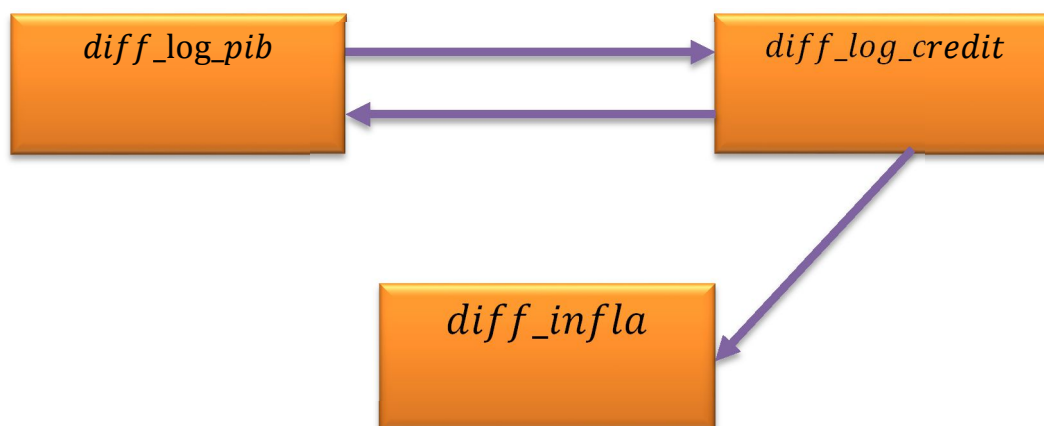


Figure 16 : sens de causalité entre les variables

Les résultats montrent qu'il y a une relation réciproque entre les variables *diff\_log\_pib* et *diff\_log\_credit*. Ceci montre que la valeur du crédit immobilier et le secteur immobilier en générale joue un rôle vital dans la création de la richesse et la croissance économiques au Maroc, et que la croissance économique se répercute directement sur l'évolution du secteur immobilier.

On remarque aussi que la variation du crédit immobilier affecte l'inflation. On peut expliquer ceci peut être par le fait que le valeur du crédit immobilier remplit une grande partie de la totalité des créances accordées par les établissements de crédit, ainsi une augmentation du crédit immobilier peut incarner une augmentation de la valeur totale de crédits, ce qui va impacter en fin de compte le taux d'inflation puisque il est impacté par l'ensemble de la monnaie en circulation dans le pays.

## 2.5 Estimation VAR

L'estimation du modèle VAR après la détermination du nombre de retards sur EViews qui est de 4, on trouve ainsi les résultats suivants:

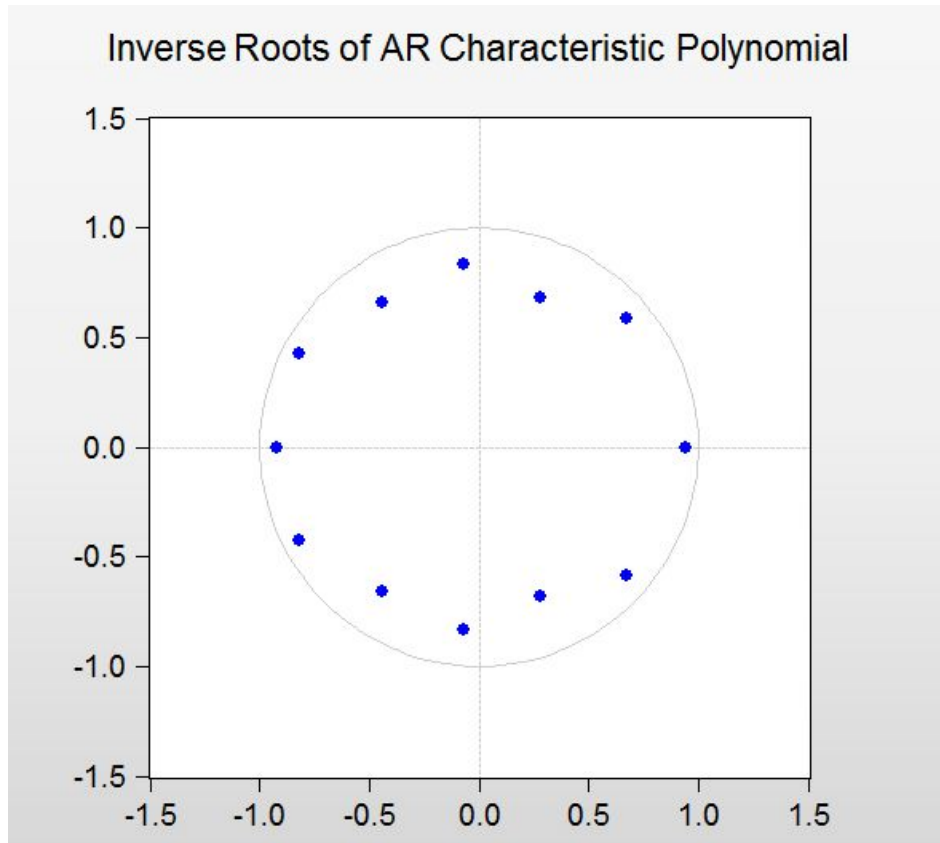
$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ diff\_log\_pib} = & -0.24035234353 * \text{diff\_log\_pib} (-1) \\
 & -0.446747735983 * \text{diff\_log\_pib} (-2) - 0.354928315723 * \text{diff\_log\_pib} (-3) + \\
 & 0.0371941288866 * \text{diff\_log\_pib} (-4) - 0.0879292299109 * \\
 & \text{diff\_log\_credit} (-1) + 0.00174145803388 * \text{diff\_log\_credit} (-2) \\
 & - 0.0590662886324 * \text{diff\_log\_credit} (-3) + 0.146212077113 * \\
 & \text{diff\_log\_credit} (-4) + 0.35949509463 * \text{diff\_infla} (-1) \\
 & - 0.0544862303952 * \text{diff\_infla} (-2) - 0.0402547054281 * \text{diff\_infla} (-3) \\
 & - 0.0898284781739 * \text{diff\_infla} (-4) + 0.0204948556873
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ diff\_log\_credit} &= 0.974645566699 * \text{diff\_log\_pib} (-1) \\
 &+ 0.00769518883463 * \text{diff\_log\_pib} (-2) + 0.919828106726 * \\
 &\text{diff\_log\_pib} (-3) + 1.59876001235 * \text{diff\_log\_pib} (-4) - 0.177147816402 * \\
 &\text{diff\_log\_credit} (-1) + 0.372228885713 * \text{diff\_log\_credit} (-2) + \\
 &0.190093591438 * \text{diff\_log\_credit} (-3) + 0.40390481544 * \\
 &\text{diff\_log\_credit} (-4) + 0.609750979325 * \text{diff\_infla} (-1) \\
 &+ 1.73504984986 * \text{diff\_infla} (-2) - 0.569053434554 * \text{diff\_infla} (-3) \\
 &- 1.76494600778 * \text{diff\_infla} (-4) - 0.0360089087097
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ diff\_infla} &= 0.154321091245 * \text{diff\_log\_pib} (-1) \\
 &- 0.233848096161 * \text{diff\_log\_pib} (-2) + 0.0889787748086 * \text{diff\_log\_pib} (-3) - \\
 &0.0363184702691 * \text{diff\_log\_pib} (-4) + 0.0401760005006 * \\
 &\text{diff\_log\_credit} (-1) + 0.0802942624571 * \text{diff\_log\_credit} (-2) \\
 &- 0.104475737946 * \text{diff\_log\_credit} (-3) - 0.0431115273636 * \\
 &\text{diff\_log\_credit} (-4) - 0.322258325026 * \text{diff\_infla} (-1) \\
 &+ 0.137464455729 * \text{diff\_infla} (-2) + 0.0252317140227 * \\
 &\text{diff\_infla} (-3) - 0.586339147679 * \text{diff\_infla} (-4) \\
 &+ 0.00156321811892
 \end{aligned}$$

Les coefficients en rouge sont les plus significatifs.

## 2.6 Vérification de la stabilité du modèle



*Figure 17 : inverse des racines unitaires*

On remarque que l'inverse des racines du polynôme caractéristique se trouvent à l'intérieur du cercle représenté ci-dessus, d'après ce critère, on peut conclure que le modèle est stable.

## 2.7 Test d'autocorrélation des erreurs

Lags	LM-Stat	Prob
1	5.574768	0.7816
2	8.733243	0.4623
3	5.424665	0.7958
4	13.19048	0.1542
5	9.149944	0.4235
6	6.316632	0.7079
7	5.446023	0.7861
8	14.14204	0.1174
9	14.01115	0.1219
10	9.892289	0.3593
11	6.765099	0.6616
12	4.992873	0.8349

Figure 18 : Test d'autocorrélation des résidus

Le test ci-dessus montre qu'il n'y a pas d'autocorrélation entre les résidus des modèles VAR pour les 12 retards vu que la probabilité est supérieure à 5%.

## 2.8 Test d'hétéroscédasticité

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
147.1211	144	0.4122

Figure 19 : Test d'hétéroscédasticité

Ce test a comme hypothèse nulle l'homoscédasticité des résidus. Son résultat montre que l'on accepte cette hypothèse au seuil de 5% vu que la probabilité est de 41,22% qui est supérieure à 0.05.

## 2.9 Test de normalité

Le test de normalité a pour objectif de vérifier si les résidus suivent une loi normale ou pas. Ce test se base sur les deux coefficients d'asymétrie et d'aplatissement avant de finir avec le test Jarque-Bera.

En fait dans notre cas où on étudie un modèle VAR à 3 variables, on aura alors à montrer la normalité des trois composantes résiduelles des 3 équations qui composent notre modèle.

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.538600	1.257054	1	0.2622
2	0.455772	0.900154	1	0.3427
3	-0.853670	3.157926	1	0.0756
Joint		5.315135	3	0.1501
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	2.806096	0.040732	1	0.8401
2	2.623164	0.153839	1	0.6949
3	6.345522	12.12523	1	0.0005
Joint		12.31980	3	0.0064
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	1.297786	2	0.5226	
2	1.053993	2	0.5904	
3	15.28315	2	0.0005	
Joint	17.63493	6	0.0072	

Figure 20 : Test de normalité des résidus

- ❖ On constate ici que les coefficients de Skewness ne sont pas significativement différents de zéro pour la composante 1, 2 et 3. Ceci montre la symétrie autour de la moyenne.
- ❖ De même pour le coefficient d'aplatissement (Kurtosis), on remarque que la majorité des composantes (composante 1&2) sont significativement autour de 3 ce qui satisfait la concentration des séries.
- ❖ On conclut avec le test de Jarque-Bera que pour la plupart des composantes (composante 1&2), l'hypothèse de normalité est acceptée.

## Chapitre 3 : Stress testing

## 1. Procédure de l'élaboration du stress test

Dans ce chapitre on va exposer les différents résultats obtenus lors du stress testing. En fait, et afin d'élaborer ce travail, on doit poser un certains nombres de scenarios portants sur les variables explicatives du modèle taux de défaut, puis on va visualiser comment le taux de défaut va réagir à ces chocs. En fin de compte, on va calculer la variation du ratio de solvabilité pour savoir si les fonds propres de la banque BMCI sont suffisants pour couvrir le choc ou non.

Pour bien organiser les idées dans la tête, on va résumer la procédure suivie afin de bien élaborer le stress testing d'un scenario donné comme suit :

1. Dans un premier, On va poser un scenario sur une variable explicative donnée, *diff\_pib* , *diff\_infla* ou *diff\_credit* . Les chocs utilisés pour les stress tests dans la littérature varient entre 3 et 6 écarts-types pour les variables choisies. En fait, l'écart type d'une variable donnée incarne la variation de la variable autour de la moyenne, c'est pourquoi on choisit d'habitude ce paramètre d'écart-type pour la conception des scenarios dans les stress test. En effet, un choc qui comporte une variation de l'ordre de 6 écarts type par exemple est considéré comme un choc très fort, puisque la variation autour de la moyenne dans le cas normale est de l'ordre d'un écart-type.
2. Dans un deuxième pas, on doit faire les prévisions résultantes du scenario qu'on a posé. En fait, notre étude a porté sur la période : 1<sup>er</sup> trimestre 2006 jusqu'au 3<sup>ème</sup> trimestre 2013. L'hypothèse du scenario du choc consiste à affecter une valeur à une des variables explicatives ( *diff\_pib* , *diff\_infla* ou *diff\_credit* ) pendant le 4<sup>ème</sup> trimestre 2013, puis procéder aux estimations des autres valeurs des variables ( *diff\_pib* , *diff\_infla* et *diff\_credit* ) sur la période : 3<sup>ème</sup> trimestre 2013 jusqu'au 4<sup>ème</sup> trimestre 2014. Ces estimations se font grâce au modèle VAR qu'on a déjà monté entre les variables explicatives du modèle de taux d défaut(*diff\_pib* , *diff\_infla* et *diff\_credit*).
3. Apres avoir effectué l'estimation sur les 5 trimestres, et après avoir obtenu toutes les valeurs estimées à partir du 3<sup>ème</sup> trimestre 2006 jusqu'au 4<sup>ème</sup> trimestre 2013, on va calculer les prévisions des valeurs de taux de défaut pour les 5 trimestres.
4. On doit maintenant calculer la valeur de la perte causé par la variation du taux de défaut estimé. Sur ce stade, on distingue deux cas :

- ❖ Si la variation du taux de défaut estimé entre deux trimestre est négative (taux de défaut diminue), alors il n'y a pas de perte donc la perte est nulle dans ce cas.
- ❖ Si la variation du taux de défaut estimé entre deux trimestre est positive (taux de défaut augmente), alors une partie des créances saines va passer en défaut (va être déclassée aux créances en souffrances).  
Dans ce cas la valeur de la perte (en pratique, on nomme cette somme de créances saines déclassée en créances en souffrances : perte) est :

$$perte = \Delta(\text{taux de défaut}) \times \text{Créances saines}$$

5. Enfin, on va calculer la variation du ratio de solvabilité. En effet, ce ratio avait été créé pour limiter le risque de crédit, le risque opérationnel et le risque de marché. Dans les réglementations Bâle II, ce ratio doit rester supérieur à 8%. Le ratio de solvabilité s'écrit comme suit :

$$\text{Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{Risque de crédit} + \text{Risque de marché} + \text{Risque opérationnel}}$$

Dans notre cas on s'intéresse au risque de crédit. Le calcul du risque de crédit inclut en effet une pondération qui tient compte du risque de défaut de la contrepartie. En effet et comme on l'a défini auparavant dans ce rapport, la BMCI possède un système de notation interne qui lui permet de classer ses créances selon des types. Ces créances qui constituent l'actif de la banque sont pondérées en fait. Plus les créances sont risquées, plus leur coefficient de pondération devient plus grand. Par exemple, les créances compromises ont un coefficient de pondération plus grand que celui des créances douteuses.

Dans notre cas d'étude, On peut ainsi écrire le ratio de solvabilité comme suit :

$$\checkmark \text{ Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{Actif pondéré}}$$

En fait, on peut décrire brièvement la décomposition des fonds propres bancaires comme suit :

$$\checkmark \text{ Fonds propres} = \text{Capital social} + \text{Reserves} + \text{Resultat nette} \times (1 - \text{dividendes})$$

Tels que :

$$\checkmark \text{ Resultat nette} = \text{Resultat brut d'exploitation} - \text{cout du risque} - \text{Impot}$$

Et :

$$\checkmark \text{ cout du risque} = \Delta(\text{provisions}) = \text{provisions}_t - \text{provisions}_{t-1}$$

La directive n°19/G/2002 du BAM qui traite le provisionnement bancaire (et dont on a parlé déjà dans ce rapport) stipule : « les créances pré-douteuses, douteuses et compromises doivent donner lieu à la constitution des provisions égales au moins, respectivement, à 20%, 50% et 100% de leurs montants ».

Il est à noter que les créances saines dans la banque ne nécessitent aucun provisionnement. Ainsi une augmentation du taux de défaut implique l'augmentation des provisions puisque une partie des créances saines va passer en défaut (on suppose qu'elle devient compromise), et donc va nécessiter un provisionnement de l'ordre de 100% alors qu'elle était non provisionnée. De sa part, l'augmentation des provisions va mener à la variation du cout de risque ce qui va diminuer les fonds propres de la banque.

En effet on aura :

$$\Delta(\text{cout du risque}) = \Delta(\Delta(\text{provisions})) = 100\% \times \text{perte} = \text{perte}$$

Et :

$$\begin{aligned} \Delta(\text{fonds propres}) &= \text{fonds propres} - \Delta(\text{cout du risque}) \\ &= \text{fonds propres} - \text{perte} \end{aligned}$$

D'autre part, au niveau de la pondération des actifs, on suppose que 50% des créances saines qui ont passé en défaut (sont devenues créances en souffrances) a été perdu totalement (n'était pas remboursé). Ainsi, on doit retrancher 50% de la perte des actifs pondérés. Ainsi on obtient :

$$\Delta(\text{actif pondéré}) = \text{actif pondéré} - 50\% \times \text{perte}$$

En effet l'autre moitié de la perte on suppose qu'elle a passé de créances saines à créances compromise et donc elle va avoir un coefficient de pondération plus élevé puisque le risque de crédit augmente lors du passage de « créances saines » à « créances compromise » mais on ne considère pas ce détail dans le calcul du nouveau ratio de solvabilité calculé après le choc. Ainsi le ratio de solvabilité devient :

$$\checkmark \text{ Ratio de solvabilité} = \frac{\text{Fonds propres} - \text{perte}}{\text{Actif pondéré} - 50\% \times \text{perte}}$$

Maintenant qu'on a bien éclairci la procédure du stress testing on va s'attaquer à l'élaboration de la tâche via un certain nombre de scénarios qu'on va formuler comme on l'a déjà expliqué.

## 2. Analyse des scénarios

On va résumer les trois scénarios qu'on va adopter pour le stress test dans le tableau suivant :

<b>Scenario</b>	<b>Hypothèse sur le 4<sup>ème</sup> trimestre 2013</b>	<b>Ecart type appliqué</b>
<b>dépression économique</b>	$diff\_pib = -74\,456,916$	4
<b>Crise d'inflation</b>	$diff\_infla = +4,98\%$	4
<b>Crise immobilière</b>	$diff\_credit = -221\,774,884$	4

*Figure 21 : tables des scénarios*

En effet, Les chocs utilisés pour les stress tests dans la littérature varient entre 3 et 6 écarts-types pratique du stress t, on a choisi d'appliquer un stress test de l'ordre de 4 écarts types pour les trois variables. Cela veut dire qu'on stress chacune des variables une par une selon la formule suivante :

$$\Delta(\text{variable}) = \pm 4 \times \text{ecart} - \text{type}(\text{variable})$$

Le signe plus au moins dépend de chaque variable. En effet le stress testing prend sens quand la variation qu'on applique aux variables dans les scénarios mènera à l'augmentation du taux de défaut. Ainsi pour les variables « crédit immobilier » et « PIB », la variation doit être négative alors que dans le cas du taux d'inflation la variation qu'on va imposer sur la variable dans le stress test va être positive puisque l'équation du modèle de taux de défaut montre que le taux d'inflation augmente est corrélé positivement avec le taux de défaut.

Les écarts types des trois variables sont comme suit :

Statistiques descriptives					
	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
pib	31	158924,82	219992,00	189602,8343	18614,22998
credit	31	59918,00	230766,00	156394,4194	55443,72227
infla	31	-,01	,05	,0178	,01245
N valide (listwise)	31				

Figure 22 : écart types des variables explicatives

## 2.1 Scénario de dépression économique

La dépression est une baisse très forte de la production. La dépression prend place après le retournement de l'activité (la crise au sens strict du terme) si la production (mesurée par le PIB) baisse de manière durable. Elle se traduit notamment par une forte augmentation du chômage. Du coup, les banques n'accordent plus facilement des crédits puisque les emprunteurs présentent des perspectives de non remboursement relativement sûres, en ce cas le risque de défaut de remboursement du débiteur est plus important.

On a choisi de simuler ce scénario de dépression économique par une variation négative du PIB de l'ordre de 4 écart-type ( $\Delta(PIB) = -74\,456,916$ ) entre le dernier troisième trimestre et le dernier trimestre 2013. Sous Eviews, et grâce au modèle VAR qu'on a installé, on a obtenu les prévisions suivantes :

	<i>diff_pib</i>	<i>diff_credit</i>	<i>diff_infla</i>
<b>2013 T4</b>	-74456,91638	-664,4070008	0,00141328
<b>2014 T1</b>	2676,457048	-79799,35000	-0,0709445
<b>2014 T2</b>	1983,569313	6408,53375	0,1057807
<b>2014 T3</b>	1141,238352	-71547,2613	-0,1091378
<b>2014 T4</b>	1364,812169	-32255,3957	0,0868125

Figure 23 : Prévision des variables par voie de l'estimation VAR

On passe maintenant au calcul de du taux de défaut résultant du scénario de dépression économique pendant les 5 trimestres :

	Taux de défaut estimé	Variation du taux défaut	Perte
<b>2013 T4</b>	4,316%	2,716%	1,22235938
<b>2014 T1</b>	1,296%	-3,020%	0
<b>2014 T2</b>	2,019%	0,723%	0,3255404
<b>2014 T3</b>	0,694%	-1,326%	0
<b>2014 T4</b>	0,875%	0,182%	0,08185844
			<b>SOMME_PERTE=1,62976186</b>

*Figure 24 : calcul de la perte*

Pour des raisons de confidentialité bancaire, on n'a pas pu obtenir les valeurs exactes des créances saines dont dispose la BMCI actuellement. Tout ce qu'on a pu obtenir comme information, c'est que les créances saines sont de l'ordre de 45 milliards de dirhams, d'où le calcul effectué de la perte.

Ce tableau nous permet de savoir le montant global de la partie des créances saines qui va passer en souffrance (perte), après l'augmentation du taux de défaut.

Pour des raisons de confidentialité bancaire aussi, on n'a pas pu obtenir les valeurs exactes des fonds propres et des actifs pondérés actuellement. La dotation actuelle de la banque en fonds propre et en actifs pondéré est de l'ordre de :

Fonds propre = 8 milliards de dirhams

Actif pondéré = 55 milliards de dirhams

Ainsi on part d'un ratio de solvabilité :  $Ratio\ de\ solvabilité = \frac{8}{55} = 14,54\%$

Le ratio après choc est exprimé par :

$$Ratio\ de\ solvabilité = \frac{fonds\ propres - perte}{actif\ pondéré - 50\% \times perte} = 11,75\%$$

Ainsi, et dans la situation actuelle, on déduit grâce à nos estimations que la variation du ratio de solvabilité est de 2,75 %.

Le ratio de solvabilité reste toujours supérieur à 8 %, donc on peut dire en fait que les fonds propres de la banque ont pu couvrir le choc, au moins pendant les 5 trimestres sur lesquels a porté notre prévision.

## 2.2 Scenario de crise d'inflation

La crise d'inflation est une conjoncture économique incarnée par une hausse surprenant du taux d'inflation. La monnaie perd son pouvoir d'achat qui se traduit par une augmentation générale des prix. Les agents économiques ont alors tendance à fuir devant la monnaie et le contrat de confiance est rompu. Les banques augmentent leurs de taux d'intérêt, en ce cas le risque de défaut de remboursement du débiteur est plus important.

On a choisi de simuler ce scenario de crise d'inflation par une variation positive du taux d'inflation de l'ordre de 4 écart-type ( $\Delta(\text{taux d'inflation}) = +4,98\%$ ) entre le dernier troisième trimestre et le dernier trimestre 2013. Sous Eviews, et grâce au modèle VAR qu'on a installé, on a obtenu les prévisions suivantes :

	<i>diff_pib</i>	<i>diff_credit</i>	<i>diff_infla</i>
<b>2013 T4</b>	2326,020609	-664,407001	0,0498
<b>2014 T1</b>	8061,279625	3847,00396	-0,00555997
<b>2014 T2</b>	896,3157432	26527,5577	0,00222111
<b>2014 T3</b>	-1899,917932	-13523,8498	0,00287395
<b>2014 T4</b>	1987,782349	-5410,34128	0,00125557

Figure 25 : Prévision des variables par voie de l'estimation VAR

On passe maintenant au calcul de du taux de défaut résultant du scénario de dépression économique pendant les 5 trimestres :

	Taux de défaut estimé	Variation du taux défaut	Perte
<b>2013 T4</b>	2,354%	0,754%	0,339497427
<b>2014 T1</b>	1,942%	-0,412%	0
<b>2014 T2</b>	2,240%	0,298%	0,133942452
<b>2014 T3</b>	1,855%	-0,385%	0
<b>2014 T4</b>	1,647%	-0,208%	0
			<b>SOMME_PERTE=0,47343988</b>

Figure26 : Calcul de la perte

Ainsi on part d'un ratio de solvabilité :  $Ratio\ de\ solvabilité = \frac{8}{45} = 14,54\%$

Le ratio après choc est exprimé par :

$$Ratio\ de\ solvabilité = \frac{fonds\ propres - perte}{actif\ pondéré - 50\% \times perte} = 13,74\%$$

Ainsi, et dans la situation actuelle, on déduit grâce à nos estimations que la variation du ratio de solvabilité est de 0,80 %.

Le ratio de solvabilité reste toujours supérieur à 8 %, donc on peut dire en fait que les fonds propres de la banque ont pu couvrir le choc, au moins pendant les 5 trimestres sur lesquels a porté notre prévision.

### 2.3 Scenario de la crise immobilière

Il se trouve parfois que le secteur immobilier connaît une baisse foudroyante accompagnée par une baisse des crédits accordés à ce secteur. Cette période est caractérisée par la rétrogradation de l'activité des grandes entreprises qui activent dans ce secteur. Elles pensent alors à limiter leurs investissements.

Dans cette conjoncture de crise, les grandes entreprises se trouvent dans l'incapacité de rembourser leurs dettes qu'elles ont contractées auparavant auprès des banques, puisque l'activité immobilière est en situation de crise et la productivité dans ce secteur est très faible.

Le modèle de taux de défaut qu'on a monté nous indique que cette conjoncture de crise du secteur immobilier mènera à une augmentation du taux de défaut.

On a choisi de simuler ce scénario par une variation négative des crédits immobiliers de l'ordre de 4 écart-type ( $\Delta(\text{credit immobilier}) = -221\,774,884$  entre le dernier troisième trimestre et le dernier trimestre 2013. Sous Eviews, et grâce au modèle VAR qu'on a installé, on a obtenu les prévisions suivantes :

	<i>diff_pib</i>	<i>diff_credit</i>	<i>diff_infla</i>
<b>2013 T4</b>	2326,020609	-221774,884	0,00141328
<b>2014 T1</b>	-8983,664475	-5810,73873	0,0216134
<b>2014 T2</b>	8381,355289	5270,68217	0,0385942
<b>2014 T3</b>	-62,682585534	-4844,1194	-0,0579726
<b>2014 T4</b>	22001,73621	6294,24445	-0,0150152

Figure 27: Prévision des variables par voie de l'estimation VAR

On passe maintenant au calcul de du taux de défaut résultant du scénario de dépression économique pendant les 5 trimestres :

	Taux de défaut estimé	Variation du taux défaut	Perte
<i>2013 T4</i>	11,199%	9,599%	4,31960607
<i>2014 T1</i>	1,898%	-9,301%	0
<i>2014 T2</i>	1,321%	-0,577%	0
<i>2014 T3</i>	3,398%	2,076%	0,934293975
<i>2014 T4</i>	2,587%	-0,811%	0
			<b>SOMME_PERTE=5,25390004</b>

Figure 28 : calcul de la perte

Ainsi on part d'un ratio de solvabilité :  $Ratio\ de\ solvabilité = \frac{8}{45} = 14,54\%$

Le ratio après choc est exprimé par :

$$Ratio\ de\ solvabilité = \frac{fonds\ propres - perte}{actif\ pondéré - 50\% \times perte} = 5,24\%$$

Ainsi, et dans la situation actuelle, on déduit grâce à nos estimations que la variation du ratio de solvabilité est de 9,30 %.

Le ratio de solvabilité est dans ce cas inférieur à 8 %, donc on peut dire en fait que les fonds propres de la banque n'ont pas pu couvrir le choc qu'on a appliqué au crédit immobilier.

En fait, ceci montre que la banque BMCI doit se méfier dans les conjonctures de crise du secteur immobilier. la banque doit alors veiller à ce que les crédit qu'elle accorde dans le cadre de l'immobilier ne dépasse pas des seuils donnés même si la demande de crédit soit très forte , car comme notre modèle l'explique , une éventuelle conjoncture de crise va stimuler fortement la hausse du taux de défaut et va choquer très fortement les fonds propres qui ne pourraient pas supporter peut être le volume du choc comme dans le cas du scenario qu'on vient d'étudier .

## Conclusion générale

A travers ce présent mémoire, on a tenté d'élaborer les stress test spécifiques relatives au risque de crédit. On s'est intéressé plus particulièrement au risque de crédit généré par les clients corporate de la banque.

Pour ce faire, on a d'abord commencé par la présentation de la variable clé à modéliser, à savoir le taux de défaut, en proposant un certain nombre de variables qui sont censées l'influencer à travers une lecture dans la littérature financier et économique.

Ensuite, on a présenté le modèle simons-rowles qu'on a adopté pour modéliser le taux de défaut, et on a montré la nécessité d'installer un modèle entre les variables explicatives de ce modèle afin d'élaborer la tâche du stress testing .

L'étude du modèle de taux de défaut a montré que les variables les plus significatifs sont l'inflation, le PIB et le crédit immobilier. On a essayé de stationnariser ces variables en procédant par la différenciation afin d'éviter le cas de la régression fallacieuse.

Dans un deuxième temps, et après avoir étudié la stationnarité des variables explicatives du taux de défaut à travers les tests ADF, KPSS et PP, on a pu installer un modèle VAR qui lie ces variables entre elles.

Enfin, et en proposant 3 scénarios portant sur le PIB, l'inflation et le crédit immobilier qui imposent une variation de l'ordre de 4 écarts types pour chacune des variables, on visualisé à chaque fois l'impact du choc contenu dans l'hypothèse du scénario sur les fonds propres de la banque BMCI , puis sur son ratio de solvabilité , pour juger en fin de compte si les fonds propres étaient suffisamment important pour couvrir le choc imposé ou non .

L'étude a montré que dans les deux premiers scénarios de dépression économique et de crise d'inflation les fonds propres de la banque BMCI ont pu amortir les chocs sur lesquels ont porté les hypothèses des scénarios, et ont pu garder le ratio de solvabilité supérieur au seuil 8%. Dans le cas du scénario de la crise immobilière, l'impact était en fait plus intense sur les fonds propres de la banque. La crise immobilière implique une baisse foudroyante du secteur immobilier accompagnée par une baisse des crédits accordés à ce secteur. Cette période est caractérisée par la rétrogradation de l'activité des grandes entreprises qui activent dans ce secteur. Elles pensent alors à limiter leurs investissements. Dans cette conjoncture de crise, les grandes entreprises se trouvent dans l'incapacité de rembourser leurs dettes qu'elles ont contractées auparavant auprès des banques, puisque l'activité immobilière est en situation de crise et la productivité dans ce secteur est très faible.

Dans ce cas alors, on peut visualiser des effets très néfastes sur le taux de défaut des clients corporate de la BMCI qui augmente très rapidement. On remarque d'ailleurs qu'une variation de l'ordre de 4 écarts-types impliqué à la valeur du crédit immobilier a fait baisser le ratio de solvabilité de la banque à moins de 8%. la banque doit alors veiller à ce que les crédit qu'elle accorde dans le cadre de l'immobilier ne dépasse pas des seuils donnés même si la demande de crédit soit très forte , car comme notre modèle l'explique , une éventuelle conjoncture de crise va stimuler fortement la hausse du taux de défaut et va choquer très fortement les fonds propres qui ne pourraient pas supporter peut être le volume du choc comme dans le cas du scenario qu'on vient d'étudier .

## Bibliographie :

- Blachke : « stress testing of financial systems »
- Bunn :« stress tesing as a tool for assessing systemic risks »
- Pain :« the provisioning experience of the major UK banks »
- BOURBONNAIS R., 2011, Econométrie, 8ème édition DUNOD
- BOURBONNAIS R., 2011, Econométrie, 8ème édition DUNOD
- Quagliariello M. ,2009, «Stress testing the banking system», Cambridge university
- Rebonato R. ,2010, «Coherent stress testing», John Wiley & Sons

## Rapports et cours

- Cours d'économétrie avancé, Touhami Abdelkhalek
- Econométrie des séries temporelles, Hélène Hamisultane.
- Bank Al Maghreb ,03 Mai 2010, Directive n°2/G/2010 relative à la pratique des stress tests par les banques, P.3
- Bank Al Maghreb ,03 Mai 2010, Directive n°19/G/2010 relative au provisionnement bancaire.
- Djoudad R. et Bordeleau É., 2013, méthodologie de construction des séries de taux de défaut pour l'industrie canadienne, banque du Canada.
- Bank Al Maghreb, 22 Mai 2012, Note technique N°01/DSB/2012 fixant les modalités d'application de certaines dispositions de la directive n°2/G/2010,P.12
- Projet de fin d'études INSEA 2015 : « Croissance économique, liquidité bancaire et marché boursier : Cas du Maroc ».
- Simons & rolwes «Macroeconomic Default Modeling and Stress Testing»
- «Stress Testing and Scenario Analysis» , International Actuarial Association

## Annexes

Dans cette partie on va exposer les annexes qui comportent toutes les sorties EVIEWS et SPSS obtenus durant notre étude. Ces annexes vont être divisées comme suit :

- ❖ Annexe 1 : Résultats de la régression du modèle de taux de défaut
- ❖ Annexe 2 : test d'hypothèse sur les erreurs du modèle AR(1) du taux de défaut
- ❖ Annexe 3 : test de stationnarité pour les variables  $\log\_pib$  ,  $\log\_credit$  et  $infla$
- ❖ Annexe 4 : test de stationnarité pour les séries des différences  $diff\_log\_pib$  ,  $diff\_log\_credit$  et  $diff\_infla$
- ❖ Annexe 5 : test de stationnarité pour les séries des différences  $diff\_pib$  ,  $diff\_credit$  et  $diff\_infla$

Annexe 1 : Résultats de la régression du modèle de taux de défaut

➤ **Modèle 1** : qui inclut toutes les variables

Modèle	Coefficients <sup>a</sup>				t	Sig.
	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	Bêta		
	A	Erreur standard				
(Constante)	-,997	,290			-3,434	,002
logit_defaut_1	,761	,142	,747		5,349	,000
diff_credit	-8,974E-006	,000	-,115		-2,125	,044
1 diff_infla	5,318	2,480	,112		2,147	,043
diff_pib	-1,084E-005	,000	-,051		-2,345	,027
diff_chomage	,023	,019	,162		1,204	,252
diff_creance	-3,222E-005	,000	,208		-1,556	,133

a. Variable dépendante : logtauxdedefault

Diff\_creance et diff\_chomage ne sont pas significatifs

➤ **Modèle 2** : toutes les variables sauf diff\_creance

Modèle	Coefficients <sup>a</sup>				t	Sig.
	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	Bêta		
	A	Erreur standard				
(Constante)	-1,135	,463			-2,463	,021
logit_defaut_1	,726	,140	,713		5,178	,000
diff_credit	-1,297E-005	,000	-,166		-2,149	,041
1 diff_infla	-3,456	1,871	,073		1,865	,074
diff_pib	-1,008E-005	,000	-,048		-1,874	,073
diff_creance	3,209E-005	,000	,208		1,537	,137

a. Variable dépendante : logtauxdedefault

Diff\_creance n'est pas significatif

- **Modèle 3** : tous les variables sauf diff\_creance et diff\_chomage

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	A	Erreur standard	Bêta		
(Constante)	-1,104	,449		-2.465	,020
logit_defaut_1	,737	,144	,724	5,131	,000
1 diff_credit	-8,275E-006	,000	-,106	- 2,178	,038
diff_infla	3,621	1,773	,076	2,037	<b>,051</b>
diff_pib	-1,044E-005	,000	-,049	- 2,452	,021

Toutes les variables sont significatifs sauf diff\_infla avec une p-value de 5,1%

## Annexe 2 : test d'hypothèse sur les erreurs du modèle AR(1) du taux de défaut

- Test d'autocorrélation des erreurs pour le modèle AR(1) du taux de défaut

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.145364	Prob. F(2,26)	<b>0.8654</b>
Obs*R-squared	0.331745	Prob. Chi-Square(2)	0.8472

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TAUX_DEFAULT(-1)	-0.000990	0.177773	-0.005569	0.9956
C	2.75E-05	0.002417	0.011365	0.9910
RESID(-1)	-0.056170	0.269866	-0.208142	0.8367
RESID(-2)	0.087481	0.243660	0.359030	0.7225

R-squared	0.011058	Mean dependent var	-2.75E-18
Adjusted R-squared	-0.103051	S.D. dependent var	0.004250
S.E. of regression	0.004464	Akaike info criterion	-7.862191
Sum squared resid	0.000518	Schwarz criterion	-7.675365
Log likelihood	121.9329	Hannan-Quinn criter.	-7.802424
F-statistic	0.096909	Durbin-Watson stat	2.011872
Prob(F-statistic)	0.961044		



La p-value de la F-statistic est 86,54%, ainsi il n'y a pas d'autocorrélations des erreurs

Annexe 3 : test de stationnarité pour les variables log\_pib , log\_credit et infla

➤ Test ADF

- Test d'hétéroscédasticité pour le modèle AR(1) du taux de défaut

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
F-statistic	0.073836			0.7878
Obs*R-squared	0.078902			0.7788
Scaled explained SS	0.171230			0.6790
R-squared	0.002630	Mean dependent var		1.75E-05
Adjusted R-squared	-0.032990	S.D. dependent var		3.96E-05
S.E. of regression	4.03E-05	Akaike info criterion		-17.33672
Sum squared resid	4.54E-08	Schwarz criterion		-17.24331
Log likelihood	262.0508	Hannan-Quinn criter.		-17.30684
F-statistic	0.073836	Durbin-Watson stat		2.339527
Prob(F-statistic)	0.787825			

La p-value de la F-statistic est 78,78% , ainsi le test de Breusch-Pagan-Godfrey montre alors qu'il n'y a pas d'hétéroscédasticité

1) log\_pib

**Modèle 3 : avec tendance et avec constante**

Null Hypothesis: LOG\_PIB has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.341765	0.0009
Test critical values:		
1% level	-4.323979	
5% level	-3.580623	
10% level	-3.225334	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_PIB(-1)	-1.600400	0.299601	-5.341765	0.0000
D(LOG_PIB(-1))	0.513587	0.233813	2.196574	0.0384
D(LOG_PIB(-2))	0.449590	0.168955	2.661007	0.0140
C	19.17158	3.585293	5.347285	0.0000
@TREND("2006Q1")	0.016991	0.003222	5.273440	0.0000

R-squared	0.650279	Mean dependent var	0.010674
Adjusted R-squared	0.589457	S.D. dependent var	0.014413
S.E. of regression	0.009235	Akaike info criterion	-6.371209
Sum squared resid	0.001962	Schwarz criterion	-6.133315
Log likelihood	94.19693	Hannan-Quinn criter.	-6.298483
F-statistic	10.69166	Durbin-Watson stat	1.916985
Prob(F-statistic)	0.000048		

Log\_pib est *I(0) avec tendance*

## 2) log\_credit

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: LOG\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.048900	<b>0.9207</b>
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_CREDIT(-1)	-0.069859	0.066602	-1.048900	0.3043
D(LOG_CREDIT(-1))	-0.269110	0.188354	-1.428748	0.1655
C	0.899150	0.743449	1.209431	0.2378
@TREND("2006Q1")	-0.000716	0.003216	-0.222702	<b>0.8256</b>

R-squared	0.334547	Mean dependent var	0.044104
Adjusted R-squared	0.254693	S.D. dependent var	0.052479
S.E. of regression	0.045306	Akaike info criterion	-3.223334
Sum squared resid	0.051315	Schwarz criterion	-3.034741
Log likelihood	50.73834	Hannan-Quinn criter.	-3.164269
F-statistic	4.189470	Durbin-Watson stat	1.974424
Prob(F-statistic)	0.015629		

On passe alors au modèle 2.

### Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: LOG\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.604681	<b>0.0119</b>
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_CREDIT(-1)	-0.083723	0.023226	-3.604681	0.0013
D(LOG_CREDIT(-1))	-0.256332	0.176092	-1.455667	0.1575
C	1.052057	0.279861	3.759217	<b>0.0009</b>

R-squared	0.333227	Mean dependent var	0.044104
Adjusted R-squared	0.281937	S.D. dependent var	0.052479
S.E. of regression	0.044470	Akaike info criterion	-3.290318
Sum squared resid	0.051417	Schwarz criterion	-3.148873
Log likelihood	50.70960	Hannan-Quinn criter.	-3.246019
F-statistic	6.496895	Durbin-Watson stat	1.971799
Prob(F-statistic)	0.005149		

Ainsi log\_credit est *I(0) avec constante*

### 3) Infla

#### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.025509	0.1422
Test critical values:		
1% level	-4.296729	
5% level	-3.568379	
10% level	-3.218382	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INFLA(-1)	-0.501791	0.165853	-3.025509	0.0054
C	0.012990	0.005797	2.240765	0.0335
@TREND("2006Q1")	-0.000262	0.000238	-1.098293	0.2818

R-squared	0.253322	Mean dependent var	-3.33E-05
Adjusted R-squared	0.198012	S.D. dependent var	0.011877
S.E. of regression	0.010636	Akaike info criterion	-6.154415
Sum squared resid	0.003055	Schwarz criterion	-6.014295
Log likelihood	95.31623	Hannan-Quinn criter.	-6.109590
F-statistic	4.580077	Durbin-Watson stat	2.158056
Prob(F-statistic)	0.019378		

On passe alors au modèle 2 .

#### Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.809937	0.0688
Test critical values:		
1% level	-3.670170	
5% level	-2.963972	
10% level	-2.621007	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INFLA(-1)	-0.440217	0.156664	-2.809937	0.0089
C	0.007832	0.003411	2.296183	0.0294

R-squared	0.219963	Mean dependent var	-3.33E-05
Adjusted R-squared	0.192105	S.D. dependent var	0.011877
S.E. of regression	0.010676	Akaike info criterion	-6.177375
Sum squared resid	0.003191	Schwarz criterion	-6.083962
Log likelihood	94.66063	Hannan-Quinn criter.	-6.147492
F-statistic	7.895746	Durbin-Watson stat	2.208145
Prob(F-statistic)	0.008938		

Ainsi Infla est *I(1) avec constante*

➤ Test PP

1) log\_pib

➤ **Modèle 3 : avec tendance et avec constante**

Null Hypothesis: LOG\_PIB has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 22 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

			Adj. t-Stat	Prob.*
<hr/>				
Phillips-Perron test statistic			-7.517392	0.0000
Test critical values:	1% level		-4.296729	
	5% level		-3.568379	
	10% level		-3.218382	
<hr/>				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_PIB(-1)	-0.945542	0.191000	-4.950487	0.0000
C	11.33557	2.287204	4.956082	0.0000
@TREND("2006Q1")	0.010121	0.002082	4.861194	0.0000
<hr/>				
R-squared	0.479145	Mean dependent var		0.010839
Adjusted R-squared	0.440563	S.D. dependent var		0.014044
S.E. of regression	0.010504	Akaike info criterion		-6.179419
Sum squared resid	0.002979	Schwarz criterion		-6.039300
Log likelihood	95.69129	Hannan-Quinn criter.		-6.134594
F-statistic	12.41890	Durbin-Watson stat		2.012655
Prob(F-statistic)	0.000150			

log\_pib est  $I(0)$  avec tendance

2) log\_credit

**Modèle 3 : avec tendance et avec constante**

Null Hypothesis: LOG\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

			Adj. t-Stat	Prob.*
<hr/>				
Phillips-Perron test statistic			-1.073716	0.9170
Test critical values:	1% level		-4.296729	
	5% level		-3.568379	
	10% level		-3.218382	
<hr/>				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_CREDIT(-1)	-0.068098	0.063423	-1.073716	0.2925
C	0.849680	0.708208	1.199761	0.2407
@TREND("2006Q1")	0.000222	0.003041	0.072935	0.9424
<hr/>				
R-squared	0.269940	Mean dependent var		0.044948
Adjusted R-squared	0.215862	S.D. dependent var		0.051773
S.E. of regression	0.045846	Akaike info criterion		-3.232439
Sum squared resid	0.056749	Schwarz criterion		-3.092319
Log likelihood	51.48659	Hannan-Quinn criter.		-3.187614
F-statistic	4.991636	Durbin-Watson stat		2.524371
Prob(F-statistic)	0.014300			

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: LOG\_CREDIT has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*	
Phillips-Perron test statistic		-3.216437	0.0288	
Test critical values:	1% level	-3.670170		
	5% level	-2.963972		
	10% level	-2.621007		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_CREDIT(-1)	-0.063712	0.019808	-3.216437	0.0033
C	0.801070	0.235224	3.405556	0.0020
R-squared	0.269796	Mean dependent var		0.044948
Adjusted R-squared	0.243718	S.D. dependent var		0.051773
S.E. of regression	0.045024	Akaike info criterion		-3.298909
Sum squared resid	0.056760	Schwarz criterion		-3.205496
Log likelihood	51.48363	Hannan-Quinn criter.		-3.269025
F-statistic	10.34547	Durbin-Watson stat		2.534896
Prob(F-statistic)	0.003266			

Ainsi log\_credit est *I(0) avec constante*

## 3) Infla

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: INFLA has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*	
Phillips-Perron test statistic		-3.102335	0.1239	
Test critical values:	1% level	-4.296729		
	5% level	-3.568379		
	10% level	-3.218382		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INFLA(-1)	-0.501791	0.165853	-3.025509	0.0054
C	0.012990	0.005797	2.240765	0.0335
@TREND("2006Q1")	-0.000262	0.000238	-1.098293	0.2818
R-squared	0.253322	Mean dependent var		-3.33E-05
Adjusted R-squared	0.198012	S.D. dependent var		0.011877
S.E. of regression	0.010636	Akaike info criterion		-6.154415
Sum squared resid	0.003055	Schwarz criterion		-6.014295
Log likelihood	95.31623	Hannan-Quinn criter.		-6.109590
F-statistic	4.580077	Durbin-Watson stat		2.158056
Prob(F-statistic)	0.019378			

On passe alors au modèle 2 .

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: INFLA has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*		
Phillips-Perron test statistic	-2.856756	0.0625		
Test critical values:				
1% level	-3.670170			
5% level	-2.963972			
10% level	-2.621007			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INFLA(-1)	-0.440217	0.156664	-2.809937	0.0089
C	0.007832	0.003411	2.296183	0.0294
R-squared	0.219963	Mean dependent var		-3.33E-05
Adjusted R-squared	0.192105	S.D. dependent var		0.011877
S.E. of regression	0.010676	Akaike info criterion		-6.177375
Sum squared resid	0.003191	Schwarz criterion		-6.083962
Log likelihood	94.66063	Hannan-Quinn criter.		-6.147492
F-statistic	7.895746	Durbin-Watson stat		2.208145
Prob(F-statistic)	0.008938			

Ainsi Infla est *I(1) avec constante*

## ➤ Test KPSS

### 1) log\_pib

Null Hypothesis: LOG\_PIB is stationary

Exogenous: Constant

Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.			
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.735201			
Asymptotic critical values*:				
1% level	0.739000			
5% level	0.463000			
10% level	0.347000			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	12.14800	0.017700	686.3350	0.0000
R-squared	0.000000	Mean dependent var		12.14800
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.098548
S.E. of regression	0.098548	Akaike info criterion		-1.764812
Sum squared resid	0.291354	Schwarz criterion		-1.718554
Log likelihood	28.35458	Hannan-Quinn criter.		-1.749733
Durbin-Watson stat	0.031728			

Ainsi log\_pib est *non stationnaire*

## 2) log\_credit

Null Hypothesis: LOG\_CREDIT is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.678425
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	11.88329	0.076134	156.0834	0.0000

R-squared	0.000000	Mean dependent var	11.88329
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.423897
S.E. of regression	0.423897	Akaike info criterion	1.153076
Sum squared resid	5.390672	Schwarz criterion	1.199334
Log likelihood	-16.87268	Hannan-Quinn criter.	1.168155
Durbin-Watson stat	0.025663		

Ainsi log\_credit est **non stationnaire**

## 3) Infla

Null Hypothesis: INFLA is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.256287
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.017806	0.002235	7.965996	0.0000

R-squared	0.000000	Mean dependent var	0.017806
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.012446
S.E. of regression	0.012446	Akaike info criterion	-5.903162
Sum squared resid	0.004647	Schwarz criterion	-5.856904
Log likelihood	92.49901	Hannan-Quinn criter.	-5.888083
Durbin-Watson stat	0.880383		

Ainsi la série Infla est **stationnaire**

Annexe 4 : test de stationnarité pour les séries des différences  
diff\_log\_pib , diff\_log\_credit et diff\_infla

➤ Test ADF

1) diff\_log\_pib

**Modèle 3 : avec tendance et avec constante**

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_PIB has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.189927	0.0001
Test critical values:		
1% level	-4.339330	
5% level	-3.587527	
10% level	-3.229230	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_PIB(-1)	-2.475314	0.399894	-6.189927	0.0000
D(DIFF_LOG_PIB(-1))	0.946227	0.310869	3.043810	0.0060
D(DIFF_LOG_PIB(-2))	0.594726	0.172314	3.451405	0.0023
C	0.030324	0.007221	4.199540	0.0004
@TREND("2006Q1")	-0.000184	0.000281	-0.654744	0.5194

R-squared	0.825727	Mean dependent var	-0.000504
Adjusted R-squared	0.794041	S.D. dependent var	0.024987
S.E. of regression	0.011340	Akaike info criterion	-5.955443
Sum squared resid	0.002829	Schwarz criterion	-5.715473
Log likelihood	85.39848	Hannan-Quinn criter.	-5.884088
F-statistic	26.05974	Durbin-Watson stat	1.990750
Prob(F-statistic)	0.000000		

On passe alors au modèle 2.

**Modèle 2 : avec constante**

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_PIB has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.233860	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.699871	
5% level	-2.976263	
10% level	-2.627420	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_PIB(-1)	-2.451664	0.393282	-6.233860	0.0000
D(DIFF_LOG_PIB(-1))	0.929593	0.305957	3.038310	0.0058
D(DIFF_LOG_PIB(-2))	0.588986	0.169940	3.465838	0.0021
C	0.026924	0.004954	5.434524	0.0000

R-squared	0.822331	Mean dependent var	-0.000504
Adjusted R-squared	0.799157	S.D. dependent var	0.024987
S.E. of regression	0.011198	Akaike info criterion	-6.010219
Sum squared resid	0.002884	Schwarz criterion	-5.818243
Log likelihood	85.13795	Hannan-Quinn criter.	-5.953134
F-statistic	35.48485	Durbin-Watson stat	1.970142
Prob(F-statistic)	0.000000		

Donc diff\_log\_pib est *I(0) avec constante*

## 2) diff\_log\_credit

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.955256	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_CREDIT(-1)	-1.298231	0.186655	-6.955256	0.0000
C	0.119790	0.025118	4.769177	0.0001
@TREND("2006Q1")	-0.000395	0.000502	--0.789874	0.4369

R-squared	0.650460	Mean dependent var	-0.002103
Adjusted R-squared	0.623572	S.D. dependent var	0.073985
S.E. of regression	0.045393	Akaike info criterion	-3.249233
Sum squared resid	0.053573	Schwarz criterion	-3.107788
Log likelihood	50.11387	Hannan-Quinn criter.	-3.204934
F-statistic	24.19171	Durbin-Watson stat	1.964025
Prob(F-statistic)	0.000001		

On passe alors au modèle 2.

### Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.163780	0.0002
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_CREDIT(-1)	-0.998711	0.193407	-5.163780	0.0000
C	0.044044	0.013355	3.298019	0.0027

R-squared	0.496875	Mean dependent var	-0.002103
Adjusted R-squared	0.478241	S.D. dependent var	0.073985
S.E. of regression	0.053442	Akaike info criterion	-2.953979
Sum squared resid	0.077112	Schwarz criterion	-2.859683
Log likelihood	44.83269	Hannan-Quinn criter.	-2.924446
F-statistic	26.66462	Durbin-Watson stat	1.992658
Prob(F-statistic)	0.000020		

Donc diff\_log\_credit est **I(0) avec constante**

### 3) diff\_infla

#### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-7.575546	0.0000
Test critical values:	1% level		-4.309824	
	5% level		-3.574244	
	10% level		-3.221728	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381607	0.182377	-7.575546	0.0000
C	-0.000628	0.004636	-0.135526	0.8932
@TREND("2006Q1")	3.21E-05	0.000257	0.124961	0.9015
R-squared	0.688235	Mean dependent var		-0.000448
Adjusted R-squared	0.664253	S.D. dependent var		0.019962
S.E. of regression	0.011567	Akaike info criterion		-5.983699
Sum squared resid	0.003478	Schwarz criterion		-5.842255
Log likelihood	89.76364	Hannan-Quinn criter.		-5.939400
F-statistic	28.69801	Durbin-Watson stat		1.893393
Prob(F-statistic)	0.000000			

On passe alors au modèle 2.

#### Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-7.716967	0.0000	
Test critical values:	1% level	-3.679322		
	5% level	-2.967767		
	10% level	-2.622989		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.380977	0.178953	-7.716967	0.0000
C	-0.000115	0.002109	-0.054504	0.9569
R-squared	0.688047	Mean dependent var		-0.000448
Adjusted R-squared	0.676493	S.D. dependent var		0.019962
S.E. of regression	0.011354	Akaike info criterion		-6.052064
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion		-5.957768
Log likelihood	89.75493	Hannan-Quinn criter.		-6.022532
F-statistic	59.55158	Durbin-Watson stat		1.893398
Prob(F-statistic)	0.000000			

On passe alors au modèle 1.

## Modèle 2 : sans constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.860928	0.0000		
Test critical values:				
1% level	-2.647120			
5% level	-1.952910			
10% level	-1.610011			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381177	0.175702	-7.860928	0.0000
R-squared	0.688013	Mean dependent var	-0.000448	
Adjusted R-squared	0.688013	S.D. dependent var	0.019962	
S.E. of regression	0.011150	Akaike info criterion	-6.120920	
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-6.073771	
Log likelihood	89.75333	Hannan-Quinn criter.	-6.106153	
Durbin-Watson stat	1.892745			

Ainsi diff\_infla est *I(0) sans constante*

## ➤ Test PP

1) diff\_log\_pib

## Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_PIB has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 14 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*		
Phillips-Perron test statistic	-15.47270	0.0000		
Test critical values:				
1% level	-4.309824			
5% level	-3.574244			
10% level	-3.221728			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_PIB(-1)	-1.463885	0.174227	-8.402148	0.0000
C	0.019509	0.005649	3.453689	0.0019
@TREND("2006Q1")	-0.000208	0.000290	-0.715927	0.4804
R-squared	0.731227	Mean dependent var	-0.000178	
Adjusted R-squared	0.710552	S.D. dependent var	0.024253	
S.E. of regression	0.013048	Akaike info criterion	-5.742631	
Sum squared resid	0.004427	Schwarz criterion	-5.601186	
Log likelihood	86.26815	Hannan-Quinn criter.	-5.698332	
F-statistic	35.36799	Durbin-Watson stat	2.017716	
Prob(F-statistic)	0.000000			

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_PIB has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 14 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-13.57968	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_PIB(-1)	-1.458804	0.172504	-8.456626	0.0000
C	0.016132	0.003080	5.238084	0.0000

R-squared	0.725929	Mean dependent var	-0.000178
Adjusted R-squared	0.715778	S.D. dependent var	0.024253
S.E. of regression	0.012930	Akaike info criterion	-5.792075
Sum squared resid	0.004514	Schwarz criterion	-5.697778
Log likelihood	85.98508	Hannan-Quinn criter.	-5.762542
F-statistic	71.51453	Durbin-Watson stat	1.989484
Prob(F-statistic)	0.000000		

Donc diff\_log\_pib est **I(0) avec constante**

## 2) diff\_log\_credit

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_CREDIT has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.944762	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_CREDIT(-1)	-1.298231	0.186655	-6.955256	0.0000
C	0.119790	0.025118	4.769177	0.0001
@TREND("2006Q1")	-0.003869	0.003930	-0.984387	0.3337

R-squared	0.650460	Mean dependent var	-0.002103
Adjusted R-squared	0.623572	S.D. dependent var	0.073985
S.E. of regression	0.045393	Akaike info criterion	-3.249233
Sum squared resid	0.053573	Schwarz criterion	-3.107788
Log likelihood	50.11387	Hannan-Quinn criter.	-3.204934
F-statistic	24.19171	Durbin-Watson stat	1.964025
Prob(F-statistic)	0.000001		

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.387365	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_LOG_CREDIT(-1)	-0.998711	0.193407	-5.163780	0.0000
C	0.044044	0.013355	3.298019	0.0027

R-squared	0.496875	Mean dependent var	-0.002103
Adjusted R-squared	0.478241	S.D. dependent var	0.073985
S.E. of regression	0.053442	Akaike info criterion	-2.953979
Sum squared resid	0.077112	Schwarz criterion	-2.859683
Log likelihood	44.83269	Hannan-Quinn criter.	-2.924446
F-statistic	26.66462	Durbin-Watson stat	1.992658
Prob(F-statistic)	0.000020		

Donc diff\_log\_credit est ***I(0) avec constante***

## 1) diff\_infla

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.575546	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381607	0.182377	-7.575546	0.0000
C	-0.000628	0.004636	-0.135526	0.8932
@TREND("2006Q1")	3.21E-05	0.000257	0.124961	0.9015

R-squared	0.688235	Mean dependent var	-0.000448
Adjusted R-squared	0.664253	S.D. dependent var	0.019962
S.E. of regression	0.011567	Akaike info criterion	-5.983699
Sum squared resid	0.003478	Schwarz criterion	-5.842255
Log likelihood	89.76364	Hannan-Quinn criter.	-5.939400
F-statistic	28.69801	Durbin-Watson stat	1.893393
Prob(F-statistic)	0.000000		

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*	
Phillips-Perron test statistic		-7.716967	0.0000	
Test critical values:	1% level	-3.679322		
	5% level	-2.967767		
	10% level	-2.622989		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.380977	0.178953	-7.716967	0.0000
C	-0.000115	0.002109	-0.054504	0.9569
R-squared	0.688047	Mean dependent var	-0.000448	
Adjusted R-squared	0.676493	S.D. dependent var	0.019962	
S.E. of regression	0.011354	Akaike info criterion	-6.052064	
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-5.957768	
Log likelihood	89.75493	Hannan-Quinn criter.	-6.022532	
F-statistic	59.55158	Durbin-Watson stat	1.893398	
Prob(F-statistic)	0.000000			

On passe alors au modèle 1.

## Modèle 2 : sans constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*	
Phillips-Perron test statistic		-7.860928	0.0000	
Test critical values:	1% level	-2.647120		
	5% level	-1.952910		
	10% level	-1.610011		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381177	0.175702	-7.860928	0.0000
R-squared	0.688013	Mean dependent var	-0.000448	
Adjusted R-squared	0.688013	S.D. dependent var	0.019962	
S.E. of regression	0.011150	Akaike info criterion	-6.120920	
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-6.073771	
Log likelihood	89.75333	Hannan-Quinn criter.	-6.106153	
Durbin-Watson stat	1.892745			

Ainsi diff\_infla est *I(0) sans constante*

➤ Test KPSS

1) diff\_log\_pib

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_PIB is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 11 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

				LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic				0.341496
Asymptotic critical values*:		1% level	0.739000	
		5% level	0.463000	
		10% level	0.347000	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.010839	0.002564	4.227113	0.0002
R-squared	0.000000	Mean dependent var	0.010839	
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.014044	
S.E. of regression	0.014044	Akaike info criterion	-5.660470	
Sum squared resid	0.005720	Schwarz criterion	-5.613763	
Log likelihood	85.90705	Hannan-Quinn criter.	-5.645528	
Durbin-Watson stat	2.879603			

Ainsi diff\_log\_pib est *stationnaire*

2) diff\_log\_credit

Null Hypothesis: DIFF\_LOG\_CREDIT is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

				LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic				0.390245
Asymptotic critical values*:		1% level	0.739000	
		5% level	0.463000	
		10% level	0.347000	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.044948	0.009452	4.755173	0.0001
R-squared	0.000000	Mean dependent var	0.044948	
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.051773	
S.E. of regression	0.051773	Akaike info criterion	-3.051144	
Sum squared resid	0.077732	Schwarz criterion	-3.004437	
Log likelihood	46.76716	Hannan-Quinn criter.	-3.036202	
Durbin-Watson stat	1.973390			

Ainsi diff\_log\_credit est *stationnaire*

Annexe 5 : test de stationnarité pour les séries des différences  
diff\_pib , diff\_credit et diff\_infla

➤ Test ADF

2) diff\_Infla

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA is stationary  
Exogenous: Constant  
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		<b>0.060352</b>
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.33E-05	0.002168	-0.015372	<b>0.9878</b>

R-squared	0.000000	Mean dependent var	-3.33E-05
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.011877
S.E. of regression	0.011877	Akaike info criterion	-5.995628
Sum squared resid	0.004091	Schwarz criterion	-5.948921
Log likelihood	90.93441	Hannan-Quinn criter.	-5.980686
Durbin-Watson stat	2.728695		

Ainsi la série diff\_Infla est *stationnaire*

1) diff\_pib

**Modèle 3 : avec tendance et avec constante**

Null Hypothesis: DIFF\_PIB has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.230549	<b>0.0001</b>
Test critical values:	1% level	-4.339330	
	5% level	-3.587527	
	10% level	-3.229230	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_PIB(-1)	-2.537311	0.407237	-6.230549	0.0000
D(DIFF_PIB(-1))	0.981194	0.316281	3.102284	0.0052
D(DIFF_PIB(-2))	0.603913	0.173308	3.484615	0.0021
C	4898.139	1222.327	4.007225	0.0006
@TREND("2006Q1")	23.73381	53.14300	0.446603	<b>0.6595</b>

R-squared	0.832042	Mean dependent var	-80.97152
Adjusted R-squared	0.801504	S.D. dependent var	4801.388
S.E. of regression	2139.155	Akaike info criterion	18.33979
Sum squared resid	1.01E+08	Schwarz criterion	18.57975
Log likelihood	-242.5871	Hannan-Quinn criter.	18.41114
F-statistic	27.24633	Durbin-Watson stat	1.965354
Prob(F-statistic)	0.000000		

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_PIB has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

			t-Statistic	Prob.*
<hr/>				
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-6.328650	0.0000
Test critical values:	1% level		-3.699871	
	5% level		-2.976263	
	10% level		-2.627420	
<hr/>				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_PIB(-1)	-2.518654	0.397976	-6.328650	0.0000
D(DIFF_PIB(-1))	0.967572	0.309280	3.128468	0.0047
D(DIFF_PIB(-2))	0.597637	0.169705	3.521623	0.0018
C	5238.141	939.5006	5.575453	0.0000
<hr/>				
R-squared	0.830520	Mean dependent var	-80.97152	
Adjusted R-squared	0.808413	S.D. dependent var	4801.388	
S.E. of regression	2101.597	Akaike info criterion	18.27474	
Sum squared resid	1.02E+08	Schwarz criterion	18.46671	
Log likelihood	-242.7089	Hannan-Quinn criter.	18.33182	
F-statistic	37.56962	Durbin-Watson stat	1.954892	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Donc diff\_pib est ***I(0) avec constante***

## 2) diff\_ credit

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_CREDIT has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

			t-Statistic	Prob.*
<hr/>				
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-7.252606	0.0000
Test critical values:	1% level		-4.309824	
	5% level		-3.574244	
	10% level		-3.221728	
<hr/>				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_CREDIT(-1)	-1.334231	0.183966	-7.252606	0.0000
C	11308.12	3171.806	3.565200	0.0014
@TREND("2006Q1")	-226.1599	157.3350	-1.437442	0.1625
<hr/>				
R-squared	0.669465	Mean dependent var	-81.82759	
Adjusted R-squared	0.644039	S.D. dependent var	11718.96	
S.E. of regression	6991.819	Akaike info criterion	20.64057	
Sum squared resid	1.27E+09	Schwarz criterion	20.78201	
Log likelihood	-296.2882	Hannan-Quinn criter.	20.68486	
F-statistic	26.33020	Durbin-Watson stat	2.040037	
Prob(F-statistic)	0.000001			

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

			t-Statistic	Prob.*
<hr/>				
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-6.976538	0.0000
Test critical values:	1% level		-3.679322	
	5% level		-2.967767	
	10% level		-2.622989	
<hr/>				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_CREDIT(-1)	-1.290637	0.184997	-6.976538	0.0000
C	7435.643	1706.857	4.356336	0.0002
<hr/>				
R-squared	0.643197	Mean dependent var	-81.82759	
Adjusted R-squared	0.629982	S.D. dependent var	11718.96	
S.E. of regression	7128.537	Akaike info criterion	20.64807	
Sum squared resid	1.37E+09	Schwarz criterion	20.74237	
Log likelihood	-297.3970	Hannan-Quinn criter.	20.67760	
F-statistic	48.67208	Durbin-Watson stat	1.973281	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Donc diff\_credit est ***I(0) avec constante***

## 3) diff\_infla

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

			t-Statistic	Prob.*
<hr/>				
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-7.575546	0.0000
Test critical values:	1% level		-4.309824	
	5% level		-3.574244	
	10% level		-3.221728	
<hr/>				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381607	0.182377	-7.575546	0.0000
C	-0.000628	0.004636	-0.135526	0.8932
@TREND("2006Q1")	3.21E-05	0.000257	0.124961	0.9015
<hr/>				
R-squared	0.688235	Mean dependent var	-0.000448	
Adjusted R-squared	0.664253	S.D. dependent var	0.019962	
S.E. of regression	0.011567	Akaike info criterion	-5.983699	
Sum squared resid	0.003478	Schwarz criterion	-5.842255	
Log likelihood	89.76364	Hannan-Quinn criter.	-5.939400	
F-statistic	28.69801	Durbin-Watson stat	1.893393	
Prob(F-statistic)	0.000000			

On passe alors au modèle 2.

## Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.716967	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.380977	0.178953	-7.716967	0.0000
C	-0.000115	0.002109	-0.054504	0.9569

R-squared	0.688047	Mean dependent var	-0.000448
Adjusted R-squared	0.676493	S.D. dependent var	0.019962
S.E. of regression	0.011354	Akaike info criterion	-6.052064
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-5.957768
Log likelihood	89.75493	Hannan-Quinn criter.	-6.022532
F-statistic	59.55158	Durbin-Watson stat	1.893398
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Modèle 2 : sans constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.860928	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.647120	
5% level	-1.952910	
10% level	-1.610011	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381177	0.175702	-7.860928	0.0000

R-squared	0.688013	Mean dependent var	-0.000448
Adjusted R-squared	0.688013	S.D. dependent var	0.019962
S.E. of regression	0.011150	Akaike info criterion	-6.120920
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-6.073771
Log likelihood	89.75333	Hannan-Quinn criter.	-6.106153
Durbin-Watson stat	1.892745		

Ainsi diff\_infla est *I(0) sans constante*

On passe alors au modèle 1.

➤ Test PP

1) diff\_pib

**Modèle 3 : avec tendance et avec constante**

Null Hypothesis: DIFF\_PIB has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 14 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-16.30706	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_PIB(-1)	-1.482861	0.173034	-8.569778	0.0000
C	3154.577	997.4799	3.162547	0.0040
@TREND("2006Q1")	-4.593637	54.76364	-0.083881	0.9338

R-squared	0.738940	Mean dependent var	-26.50456
Adjusted R-squared	0.718859	S.D. dependent var	4650.495
S.E. of regression	2465.821	Akaike info criterion	18.55613
Sum squared resid	1.58E+08	Schwarz criterion	18.69758
Log likelihood	-266.0640	Hannan-Quinn criter.	18.60043
F-statistic	36.79701	Durbin-Watson stat	2.019444
Prob(F-statistic)	0.000000		

On passe alors au modèle 2.

**Modèle 2 : avec constante**

Null Hypothesis: DIFF\_PIB has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 14 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-17.05977	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_PIB(-1)	-1.483381	0.169713	-8.740514	0.0000
C	3086.763	573.4317	5.382965	0.0000

R-squared	0.738870	Mean dependent var	-26.50456
Adjusted R-squared	0.729198	S.D. dependent var	4650.495
S.E. of regression	2420.054	Akaike info criterion	18.48744
Sum squared resid	1.58E+08	Schwarz criterion	18.58174
Log likelihood	-266.0679	Hannan-Quinn criter.	18.51697
F-statistic	76.39658	Durbin-Watson stat	2.018102
Prob(F-statistic)	0.000000		

Donc diff\_pib est *I(0) avec constante*

## 2) diff\_credit

### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.287012	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_CREDIT(-1)	-1.334231	0.183966	-7.252606	0.0000
C	11308.12	3171.806	3.565200	0.0014
@TREND("2006Q1")	-226.1599	157.3350	-1.437442	0.1625

R-squared	0.669465	Mean dependent var	-81.82759
Adjusted R-squared	0.644039	S.D. dependent var	11718.96
S.E. of regression	6991.819	Akaike info criterion	20.64057
Sum squared resid	1.27E+09	Schwarz criterion	20.78201
Log likelihood	-296.2882	Hannan-Quinn criter.	20.68486
F-statistic	26.33020	Durbin-Watson stat	2.040037
Prob(F-statistic)	0.000001		

### Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_CREDIT has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.945379	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_CREDIT(-1)	-1.290637	0.184997	-6.976538	0.0000
C	7435.643	1706.857	4.356336	0.0002

R-squared	0.643197	Mean dependent var	-81.82759
Adjusted R-squared	0.629982	S.D. dependent var	11718.96
S.E. of regression	7128.537	Akaike info criterion	20.64807
Sum squared resid	1.37E+09	Schwarz criterion	20.74237
Log likelihood	-297.3970	Hannan-Quinn criter.	20.67760
F-statistic	48.67208	Durbin-Watson stat	1.973281
Prob(F-statistic)	0.000000		

Donc diff\_credit est *I(0) avec constante*

On passe alors au modèle 2.

### 3) diff\_infla

#### Modèle 3 : avec tendance et avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.575546	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381607	0.182377	-7.575546	0.0000
C	-0.000628	0.004636	-0.135526	0.8932
@TREND("2006Q1")	3.21E-05	0.000257	0.124961	0.9015

R-squared	0.688235	Mean dependent var	-0.000448
Adjusted R-squared	0.664253	S.D. dependent var	0.019962
S.E. of regression	0.011567	Akaike info criterion	-5.983699
Sum squared resid	0.003478	Schwarz criterion	-5.842255
Log likelihood	89.76364	Hannan-Quinn criter.	-5.939400
F-statistic	28.69801	Durbin-Watson stat	1.893393
Prob(F-statistic)	0.000000		

On passe alors au modèle 2.

#### Modèle 2 : avec constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.716967	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.380977	0.178953	-7.716967	0.0000
C	-0.000115	0.002109	-0.054504	0.9569

R-squared	0.688047	Mean dependent var	-0.000448
Adjusted R-squared	0.676493	S.D. dependent var	0.019962
S.E. of regression	0.011354	Akaike info criterion	-6.052064
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-5.957768
Log likelihood	89.75493	Hannan-Quinn criter.	-6.022532
F-statistic	59.55158	Durbin-Watson stat	1.893398
Prob(F-statistic)	0.000000		

On passe alors au modèle 1.

## Modèle 2 : sans constante

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.860928	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.647120	
5% level	-1.952910	
10% level	-1.610011	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DIFF_INFLA(-1)	-1.381177	0.175702	-7.860928	0.0000

R-squared	0.688013	Mean dependent var	-0.000448
Adjusted R-squared	0.688013	S.D. dependent var	0.019962
S.E. of regression	0.011150	Akaike info criterion	-6.120920
Sum squared resid	0.003481	Schwarz criterion	-6.073771
Log likelihood	89.75333	Hannan-Quinn criter.	-6.106153
Durbin-Watson stat	1.892745		

Ainsi diff\_infla est ***I(0) sans constante***

## ➤ Test KPSS

### 1) diff\_pib

Null Hypothesis: DIFF\_PIB is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 11 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.251179
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.739000
5% level	0.463000
10% level	0.347000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2035.573	487.5606	4.175015	0.0002

R-squared	0.000000	Mean dependent var	2035.573
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	2670.479
S.E. of regression	2670.479	Akaike info criterion	18.65067
Sum squared resid	2.07E+08	Schwarz criterion	18.69738
Log likelihood	-278.7600	Hannan-Quinn criter.	18.66561
Durbin-Watson stat	2.928159		

Ainsi diff\_pib est ***stationnaire***

## 2) diff\_credit

Null Hypothesis: DIFF\_CREDIT is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

				LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic				0.168262
Asymptotic critical values*:				
1% level				0.739000
5% level				0.463000
10% level				0.347000
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5694.933	1312.823	4.337930	0.0002
R-squared	0.000000	Mean dependent var	5694.933	
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	7190.626	
S.E. of regression	7190.626	Akaike info criterion	20.63171	
Sum squared resid	1.50E+09	Schwarz criterion	20.67842	
Log likelihood	-308.4756	Hannan-Quinn criter.	20.64665	
Durbin-Watson stat	2.564644			

Ainsi diff\_credit est *stationnaire*

## 4) diff\_Infla

Null Hypothesis: DIFF\_INFLA is stationary  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

				LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic				0.060352
Asymptotic critical values*:				
1% level				0.739000
5% level				0.463000
10% level				0.347000
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.33E-05	0.002168	-0.015372	0.9878
R-squared	0.000000	Mean dependent var	-3.33E-05	
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.011877	
S.E. of regression	0.011877	Akaike info criterion	-5.995628	
Sum squared resid	0.004091	Schwarz criterion	-5.948921	
Log likelihood	90.93441	Hannan-Quinn criter.	-5.980686	
Durbin-Watson stat	2.728695			

Ainsi la série diff\_Infla est *stationnaire*