

INSEA
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE

Projet de Fin d'Etudes

La mise en place d'un dispositif de stress test interne dans le contexte de l'épidémie COVID19

Préparé par : *Mme Fatima HTITI*

Sous la direction de : *M. Yassine ELQALLI*(INSEA)

M. Driss LOUKILI(BCP)

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. Yassine ELQALLI* (INSEA)
- *M. Driss LOUKILI* (BCP)
- *M. Fouad MARRI*(INSEA)

Résumé

Suite à la crise financière 2008, le stress testing est devenu un exercice indispensable dans le processus de prise de décisions stratégiques de la banque surtout en matière d'allocation des fonds propres. Ainsi les banques effectuent régulièrement des exercices de stress testing afin d'élaborer des plans d'urgence en situation de crise.

En plus, la crise liée à la pandémie du nouveau coronavirus (Covid-19) a mis le jour sur l'importance de la mise en place du stress testing. En effet, l'économie nationale sera confrontée, selon le ministre de l'Economie, Finances et de la Réforme de l'Administration à trois chocs, Le premier est relatif à la contraction de l'économie mondiale, surtout chez les partenaires européens du Maroc. Le deuxième est interne et causé par l'arrêt des activités sous l'effet de la crise sanitaire, et le troisième a trait à l'impact néfaste de la sécheresse, avec récoltes limitées à 30 millions de quintaux, soit l'une de saisons les plus faibles de ces dix dernières années.

Notre travail porte sur la mise en place d'un Stress testing bancaire, on s'intéressera particulièrement par le risque crédit qui va être représenté par le taux de défaut bancaire. Alors pour y arriver nous avons commencé par la conception des modèles statistiques qui relie le taux de défaut d'un secteur économique donné à des facteurs macroéconomiques. Ensuite, nous avons utilisé le modèle VAR, liant les facteurs macroéconomiques entre eux, pour élaborer les prévisions des différents facteurs macroéconomiques d'une part et décrire l'évolution d'une variable en fonction des autres, d'une autre part.

L'objectif final du rapport est la simulation des scénarios macroéconomiques (Détérioration du PIB, hausse du chômage, . . .), quantifier l'impact d'une crise très probable sur le taux de défaut bancaire et finalement matérialiser ces scénarios en terme de pertes.

Mot clés : Stress testing, risque crédit, taux de défaut, VAR, scénarios.

Abstract

Following the 2008 financial crisis, stress testing has become an essential exercise in the bank's strategic decision-making process, especially in terms of equity allocation. Banks therefore regularly carry out stress testing exercises in order to develop emergency plans in a crisis situation.

In addition, the crisis linked to the pandemic of the new coronavirus (Covid-19) has highlighted the importance of the implementation of stress testing. Thus, the national economy will be faced, according to Minister of Economy, Finance and Administration Reform, with three shocks. The first relates to the contraction of the world economy, especially among Morocco's European partners. The second is internal and caused by the cessation of activities under the effect of the health crisis, and the third relates to the negative impact of the drought, with harvests limited to 30 million quintals, or one of the seasons. the weakest of the last ten years.

Our work focuses on the implementation of bank stress testing, we will be particularly interested in the credit risk which will be represented by the bank default rate. So to get there we started by designing statistical models that relate the default rate of a given economic sector to macroeconomic factors. Then, we used the VAR model, linking the macroeconomic factors together, to develop forecasts of the different macroeconomic factors on the one hand and to describe the evolution of one variable against the others, on the other hand.

The final objective of the report is to simulate macroeconomic scenarios (deterioration of GDP, rise in unemployment, etc.), to quantify the impact of a very probable crisis on the bank default rate and finally to materialize these scenarios in terms of losses.

Keywords : Stress testing, credit risk, default rate, VAR, scenarios.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents.

Mon frère et mes sœurs.

Ma famille et mes amis.

Toute personne ayant exprimé son soutien tout au long de mon cursus

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier mon professeur Mr Yassine ELQALLI, d'avoir accepté l'encadrement de ce projet de fin d'études.

Mes sincères remerciements vont à mon professeur Mr Fouad MARRI pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour avoir accepté de le juger.

J'exprime ma reconnaissance à mon encadrant de stage au sein de la BCP, Mr Driss LOUKILI pour sa disponibilité et ses conseils.

Enfin, je tiens à remercier tout le corps administratif et les professeurs de mon école, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude et ma reconnaissance.

Table des matières

- Résumé** **3**

- Abstract** **4**

- Dédicace** **5**

- Remerciements** **6**

- Abréviations** **12**

- Introduction générale** **13**

- I Cadre général du projet** **14**

- 1 Présentation du stress testing** **15**

 - 1.1 Stress testing en bref : 15
 - 1.2 Objectifs du stress testing : 15
 - 1.3 les scénarios macro-économiques : 16
 - 1.3.1 Types de scénarios : 16
 - 1.3.2 Conception de scénarios : 16
 - 1.3.3 Des exemples de variables macroéconomiques et financière pour la mise en place des scénarios : 17
 - 1.4 La méthodologie des exercices de Stress Testing : 17

- 2 Contexte réglementaire** **19**

 - 2.1 Les exigences réglementaires en fonds propres : 19
 - 2.2 les directives de BANK AL MAGHRIB : 19
 - 2.2.1 Stress tests et gouvernance des risques : 19

2.2.2	Méthodologie des stress tests :	21
2.2.3	Reporting :	21
II	Cadre théorique du projet	22
	Introduction	23
3	Revue de littérature	24
4	Formulation des modèles	28
4.1	Régression linéaire appliquée aux séries temporelles :	28
4.1.1	Représentation générale et estimation :	28
4.1.2	Hypothèses du modèle :	29
4.2	La modélisation VAR :	29
4.2.1	Représentation d'un modèle VAR :	29
4.2.2	Estimation des paramètres :	30
4.2.3	Détermination du nombre de retards :	30
4.2.4	La causalité :	30
4.2.5	Prévision :	32
5	Méthodologie de travail	33
	Conclusion	35
III	Cadre pratique du projet	36
	Introduction	37
6	Description des données	38
6.1	Le taux de défaut bancaire :	38
6.2	Les variables macroéconomiques	39
7	Application et résultats	42
7.1	Stationnarité des variables retenues :	42
7.2	Modélisation du taux de défaut :	43
7.2.1	Estimation du modèle :	43

7.2.2	Validation du modèle :	44
7.3	Modélisation des variables macroéconomiques :	44
7.3.1	Détermination du nombre de retards :	45
7.3.2	Estimation des paramètres :	45
7.3.3	Causalité entre les variables :	46
7.3.4	Estimation du modèle VAR contraint (RVAR = Restricted VAR) : .	47
7.3.5	Tests de diagnostic :	47
7.4	Génération de scénarios liés à la crise économique :	48
7.4.1	hypothèses et impacts :	48
7.4.2	Les scénarios macroéconomiques	49
7.4.3	Prévisions :	49
7.5	Impact de la crise économique sur le taux de défaut bancaire :	51
	Conclusion et perspectives	53
	Bibliographie	54
	Annexe A : L'organisme d'accueil	56
	Annexe B : Test de Dickey-Fuller simple	60
	Annexe C : les modèles économétriques pour les autres secteurs d'activité	68

Table des figures

1.1	Les étapes du stress testing selon Moody's Analytics 2013	18
6.1	les graphiques des variables macroéconomiques retenues	41
7.1	Les résidus du modèle	44
7.2	Estimation du modèle VAR	46
7.3	Estimation du modèle VAR contraint (RVAR = Restricted VAR)	47
7.4	Evolution de la croissance économique	50
7.5	Evolution du PIB	51
7.6	Evolution du taux de défaut	52
7.7	Organisation de la BCP	59
7.8	Estimation du modèle 3	63
7.9	Estimation du modèle 2	64
7.10	Estimation du modèle 1	65
7.11	Automatisation du test de Dickey Fuller	66
7.12	les résultats du tests de Dickey Fuller pour les variables importations, ex- portations et le prix du pétrole.	67
7.13	les résultats du test de Dickey Fuller pour les variations relatives des va- riables importations, exportations et le prix du pétrole.	67
7.14	Autres sections	68
7.15	Agriculture, chasse et sylviculture	69
7.16	Activités financières	70
7.17	Bâtiment et travaux publics	71
7.18	Hôtels et restaurants	72
7.19	Industrie chimique et para chimique	73
7.20	Industrie textile, de l'habillement et du cuir	74

7.21 Industries alimentaires	75
7.22 Industries diverses	76
7.23 Industries extractives	77
7.24 Industries métallurgiques, mécaniques, électriques et électroniques (IM-MEE)	78
7.25 Pêche, aquaculture	79
7.26 Promotion immobilière	80
7.27 Transports et communications	81
7.28 Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau	82

Liste des tableaux

6.2	Les variables macroéconomiques retenues	40
7.1	Estimation du modèle de régression	43
7.2	les p-value des tests de validation du modèle	44
7.3	sélection de l'ordre de décalage	45
7.4	Test de causalité au sens de Granger	46
7.5	Tests de diagnostic	48
7.6	les simulations retenues	49
7.7	Evolution de la croissance économique	50
7.8	Evolution du PIB	51
7.9	Evolution du taux de défaut	52
7.10	Actionnaires de la BCP	58

Abréviations

BCP : Banque centrale populaire

T1,T2,T3,T4 : Trimestre 1,2,3,4

VAR :Vecteur Autoregressif

FP : Fonds propres

PIB : Produit intérieur brut

LOGIT : La fonction mathématique logit

HCP : Haut commissariat au plan

DF : Dickey Fuller

BAM : Bank-Al-Maghrib

EUR : Euro

USD : Dollar

Introduction générale

La mise en place des exercices de stress testing et l'élaboration des scénarios de crise est devenu un exercice intéressant dans la pratique bancaire. En effet, la banque centrale exige aux banques de mettre en place des exercices de simulations de chocs macroéconomiques, elle est indispensable pour les institutions financières de disposer d'une documentation complète comprenant les stress tests effectués pour les différents types de risques (risque marché, risque crédit, risque de liquidité, risque opérationnel, . . .)

Pour ce projet, nous allons se limiter au cas d'un stress test qui prend en considération le risque de crédit uniquement. Ce dernier va être représenté par le taux de défaut bancaire.

Les objectifs de notre projet porte principalement sur la détermination des facteurs macroéconomiques qui expliquent la taux de défaut bancaire d'un secteur d'activité et la conception des modèles statistiques reliant le taux de défaut à ces variables , puis, la mise en place des scénarios macroéconomiques , et finalement la mesure des impacts de ces scénarios sur les paramètres de la banque.

Notre travail s'enchaîne ainsi :

1. Une première partie qui regroupe le cadre général de notre projet : le définition du stress testing , ses étapes et ses objectifs.la définition des scénarios macroéconomiques et la méthode de conception . Enfin, une brève présentation du contexte réglementaire.
2. Une deuxième partie qui englobe la revue de littérature d'où s'inspire notre méthodologie de l'étude et les différents outils statistiques utilisés.
3. Une troisième partie qui contient la présentation des données, la concrétisation pratique des modèles cités dans la méthodologie de l'étude et finalement l'élaboration de l'exercice du stress testing.

Première partie

Cadre général du projet

Chapitre 1

Présentation du stress testing

Cette première partie vise à introduire les notions indispensables à la compréhension du projet. Elle commence par un aperçu sur le stress testing et ses objectifs, ses approches ainsi que la méthodologie des exercices de Stress Testing bancaire.

1.1 Stress testing en bref :

Les « stress-tests » ou « tests de résistance » consistent à évaluer la situation financière d'une banque suite à une détérioration sérieuse des conditions économiques.

L'objectif premier de ce type de test est de simuler plusieurs scénarios défavorables, sévères mais plausibles et évaluer la capacité de résistance de la banque suite à des évolutions macro-économiques très défavorables (une grave récession, un krach boursier ou des taux de chômage très élevés par exemple).

Les tests de résistances (ou stress testing) consistent aussi à obtenir une projection des ratios prudentiels de la banque lorsqu'elle se trouve soumise à une forte pression, et ainsi évaluer sa capacité de respecter les exigences prudentielles de la banque centrale (ratios de solvabilité $> 8\%$).

1.2 Objectifs du stress testing :

Les principaux objectifs des tests de résistance proposés sont les suivants :

- Identifier les principales variables macroéconomiques qui expliquent la défaillance des emprunteurs (taux de défaut) par secteur d'activité.

- Mise en place des scénarios de stress tests par type de portefeuille.
- Identifier l'impact des scénarios sur les ratios prudentiels de la banque.
- chiffrer les impacts des pertes sur le ratio de solvabilité.

1.3 les scénarios macro-économiques :

Un test de résistance est une technique pour simuler les chocs macroéconomiques et mesurer la vulnérabilité d'une banque par rapport à un ensemble de scénarios hypothétiques. Pour ce faire deux types de scénarios sont établis.

1.3.1 Types de scénarios :

Un scénario de référence ou scénario central ou baseline (correspondant à l'estimation du comportement des principaux paramètres de viabilité d'une banque dans des conditions macroéconomiques normales) par exemple :

une croissance économique de 4%.

Un scénario défavorable ou scénario adverse (tenant compte d'une détérioration des futures conditions macroéconomiques) par exemple :

- une forte chute de croissance.
- un niveau de chômage très élevé.
- Une très forte hausse des taux d'intérêt.
- Une chute des prix de l'immobilier.
- Une forte hausse du taux d'inflation.

1.3.2 Conception de scénarios :

La conception de scénarios extrêmes mais plausibles est un élément crucial dans l'application du stress test bancaire. le processus commence par l'élaboration d'un scénario central ou scénario de référence (consiste à prédire le taux de défaillance dans une situation économique générale. par exemple, Projections des variables macroéconomiques élaborées par HCP ou FMI), la deuxième étape consiste à construire le scénario défavorable(scénario adverse ou stressé), les principales approches techniques de la construction de tels scénarios sont les suivantes :

Approche 1 : Simulation historique, par exemple : Reproduire des périodes économiques graves passées tels que «la crise de 1929» ou le choc de la crise de 2008-2009.

Approche 2 : Scénarios hypothétiques ou scénarios de jugement d'experts.

Approche 3 : Approches probabilistes («écart-type x» ou quantiles extrêmes dans la distribution), par exemple, une baisse de l'ordre de 5 écarts-type de la croissance économique.

1.3.3 Des exemples de variables macroéconomiques et financière pour la mise en place des scénarios :

- Produit intérieur Brut
- Taux de chômage
- Taux de change
- PIB
- Taux d'inflation
- Indice boursier
- Prix des matières premières
-

1.4 La méthodologie des exercices de Stress Testing :

Etape 1 : Cadre et gouvernance

- Définition du cadre Réglementaire et risques couverts (crédit)
- Définition des facteurs de risques (taux de défaillance)

Etape 2 : Mise en place des scénarios

- Choix des chocs macroéconomiques.

Etape 3 : Données et infrastructures

- Identification des données nécessaires (financières, macro/défaut/données de marché...)
- Collecte des données

Etape 4 : Modélisation impact des scénarios sur les facteurs de risques

- Modélisation des impacts des scénarios par portefeuille (via des modèles statistiques)

Etape 5 : Mesure des indicateurs-clés

- Évolution du Ratio de solvabilité
- Calcul des pertes

Etape 6 : Reporting

- Diffusion des résultats aux différents comités (conseil d’administration, Division risque ,comité actif-passif, etc)

Etape 7 : Plan d’action

- Par exemple : Contribution à la définition du plan de sauvegarde de la banque.

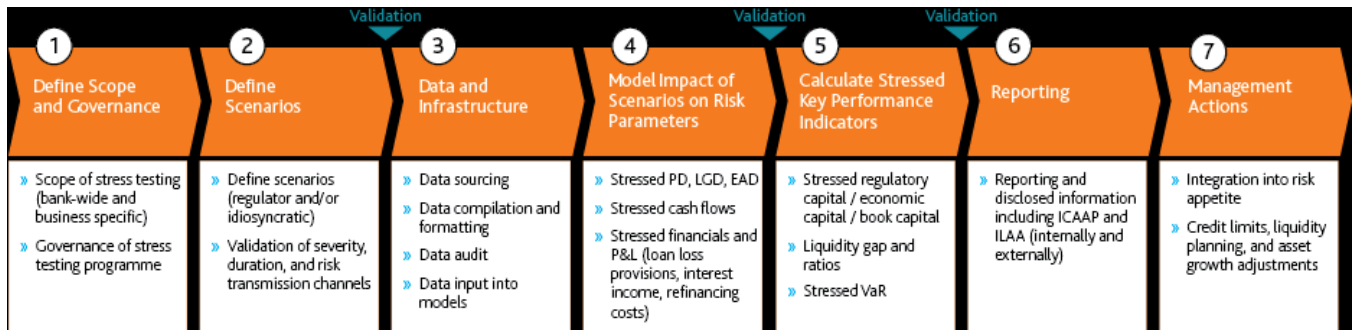


FIGURE 1.1 – Les étapes du stress testing selon Moody’s Analytics 2013

Chapitre 2

Contexte réglementaire

2.1 Les exigences réglementaires en fonds propres :

Les banques marocaines doivent détenir du capital car Bank AL MAGHRIB l'exige selon la réglementation bâloise. Ainsi, Le ratio de solvabilité (fonds propres sur l'actif pondéré du risque) doit toujours être au moins égal à 8% selon la réglementation de Bâle I et de Bâle II.

Les stress tests consistent donc à soutenir le capital de la banque et à fournir une protection efficace contre les pertes engendrées lorsque la banque est sous pression. Ainsi, Bank AL MAGHRIB peut évaluer la solidité d'une banque en cas de crise, tel que la crise des subprimes en 2008, particulièrement pour le risque crédit.

2.2 les directives de BANK AL MAGHRIB :

Bank Al Maghrib a imposé aux banques marocaines en Mai 2010 d'intégrer les stress tests parmi leurs dispositifs de gouvernance et de gestion des risques. En effet, la directive du gouverneur de Bank Al Maghrib Numéro 2/G/10 du 03 MAI 2010 Fixe les règles minimales devant être observées par les banques en matière de pratique de stress tests.

2.2.1 Stress tests et gouvernance des risques :

1-En matière de gouvernance :

les résultats des stress tests doit être prise en compte dans le processus de prise de décisions de la banque. A cet effet, les stress tests servent à élaborer des plans d'urgence, en situation de crise et fonder les choix stratégiques en matière d'allocation des fonds propres.

2-En matière d'organisation :

Elle est indispensable de disposer d'une documentation complète et à jour sur le programme de stress tests comprenant notamment :

- Les stress tests à conduire par type de risque aussi bien sur base individuelle qu'à l'échelle du groupe bancaire.
- le type de modélisation retenue.
- La fréquence des exercices des stress tests.
- L'approche méthodologique définissant les scénarii ainsi que les hypothèses sous-jacentes.
- Les modalités d'interprétation des résultats des stress tests.
- L'éventail des actions correctives envisagées.
- L'évaluation de la faisabilité et de l'efficacité des actions correctives dans des situations de crise.

3-Système d'information :

La banque est tenu d'assurer la disponibilité des données nécessaires pour conduire, selon le calendrier requis, les différents stress tests.

4-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 des éléments suivants :

- La capacité du programme de stress tests à atteindre les objectifs fixés.
- L'exhaustivité de la documentation afférente à ce programme.

- Les modalités d'élaboration des scénarii retenus.
- La qualité des données et les modèles utilisés pour conduire les stress tests,
- La mise en oeuvre du programme de stress tests.
- Le suivi de la mise en application des actions correctives.

2.2.2 Méthodologie des stress tests :

1-Périmètre de couverture et évaluation des risques : Les stress tests doivent couvrir toutes les lignes métiers de la banque et les risques associés.

2-Scénario des stress tests : Le programme de stress tests est établi sur la base d'un éventail de scénarii selon différents degrés de sévérité et divers horizons temporels.

3-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.

2.2.3 Reporting :

L'établissement transmet, régulièrement, à Bank Al-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.

Deuxième partie

Cadre théorique du projet

Introduction

Cette deuxième partie a pour but de donner un cadre théorique à notre étude. Elle comporte en premier lieu un chapitre sur la revue de littérature d'où s'inspire notre modélisation, le chapitre détaille les fondements scientifiques des différents modèles élaborés afin de répondre à la problématique.

Une spécification des modèles statistiques utilisés a été détaillée dans le deuxième chapitre de cette partie, ainsi que les solutions proposées aux problèmes relatifs aux erreurs.

Finalement, Nous avons expliqué la méthodologie de notre travail, en détaillant les différentes étapes de modélisation.

Chapitre 3

Revue de littérature

Nous allons essayer de synthétiser et analyser des études antérieures afin d'identifier toutes les connaissances sur le sujet du stress testing et présenter de nombreuses méthodologies utilisées dans ce contexte.

Sujet	Auteurs	Année et source	Synthèse
Portfolio Credit Risk	Thomas C. Wilson	FRBNY ECONOMIC POLICY REVIEW / OCTOBER 1998	Le CreditPortfolioView est un type de modélisation du risque crédit de type macroéconomique, développé par Wilson(1997), il explique la dégradation de crédit par l'impact des facteurs macroéconomiques. Ce modèle nous aide particulièrement à simuler les chocs macroéconomiques. Le modèle de Wilson se base sur un système de trois équations. La première équation modélise la relation entre le taux de défaut et un indice y dit indice de crédit macroéconomique. Cet indice est lié par la deuxième équation à un ensemble de facteurs macroéconomiques. La troisième équation modélise chaque variable macroéconomique par un processus autorégressif d'ordre p.

<p>Modélisation du stress testing du risque de crédit appliqué à un portefeuille de prêts aux particuliers</p>	<p>Samir Saissi Hassani</p>	<p>HEC Montreal 2007</p>	<p>L'objectif de cette étude est de construire un modèle de stress testing appliqué à un portefeuille de prêts aux particuliers. L'auteur s'intéresse particulièrement au système d'équations du modèle de Wilson, il suggère de le traiter en deux sous-systèmes au lieu de le considérer comme ensemble d'équations indépendantes les unes des autres comme fait classiquement et cela en utilisant un système VAR(p) au lieu d'un ensemble d'équations AR(p) univariées indépendantes. L'intérêt du VAR(p) est modéliser les interactions entre les variables macroéconomiques.</p> $P_{i,t} = \text{logit}(-Y_{i,t})$ $Y_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,1}x_{1,t} + \beta_{i,2}x_{2,t} + \dots + \beta_{i,m}x_{m,t} + \epsilon_{i,t}$ $x_{k,t} = \alpha_{0,k} + \alpha_{1,k}x_{k,t-1} + \alpha_{2,k}x_{k,t-2} + \gamma_{k,t}$ <p>avec $i = 1, \dots, n$ le secteur d'activité ou la catégorie de crédit et $k = 1, \dots, m$ les facteurs économiques.</p> <p>Les résidus sont supposés indépendants et normalement distribués.</p> <p>$P_{i,t}$ est le taux de défaut.</p>
--	-----------------------------	--------------------------	--

<p>Macro Stress- Testing Credit Risk in Roma- nian Banking System</p>	<p>Ruja, Ca- talin</p>	<p>Dissertation thesis Mu- nich Perso- nal RePEc Archive 2014</p>	<p>Le modèle est basé sur les études faites par Wilson (1998, 1997a et 1997b), dans le cadre du modèle CreditPortfolioView, initialement développé par McKinsey et Co. ainsi, la probabilité de défaut est modélisée en relation avec les principales variables macroéconomiques. Ainsi, au lieu de modéliser le taux de défaut, on utilise sa fonction logit Cette transformation est largement utilisée dans la modélisation des taux de défauts car elle garantit que les estimations se situent dans l'intervalle $[0,1]$, de plus, cette méthode pourrait améliorer la capacité du modèle à saisir la relation non linéaire entre les macrovariables et les taux de défaut, les équations ci-dessus présentent le modèle utilisé. L'étape suivante consiste à estimer l'évolution de chaque variable macroéconomique en utilisant un AR(2).</p> $p_t = \frac{1}{1 + \exp^{-(y_{t-1} + \Delta y_t)}}$ $y_{t-1} + \Delta y_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right)$ $\Delta y_t =$ $\beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \beta_3 x_{3,t} + \dots + \beta_k x_{k,t} + \epsilon_t$ $x_{k,t} = \alpha_0 + \alpha_1 x_{k,t-1} + \alpha_2 x_{k,t-2} + \gamma_{k,t}$
---	----------------------------	---	---

<p>The Link between Default Risk and Macroeconomy in Tunisia : Cointegration Approach</p>	<p>Amel Ben Youssef</p>	<p>International Journal of Economics and Finance 2014</p>	<p>Cet article examine les relations causales à long terme et à court terme entre le risque de défaut et la situation macroéconomique en Tunisie. La méthodologie VECM a été choisie pour examiner cette question car elle permet d'identifier des relations de cointégration entre les niveaux de variables non stationnaires, en tenant compte de la dynamique entre ces variables.</p>
---	-------------------------	--	---

Chapitre 4

Formulation des modèles

4.1 Régression linéaire appliquée aux séries temporelles :

4.1.1 Représentation générale et estimation :

L'analyse de régression consiste à expliquer une variable à l'aide d'une ou plusieurs variables :

$$y_1 = a_0 + a_1x_{11} + a_2x_{21} + \dots + a_kx_{k1} + \epsilon_1$$

$$y_2 = a_0 + a_1x_{12} + a_2x_{22} + \dots + a_kx_{k2} + \epsilon_2$$

....

$$y_t = a_0 + a_1x_{1t} + a_2x_{2t} + \dots + a_kx_{kt} + \epsilon_t$$

....

$$y_n = a_0 + a_1x_{1n} + a_2x_{2n} + \dots + a_kx_{kn} + \epsilon_n$$

Soit, sous forme matricielle $Y = Xa + \epsilon$

$$\text{avec } Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_t \\ \cdot \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{k2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{1t} & x_{2t} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{kt} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{kn} \end{pmatrix}, a = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_k \end{pmatrix}, \epsilon = \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \epsilon_t \\ \cdot \\ \epsilon_n \end{pmatrix}$$

Afin d'estimer le vecteur a composé des coefficients $a_0, a_1 \dots a_k$, nous appliquons la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) qui consiste à minimiser la somme des

carrés des erreurs.

4.1.2 Hypothèses du modèle :

1) Hypothèses stochastiques

- H1 : les valeurs x_{it} sont observées sans erreur.
- H2 : $E(\epsilon_t) = 0$, l'espérance mathématique de l'erreur est nulle.
- H3 : la variance de l'erreur est constante (homoscédasticité).
- H4 : les erreurs sont non corrélées (ou encore indépendantes).
- H5 : l'erreur est indépendante des variables explicatives.

2) Hypothèses structurelles

- H6 : absence de colinéarité entre les variables explicatives.
- H7 : $\frac{X'X}{n}$ tend vers une matrice finie non singulière.
- H8 : $n > k + 1$, le nombre d'observations est supérieur au nombre des séries explicatives.

On note que la vérification des hypothèses est indispensable pour la validation du modèle

4.2 La modélisation VAR :

4.2.1 Représentation d'un modèle VAR :

Un processus stationnaire X_t autorégressif d'ordre p , noté VAR(p), s'écrit sous forme matricielle :

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

avec $Y_t = \begin{pmatrix} y_{1,t} \\ y_{2,t} \\ \vdots \\ y_{k,t} \end{pmatrix}$, $A_i = \begin{pmatrix} a_{1i}^1 & a_{1i}^2 & \dots & a_{1i}^k \\ a_{2i}^1 & a_{2i}^2 & \dots & a_{2i}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{ki}^1 & a_{ki}^2 & \dots & a_{ki}^k \end{pmatrix}$, $A_0 = \begin{pmatrix} a_1^0 \\ a_2^0 \\ \vdots \\ a_5^0 \end{pmatrix}$, $\epsilon_t = \begin{pmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \\ \vdots \\ \epsilon_{kt} \end{pmatrix}$ On note

$\Sigma_\epsilon = E(\epsilon_t \epsilon_t')$ la matrice de dimension (k,k) des variances covariances des erreurs .

cette représentation peut s'écrire à l'aide de l'opérateur retard :

$$(I - A_1 D - A_2 D^2 - \dots - A_p D^p) Y_t = A_0 + \epsilon_t$$

Exemple d'un VAR(1) :

$$x_{1t} = 3 + 0.2x_{1t-1} + 0.7x_{2t-1} + \epsilon_{1t}$$

$$x_{2t} = 1 + 0.3x_{1t-1} + 0.4x_{2t-1} + \epsilon_{2t}$$

4.2.2 Estimation des paramètres :

Les paramètres du processus VAR ne peuvent être estimés que sur des séries chronologiques stationnaires. Dans le cas d'un processus VAR, chacune des équations peut être estimée par les MCO, indépendamment les unes des autres (ou par une méthode de maximum de vraisemblance).

4.2.3 Détermination du nombre de retards :

Pour déterminer le nombre de retards d'un modèle VAR, nous avons présenté les critères de Akaike et de Schwarz. Dans le cas de la représentation VAR, ces critères peuvent être utilisés pour déterminer l'ordre p du modèle. La procédure de sélection de l'ordre de la représentation consiste à estimer tous les modèles VAR pour un ordre allant de 0 à h (h étant le retard maximum admissible par la théorie économique ou par les données disponibles).

Les fonctions $AIC(p)$ et $SC(p)$ sont calculées de la manière suivante :

$$SC(p) = \ln(\det(\sum_{\epsilon})) + \frac{k^2 p \ln(p)}{n}$$

$$AIC(p) = \ln(\det(\sum_{\epsilon})) + \frac{2k^2 p}{n}$$

avec :

k = nombre de variables du système.

n = nombre d'observations.

p = nombre de retards.

\sum_{ϵ} = matrice des variances covariances des résidus du modèle.

Le retard p qui minimise les critères AIC ou SC est retenu.

4.2.4 La causalité :

Une des questions que l'on peut se poser à partir d'un VAR est la mise en évidence de relations causales entre les variables. Il existe ainsi plusieurs définitions de la causalité :

- Causalité au sens de Granger (1969).
- Causalité au sens de Sims (1980).

4.2.4.1 Causalité au sens de Granger :

Granger (1969) a proposé les concepts de causalité et d'exogénéité : la variable y_{2t} est la cause de y_{1t} , si la prédictibilité de y_{1t} est améliorée lorsque l'information relative à y_{2t} est incorporée dans l'analyse. Soit le modèle VAR(p) pour lequel les variables y_{1t} et y_{2t} sont stationnaires :

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1^1 & b_1^1 \\ a_1^2 & b_1^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} a_p^1 & b_p^1 \\ a_p^2 & b_p^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-p} \\ y_{2t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

Le bloc de variables $(y_{2t-1}, y_{2t-2}, \dots, y_{2t-p})$ est considéré comme exogène par rapport au bloc de variables $(y_{1t-1}, y_{1t-2}, \dots, y_{1t-p})$ si le fait de rajouter le bloc y_{2t} n'améliore pas significativement la détermination des variables y_{1t} . Ceci consiste à effectuer un test de restrictions sur les coefficients des variables y_{2t} de la représentation VAR (noté RVAR = Restricted VAR). Soit :

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

$$b_1^1 = b_2^1 = \dots = b_p^1 = 0$$

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

$$a_1^1 = a_2^1 = \dots = a_p^1 = 0$$

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 « feedback effect ».

Ces tests peuvent être conduits à l'aide d'un test de Fisher classique de nullité des coefficients, équation par équation ou bien directement par comparaison entre un modèle VAR non contraint (UVAR) et le modèle VAR contraint (RVAR). On calcule le ratio de vraisemblance suivant :

$L^* = (n - c)(Ln|\sum_{RVAR}| - Ln|\sum_{UVAR}|)$ qui suit un χ^2 à $2p$ degrés de liberté avec :

\sum_{RVAR} : matrice des variances covariances des résidus du modèle contraint.

\sum_{UVAR} : matrice des variances covariances des résidus du modèle non contraint.

n : nombre d'observations.

c : nombre des paramètres estimés dans chaque équation du modèle non contraint.

si $L^* > \chi^2$ lu dans la table, alors on rejette l'hypothèse de la validité de la contrainte.

4.2.4.2 Causalité au sens de Sims :

Sims (1980) présente une spécification de test légèrement différente, en considérant que si les valeurs futures de y_{1t} permettent d'expliquer les valeurs présentes de y_{2t} , alors y_{2t} est la cause de y_{1t} . Ceci se traduit par la représentation suivante :

$$\begin{aligned} y_{1t} &= a_1^0 + \sum_{i=1}^p a_{1i}^1 y_{1t-i} + \sum_{i=1}^p a_{1i}^2 y_{2t-i} + \sum_{i=1}^p b_i^2 y_{2t+i} + \epsilon_{1t} \\ y_{2t} &= a_2^0 + \sum_{i=1}^p a_{2i}^1 y_{1t-i} + \sum_{i=1}^p a_{2i}^2 y_{2t-i} + \sum_{i=1}^p b_i^2 y_{1t+i} + \epsilon_{2t} \end{aligned}$$

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

$$b_1^2 = b_2^2 = \dots = b_p^2 = 0$$

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

$$b_1^1 = b_2^1 = \dots = b_p^1 = 0$$

Il s'agit là encore d'un test de Fisher classique de nullité de coefficients.

4.2.5 Prédiction :

Les coefficients du modèle étant estimés, la prédiction peut être calculée en n à l'horizon d'une période, par exemple pour un VAR(1), de la manière suivante :

$$\hat{Y}_n(1) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 Y_n$$

A l'horizon de deux périodes, la prédiction est : $\hat{Y}_n(2) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 \hat{Y}_n(1)$

A l'horizon de trois périodes, la prédiction est : $\hat{Y}_n(3) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 \hat{Y}_n(2)$

Chapitre 5

Méthodologie de travail

Notre travail comprend les étapes suivantes :

Etape 1 : Relation entre le taux de défaut et les variables macroéconomiques.

Tout d'abord, la probabilité de défaut est supposée être une fonction d'un indice y :

$$p = \frac{1}{1+\exp^y} \text{ et } y = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

Où p est le taux de défaut d'un secteur d'activité au temps t et y est un indice macroéconomique. Cette transformation (fonction logit) est nécessaire car elle garantit que le taux de défaut se situera entre 0 et 1. L'indice y à son tour est supposé être déterminé par un certain nombre de variables macroéconomiques clés qui influencent l'état de l'économie. Plus précisément, l'indice prend la forme suivante :

$$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + \dots + \epsilon$$

Où les b_j sont les coefficients de régression à estimer et x_j représente la j ème variable macroéconomique au temps t . Les ϵ sont supposés être indépendants et identiquement distribué.

Etape 2 : Modélisation des variables macroéconomiques.

L'étape suivante consiste à modéliser la dynamique des macro-facteurs eux-mêmes via les modèles, on procède à l'élaboration d'un modèle VAR liant les variables macroéconomiques explicatives.

Etape 3 : L'élaboration des scénarios macroéconomiques

Le stress test effectuée comporte trois scénarios principaux :

Le premier scénario : Scénario Baseline, reproduit une situation réaliste et basé sur les prévisions économiques (modèle VAR), puis on remplace dans l'équation déjà présentée dans l'étape 1 et estimer les taux de défauts futures.

Le second scénario : Scénario défavorable , le scénario défavorable présente une détérioration plus importante des principales variables macroéconomiques. On va poser un scénario sur une variable explicative donnée (affecter une valeur à une des variables explicatives en $t+1$ par exemple), procéder aux estimations des autres valeurs des variables explicatives via le modèle VAR .Finalement, on remplace dans l'équation déjà présentée dans l'étape 1 et estimer les taux de défauts futures stressés.

Le troisième scénario : Scénario de crise, mêmes étapes que pour le scénario défavorable mais les hypothèses sur l'évolution des variables est plus sévères.

Etape 4 : Paramètres de la banque

La dernière étape du stress testing porte sur la matérialisation des scénarios de crise économique en termes de pertes puis vient le calcul du ratio de solvabilité.

- Avant le choc : $Ratio = \frac{FP}{actifspondrs(RWA)}$
- Après le choc : $Ratio = \frac{FP-perte}{actifspondrs(RWA)}$

N.B : L'horizon de projection retenu pour ces scénarios est de 2 années.

Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie la revue de littérature qui regroupe le fondement de notre travail.

Puis nous avons touché l'ensemble des modèles statistiques qui va nous aider à modéliser nos données, à savoir la régression linéaire et les modèles VAR.

Finalement, nous avons explicité en général la méthodologie qu'on va appliquer pour réaliser notre objectif final. Ainsi, On commence par la modélisation du taux de défaut bancaire, après sa transformation via la fonction logit, en utilisant le modèle de régression linéaire, puis vient la partie de la modélisation des variables explicatives qui se base sur les modèles VAR.

L'objectif final est d'exploiter ces modèles pour quantifier l'impact des scénarios de crise sur les paramètres de la banque.

Troisième partie

Cadre pratique du projet

Introduction

Cette troisième partie vise à appliquer toute la théorie citée dans la partie précédente afin d'aboutir aux objectifs du projet.

Nous allons présenter dans un premier lieu les données utilisées, à savoir, les variables macroéconomiques retenues et le taux de défaut bancaire.

Dans un deuxième lieu, nous procédons à la modélisation du taux de défaut par secteur d'activité. Ensuite, on s'intéressera à la modélisation VAR liant les variables explicatives. Puis, nous procédons à la mise en place des scénarios et le calcul des paramètres stressés.

Chapitre 6

Description des données

6.1 Le taux de défaut bancaire :

On dispose des données relatives aux taux de défaut trimestrielle, par secteur d'activité (Bank el Maghrib regroupe les entreprises en 16 secteurs), couvrant la période : 1er trimestre 2014 jusqu'au 4ème trimestre 2019. Les données sont communiquées par l'organisme d'accueil (la banque populaire). On dispose des données relatives aux secteurs d'activité suivants :

- Activités financières
- Agriculture, chasse et sylviculture
- Bâtiment et travaux publics
- Commerce, réparation automobile et articles domestiques
- Hôtels et restaurants
- Industrie chimique et para chimique
- Industrie textile, de l'habillement et du cuir
- Industries alimentaires
- Industries diverses
- Industries extractives
- Industries métallurgiques, mécaniques, électriques et électroniques (IMMEE)
- Pêche, aquaculture
- Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau
- Promotion immobilière
- Transports et communications

— Autres sections

6.2 Les variables macroéconomiques

Nous retenons 10 variables macroéconomiques de fréquence trimestrielle recouvrant la période : 1er trimestre 2007 jusqu'au 4eme trimestre 2019, la sélection de l'intervalle des variables macroéconomiques reposait sur la disponibilité des données et a pour but la réalisation des prévisions fiables pour l'année de 2020(Un modèle VAR fiable), la majorité des données ont été extraites des sites internet du Haut-Commissariat au Plan (HCP), de Bank Al-Maghreb, Office des changes, du Fonds Monétaire International et de la Banque Mondiale.

On verra aussi que nous intéressons particulièrement aux variations relatives ou les différences premières de ces variables plutôt que leurs valeurs pour deux raisons principales :

1. la plupart des séries économiques sont non stationnaires et ont souvent une tendance temporelle, On risque donc d'avoir des résultats trop optimistes (R^2 et t -student élevés) et erronées, qui font croire à une relation entre les variables alors que ce n'est pas le cas (régressions fallacieuse).
2. facile pour la mise en place des scénarios de crise, en effet, on s'intéresse plus à la variation d'une variable plutôt que sa valeur lors d'une période de crise (Par exemple, le PIB diminue de 10% lors lorsque le pays est sous forte tension)

Ci-dessous sont cités les variables utilisées :

Variable macroéconomique	Source	Description
Produit intérieur brut	Haut-commissariat au plan	Le produit intérieur brut (PIB) représente la somme des valeurs ajoutées générées par les différents agents économiques et des droits et taxes à l'importation.
Epargne nationale brute	Haut-commissariat au plan	L'épargne représente la partie du revenu disponible non dépensée en consommation finale. L'épargne nationale brute constitue un moyen de financement interne de l'accumulation nationale formée essentiellement de la FBCF et de la variation des stocks.
Taux d'inflation	Haut-commissariat au plan	Le taux d'inflation mesure le pourcentage de hausse/baisse des prix des biens et services sur une période donnée. Une hausse de l'inflation est souvent associée à une baisse du pouvoir d'achat.
Taux de change(EUR/MAD et USD/MAD)	La direction des études et prévisions financière(depf) Ministère de finance	l'évolution du cours du DIRHAM marocain par rapport aux autres devises DOLLAR et EURO
Prix du baril de pétrole(Brent)	Yahoo Finance	Cours du baril de pétrole(Brent : le baril de référence en Europe)
Taux de chômage	Haut-commissariat au plan	Le taux de chômage exprime la part des chômeurs dans la population active âgée de 15 ans et plus. Ce taux est obtenu par le rapport de l'effectif des chômeurs à celui des actifs âgés de 15 ans et plus.
Taux d'intérêt débiteur	Bank Al-Maghreb	Le taux d'intérêt débiteur est le pourcentage des frais bancaires qui va être appliqué au capital emprunté ou au montant de crédit souscrit.
Importations et exportations	Office des changes	Les importations et les exportations retracent l'ensemble des opérations portant sur des biens et services marchands effectuées avec le reste du monde par les unités résidentes.

TABLE 6.2 – Les variables macroéconomiques retenues

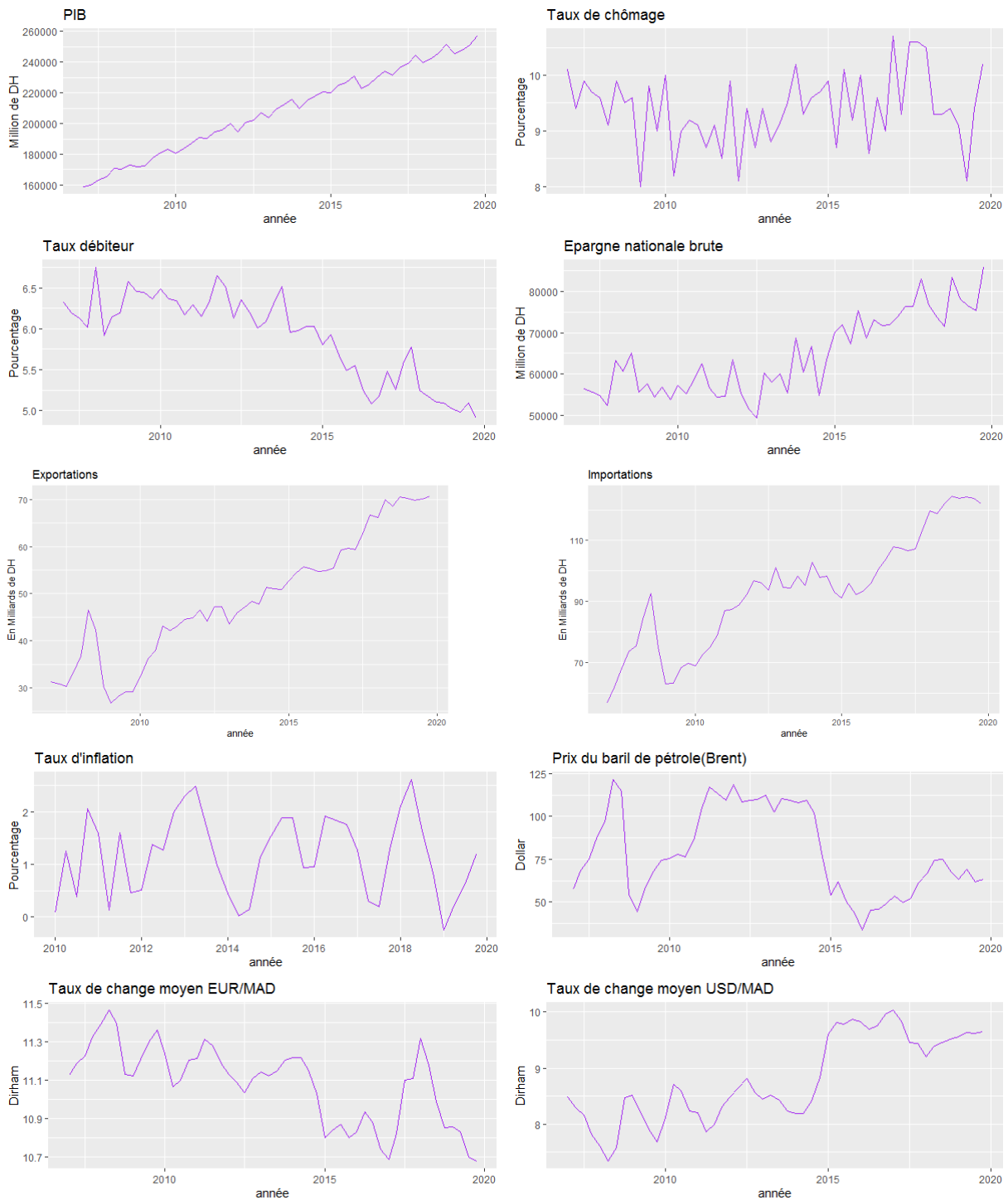


FIGURE 6.1 – les graphiques des variables macroéconomiques retenues

Chapitre 7

Application et résultats

7.1 Stationnarité des variables retenues :

Les variables macroéconomiques :

Comme nous l'avons déjà mentionné nous intéressons particulièrement aux variations relatives ou les différences premières des variables macroéconomique plutôt que leurs valeurs, en effet les résultats du test de Dickey-Fuller montrent que les séries des variables macroéconomique sont non stationnaires, en plus, comme le montre le graphique de leur évolution, ces variables présentent clairement des tendances ou bien des variances qui ne sont pas constantes, ce qui devrait nous amener à utiliser les variations relatives des variables qui sont souvent stationnaires, c'est ce que nous avons vérifié également à l'aide du test de Dickey-Fuller. On note que l'annexe B fournit plus de détails sur le test de Dickey-Fuller effectué.

Le taux de défaut bancaire :

Après un examen de stationnarité de la variable dépendante (logit du taux de défaut) des différents portefeuilles de la banque, on aboutit au résultat de la non stationnarité des différentes séries. En plus, les premières différences sont stationnaires selon le test de Dickey-Fuller, donc les variables sont de premier ordre intégrées.

Dans le reste du travail de modélisation, on se focalise sur un seul secteur d'activité (Commerce, réparation automobile et articles domestiques) pour appliquer la théorie citée dans la partie précédente. Les résultats des autres secteurs d'activité ont été synthétisés dans les annexes.

7.2 Modélisation du taux de défaut :

7.2.1 Estimation du modèle :

Dans notre cas, l'exercice du stress testing a été réalisé sur la base de la modélisation de séries de taux de défaut trimestriels (du T1 2014 au T4 2019).

Comme nous l'avons mentionné précédemment, au lieu de modéliser directement les taux de défaut, La variable dépendante est la première différence du logit du taux par défaut du secteur CRAAD. Les variables explicatives sont les variables macroéconomiques décrites précédemment (déjà stationnaires transformées).

Le lien entre les variables explicatives et la variable dépendante est estimé en utilisant un modèle de régression linéaire multiple.

On note que les modèles statistiques manquent relativement de fiabilité vu le nombre limité des données disponibles, On ne dispose que de 24 observations (On perd une après stationnarisation).

Les résultats de l'estimation après avoir exécuté la procédure stepwise sont les suivants :

Variable	Estimation	p-value	Description
PIB1	-2.03159	0.000213	Variation relative du PIB (Croissance économique)
Chomage1	0.37037	0.000252	Variation relative du taux de chômage

TABLE 7.1 – Estimation du modèle de régression

Une baisse du taux de variation du PIB reflète une situation de dépression, donc elle devrait faire accroitre le taux de défaut bancaire. Les résultats montrent que la variable PIB1 possède le bon signe négatif.

Si le taux de chômage augmente cela augmente les défauts donc la variation du taux de chômage est attendu avec un signe positif ce que les résultats de la régression confirment.

7.2.2 Validation du modèle :

Pour valider nos modèles, il faut s'assurer que les hypothèses de base de la régression linéaire multiple sont vérifiées, à savoir la normalité des résidus, non autocorrélation des résidus et l'homoscédasticité. Les tests utilisés sont :

- Le test de Jarque-Berra pour la normalité des résidus.
- Le test de Breusch-Godfrey pour l'autocorrélation des résidus.
- Le test de Breusch-Pagan pour l'homoscédasticité

Test	P-value
Jarque-Berra	0.613
Breusch-Godfrey	0.4271
Breusch-Pagan	0.613

TABLE 7.2 – les p-value des tests de validation du modèle

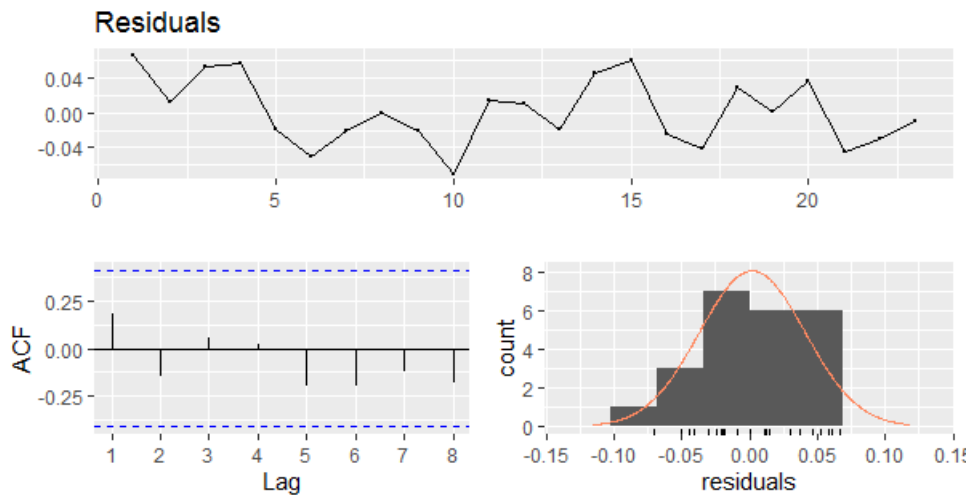


FIGURE 7.1 – Les résidus du modèle

L'examen graphique des résidus et les différents tests montrent que Les trois hypothèses de normalité, non autocorrélation des erreurs et homoscédasticité sont vérifiées. Donc le modèle est valide.

7.3 Modélisation des variables macroéconomiques :

Les paramètres du processus VAR ne peuvent être estimés que sur des séries chronologiques stationnaires. Ainsi, les variables retenus (les variations relatives) sont stationnaires.

7.3.1 Détermination du nombre de retards :

pour déterminer l'ordre p du modèle VAR nous avons utilisé les critères de Akaike et de Schwarz . La procédure de sélection de l'ordre de la représentation consiste à estimer tous les modèles VAR pour un ordre allant de 0 à h (h étant le retard maximum admissible par la théorie économique ou par les données disponibles.) Les fonctions $AIC(p)$ et $SC(p)$ sont calculées et le retard p qui minimise les critères AIC ou SC est retenu.

On fixe h à 10, en effet, le choix de l'ordre 3 comme ordre maximal est justifié principalement par la disponibilité des données :

On dispose de 51 observations, et que la modélisation VAR consomme beaucoup de degrés de liberté.

Un VAR(p) avec n variables nécessite l'estimation de :

- $(pn + 1)n$ coefficients.
- $\frac{n(n+1)}{2}$ éléments de la matrice symétrique de variances covariances des résidus.

Dans notre cas le calcul donne 42 ce qui est convenable, puisque on ne dispose que de 51 observations.

Retard	AIC(n)	HQ(n)	SC(n)
1	-13.99	-13.9	-13.74
2	-14.36	-14.21	-13.94
3	-14.47	-14.26	-13.89
4	-14.50	-14.22	-13.74
5	-14.45	-14.119	-13.53
6	-14.66	-14.27	-13.58
7	-14.95	-14.50	-13.70
8	-15.28	-14.76	-13.86
9	-15.20	-14.62	-13.61
10	-15.25	-14.62	-13.50

TABLE 7.3 – sélection de l'ordre de décalage

L'ordre du VAR estimé, celui qui minimise les statistiques AIC et SC , est 8. ce décalage correspond à l'ordre du var estimé optimal, soit VAR(8).

7.3.2 Estimation des paramètres :

Le modèle VAR(8) estimé est :

VAR Estimation Results:

=====

Estimated coefficients for equation PIB:

=====

Call:

PIB = PIB.l1 + chomage.l1 + PIB.l2 + chomage.l2 + PIB.l3 + chomage.l3 +
PIB.l4 + chomage.l4 + PIB.l5 + chomage.l5 + PIB.l6 + chomage.l6 + PIB.
l7 + chomage.l7 + PIB.l8 + chomage.l8 + const

PIB.l1	chomage.l1	PIB.l2	chomage.l2	PIB.l3
0.0846942064	0.0507813605	-0.4634540540	-0.0339502193	-0.0552658720
chomage.l3	PIB.l4	chomage.l4	PIB.l5	chomage.l5
0.0482304288	0.1475717010	0.0748668892	-0.0922908003	0.0009409555
PIB.l6	chomage.l6	PIB.l7	chomage.l7	PIB.l8
0.0210444124	-0.0207737755	0.2032453152	0.0246355616	0.3665041477
chomage.l8	const			
-0.0510663737	0.0060606664			

Estimated coefficients for equation chomage:

=====

Call:

chomage = PIB.l1 + chomage.l1 + PIB.l2 + chomage.l2 + PIB.l3 + chomage.
l3 + PIB.l4 + chomage.l4 + PIB.l5 + chomage.l5 + PIB.l6 + chomage.l6 +
PIB.l7 + chomage.l7 + PIB.l8 + chomage.l8 + const

PIB.l1	chomage.l1	PIB.l2	chomage.l2	PIB.l3	chomage.l3
2.08819204	-0.84397871	0.66538672	-0.23884255	-0.68277769	-0.22912683
PIB.l4	chomage.l4	PIB.l5	chomage.l5	PIB.l6	chomage.l6
-1.61388981	-0.18216783	-2.19381699	-0.26570959	-2.31683404	-0.65112905
PIB.l7	chomage.l7	PIB.l8	chomage.l8	const	
-1.51423461	-0.75936654	0.11532776	-0.24434380	0.07710246	

FIGURE 7.2 – Estimation du modèle VAR

7.3.3 Causalité entre les variables :

Il ressort du test de causalité au sens de Granger ce qui suit : La variation du taux de chômage est expliquée par la variation du PIB mais la variation taux de chômage n'explique pas celle du PIB. Il n'existe pas un « effet feedback » entre ces deux variables.

Les résultats sont fournis dans le tableau suivant :

Hypothèse H_0	P-value du test de Granger
variation du PIB cause variation du Taux de chômage	0.1026
variation du Taux de chômage cause variation PIB	0.002759

TABLE 7.4 – Test de causalité au sens de Granger

7.3.4 Estimation du modèle VAR contraint (RVAR = Restricted VAR) :

Après avoir effectué le test de causalité, on élimine du modèle à estimer les variables qui n'interviennent pas sur la variable à expliquer. en effet la variable chômage1 n'explique pas PIB1.

Le modèle VAR contraint estimé est :

VAR Estimation Results:
=====

Estimated coefficients for equation PIB:
=====

Call:

PIB = PIB.l1 + PIB.l2 + PIB.l3 + PIB.l4 + PIB.l5 + PIB.l6 + PIB.l7 + PIB.l8 + const

PIB.l1	PIB.l2	PIB.l3	PIB.l4	PIB.l5
-0.363642876	-0.262994876	-0.409403988	0.212150637	0.136485265
PIB.l6	PIB.l7	PIB.l8	const	
-0.009402047	0.086543310	0.465737516	0.009751024	

Estimated coefficients for equation chomage:
=====

Call:

chomage = PIB.l1 + chomage.l1 + PIB.l2 + chomage.l2 + PIB.l3 + chomage.l3 + PIB.l4 + chomage.l4 + PIB.l5 + chomage.l5 + PIB.l6 + chomage.l6 + PIB.l7 + chomage.l7 + PIB.l8 + chomage.l8 + const

PIB.l1	chomage.l1	PIB.l2	chomage.l2	PIB.l3
2.08819204	-0.84397871	0.66538672	-0.23884255	-0.68277769
chomage.l3	PIB.l4	chomage.l4	PIB.l5	chomage.l5
-0.22912683	-1.61388981	-0.18216783	-2.19381699	-0.26570959
PIB.l6	chomage.l6	PIB.l7	chomage.l7	PIB.l8
-2.31683404	-0.65112905	-1.51423461	-0.75936654	0.11532776
chomage.l8	const			
-0.24434380	0.07710246			

FIGURE 7.3 – Estimation du modèle VAR contraint (RVAR = Restricted VAR)

7.3.5 Tests de diagnostic :

- Test de Portmanteau pour tester l'autocorrélation dans les résidus du modèle
- Test d'ARCH LM pour tester l'homoscédasticité
- Test de Jarque Bera pour Tester la normalité

Il en ressort que le VAR estimé a passé avec succès les tests.

Test	p-value
Test de Portmanteau	0.0669
Test d'ARCH	0.8328
Test de JB	0.7779

TABLE 7.5 – Tests de diagnostic

7.4 Génération de scénarios liés à la crise économique :

Nous avons maintenant les ingrédients nécessaires pour mettre en œuvre l'exercice du stress testing. Nous nous intéressons aux variations du PIB (représente la croissance économique) pour les simulations de crise. L'exercice de macro stress test effectué analyse la résilience de la banque populaire face au choc induit par la crise du Covid-19. On pose certains hypothèses avant de mettre en place nos scénarios :

7.4.1 hypothèses et impacts :

Hypothèses :

- Tests disponibles à très grande échelle dès fin juin 2020.
- Pandémie contrôlée à l'automne 2020.
- Déconfinement progressif à partir de mai 2020 qui permet au système sanitaire de se remettre progressivement des surcharges régionales à partir de l'automne 2020
- Traitements efficaces contre le COVID-19 dès le printemps 2021.
- Diffusion mondiale du vaccin à la fin de l'année 2020.
- Relance économique à la fin de juin 2020.

Impacts :

- Détérioration plus importante du PIB aux deux premiers trimestres de l'année 2020.
- Hausse du nombre de chômeurs, notamment dans les secteurs les plus durement touchés (tourisme, hôtellerie, restauration, transports...), qui peinent à redémarrer.
- Rebond économique dès le troisième trimestre 2020

7.4.2 Les scénarios macroéconomiques

Scénario de référence :

on aura besoin des prévisions des variables macroéconomiques des deux années 2020 et 2021. mais on ne dispose que ses estimations pour le premier et le deuxième trimestres 2020 élaborées par HCP (Note de conjoncture-Janvier 2020 :). Pour les autres trimestres et pour le taux de chômage, on se base sur nos propres modèles VAR de prévision. Prévisions VAR

Scénario défavorable :

- Le scénario défavorable simule une baisse d'un écarts-type de la croissance économique (la variation du PIB) ce qui correspond à une baisse de 1,6% lors du premier trimestre de l'année 2020
- Chute d'environ 4 écarts types lors du deuxième trimestre de l'année 2020 (atteignant jusqu'à -6,5%).
- Rebond économique au troisième trimestre de l'année 2020 de 4%

Scénario de crise

Mêmes tendances que pour le scénario adverse mais plus prononcées. Le scénario de crise simule une vraie récession économique baisse de 2 écarts-types de la croissance économique ce qui correspond à une baisse de 3,2% lors du premier trimestre et une baisse de l'ordre de 6 écarts-type (choc très fort) lors du deuxième trimestre de l'année 2020.

Le tableau suivant résume les simulations retenues :

Trimestre	Scénario de référence	Scénario défavorable	Scénario de crise
T1-2020	3.3%	-1.6%	-3%
T2- 2020	2.1%	-6.5%	-10%
T3- 2020	-0.3%	4%	5.7%

TABLE 7.6 – les simulations retenues

7.4.3 Prévisions :

L'examen graphique des deux graphes ci-dessous montre la chute de la croissance économique avant de remonter à 6% durant la dernière trimestre de 2020 suite au relance économique, puis une dépression début 2021 atteignant jusqu'au -4% .Concernant,

l'évolution du PIB, On note une détérioration pour les deux années 2020 et 2021.

Période	Scénario de référence	Scénario défavorable	Scénario de crise
T1-2020	0,033	-0,01631714	-0,03263428
T2-2020	0,021	-0,06526856	-0,09790284
T3-2020	-0,00308098	0,04126013	0,05741867
T4-2020	0,00732957	0,03408407	0,04347108
T1-2021	-0,0010933	0,00237217	0,00460794
T2-2021	0,02321771	-0,02826519	-0,04731276
T3-2021	0,00882287	0,01377575	0,01539855
T4-2021	0,01559586	0,03418667	0,04078218

TABLE 7.7 – Evolution de la croissance économique

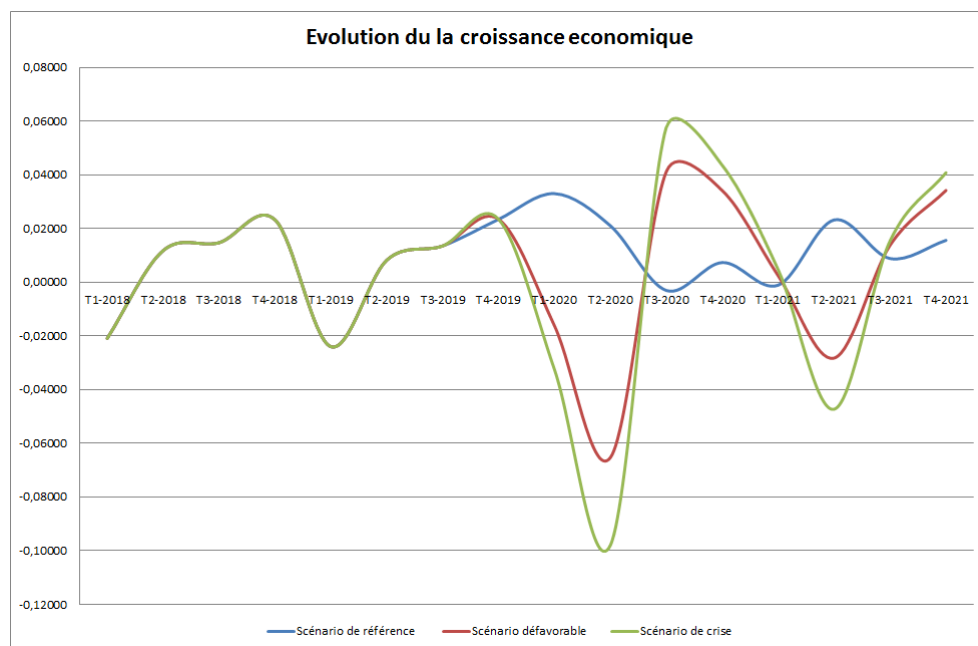


FIGURE 7.4 – Evolution de la croissance économique

Période	Scénario de référence	Scénario défavorable	Scénario de crise
T1-2020	265340,512	252672,714	248481,428
T2-2020	270912,663	236181,13	224154,391
T3-2020	270077,987	245925,993	237025,038
T4-2020	272057,542	254308,151	247328,772
T1-2021	271760,102	254911,412	248468,449
T2-2021	278069,75	247706,292	236712,721
T3-2021	280523,122	251118,631	240357,753
T4-2021	284898,122	259703,541	250160,066

TABLE 7.8 – Evolution du PIB

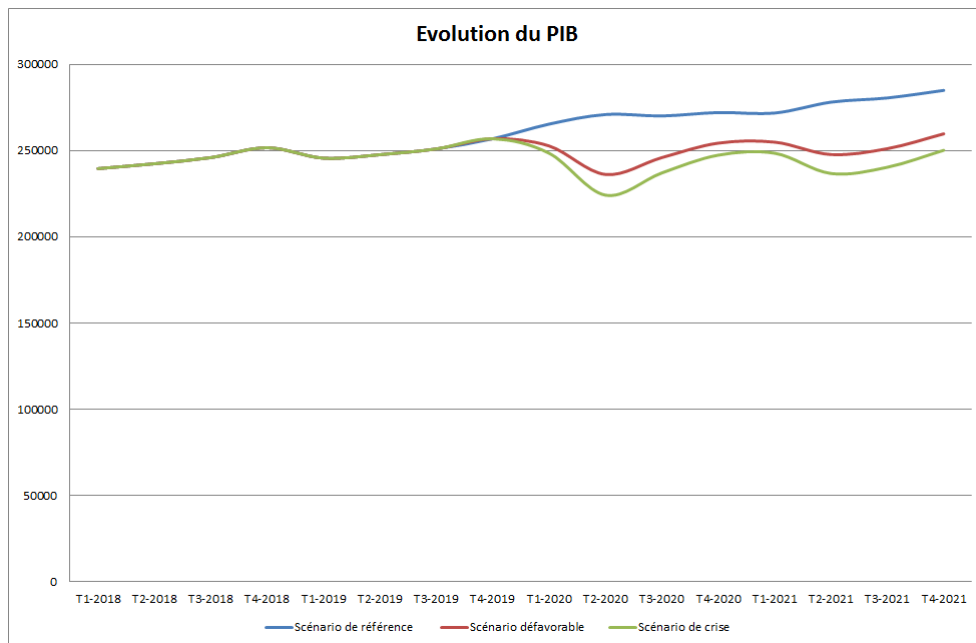


FIGURE 7.5 – Evolution du PIB

7.5 Impact de la crise économique sur le taux de défaut bancaire :

Période	Scénario de référence	Scénario défavorable	Scénario de crise
T1-2020	0,07314124	0,08023074	0,08271129
T2-2020	0,0715286	0,08898176	0,09627621
T3-2020	0,07301827	0,08012251	0,08276991
T4-2020	0,07165158	0,0800708	0,08334347
T1-2021	0,06858137	0,07906042	0,08297785
T2-2021	0,06186144	0,08277125	0,09173606
T3-2021	0,06034123	0,07896037	0,08677651
T4-2021	0,05828644	0,07744554	0,08562871

TABLE 7.9 – Evolution du taux de défaut

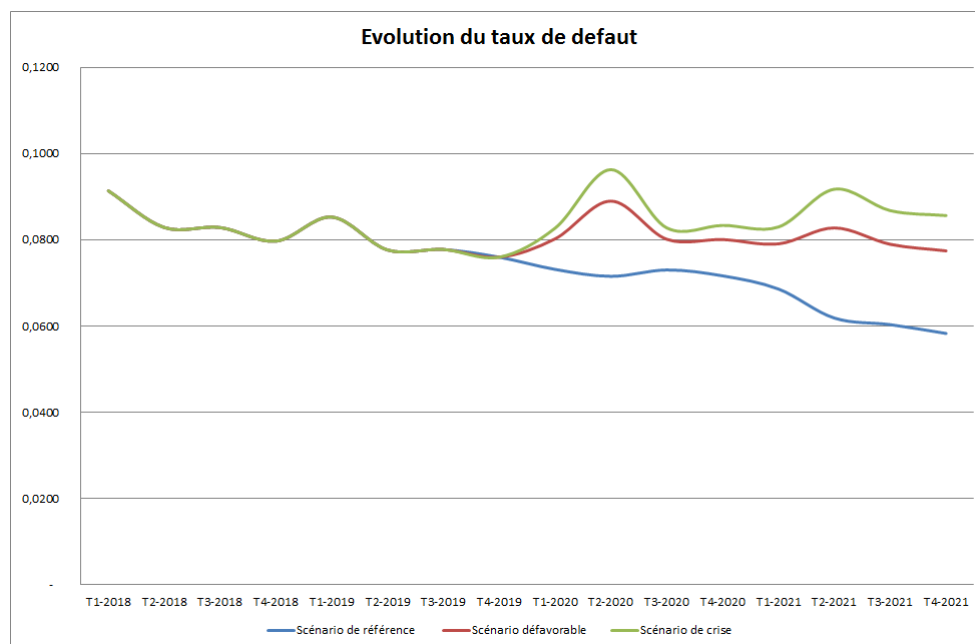


FIGURE 7.6 – Evolution du taux de défaut

La crise économique a conduit à une augmentation plus au moins importante du taux de défaut pour les deux années 2020 et 2021. L'examen graphique de l'évolution du taux de défaut pour les trois scénarios (référence, défavorable et crise) montre que le risque crédit passe de 7% (scénario central) à 10% (crise) durant le deuxième trimestre de l'année 2020, en plus, la crise est prolongée pour deux années. Ainsi, les notations de la Banque pourraient être dégradées et sa rentabilité pourrait en être sérieusement impactée.

Pour des raisons de confidentialité bancaire, on n'a pas pu accéder aux données nécessaires pour calculer les pertes et le ratio de solvabilité stressé. Ainsi, on n'a pas pu déterminer si la banque va résister à la crise économique.

Conclusion et perspectives

Actuellement, mettre en place des exercices de stress testing est devenu une nécessité, les différentes institutions financières sont obligées de mesurer l'impact des évolutions économiques probables sur les paramètres de défaut. Ce projet s'est attaché à simuler différents scénarios de crise notamment ceux liés à la pandémie du nouveau coronavirus (Covid-19).

Nous avons commencé par la modélisation du taux de défaut du secteur CRAAD, nous avons trouvé que cette variable est expliquée principalement par deux variables macroéconomiques : PIB et taux de chômage. Pour modéliser la dynamique des variables explicatives et l'interaction entre elles, nous avons adopté un modèle VAR , ce dernier nous a permis d'élaborer les prévisions macroéconomiques pour les différents scénarios (référence, défavorable et crise) .Enfin, vient la visualisation de l'évolution du taux de défaut pour les différentes simulations proposées.

Nos perspectives concernant ce projet s'élargit vers la mise en place d'autres scénarios plus sévères, notamment, le scénario basé sur l'hypothèse d'une deuxième vague pandémique début octobre 2020 et une troisième vague début année 2021, ainsi, situation économique mondiale catastrophique, une pandémie durable et absence d'horizon de sortie de crise. Une autre perspective s'avère intéressante, c'est l'automatisation du processus de la mise en place du stress testing via une application R-Shiny (Shiny est un package qui permet de créer des applications dynamiques pour le web depuis R.) permettant d'automatiser les résultats.

Cette expérience a été pour moi l'occasion d'appliquer les différentes connaissances reçues lors du cursus scolaire, et elle m'a permis également de découvrir le domaine du risk management, découvrir le monde professionnel, même si le stage a été affecté par la crise sanitaire, en plus, j'ai pu me débrouiller des difficultés qui m'ont été rencontrées lors de stage.

Bibliographie

Livres :

[1] Régis Bourbonnais et Michel Terraza, Analyse des séries temporelles.

[2] Régis Bourbonnais, Économétrie.

Mémoires et articles de recherche :

[3] Ruja, Catalin, Macro Stress-Testing Credit Risk in Romanian Banking System, 2014

[4] Samir Saissi Hassani, Modélisation du stress testing du risque crédit appliqué à un portefeuille de prêts aux particuliers, 2007

[5] Thomas C. Wilson, Portfolio Credit Risk, 1998

[6] Amel Ben Youssef, The Link between Default Risk and Macroeconomy in Tunisia : Cointegration Approach 2014

[7] Nassim Zouali, Stress testing bancaire du risque de défaut des clients Corporate de la BMCI, 2015 , INSEA

[8] Maria BEN ABDOULWAHID, La mise en place d'un programme de Stress Testing, 2019, INSEA

[9] Zineb AZZOUZI, Mise en place d'un dispositif Forward-Looking selon la norme IFRS 9 et calcul du capital économique, 2019, INSEA

[10] Chafiaà Ayhar, La modélisation VAR, 2018.

Textes réglementaires :

[11] BAM, Circulaire relative aux exigences en fonds propres portant sur les risques de crédit, de marché et opérationnels des établissements de crédit.

[12] BAM, DIRECTIVE DU GOUVERNEUR DE BANK AL-MAGHRIB Numéro 2/G/10 DU 03 MAI 2010 RELATIVE A LA PRATIQUE DES STRESS TESTS PAR

LES BANQUES.

Autres :

[13] ACTUELIA, La gestion des risques à l'heure du COVID-19, Webinaire 14 mai 2020.

Annexe A : L'organisme d'accueil

Présentation :

Le groupe Banque Centrale Populaire (BCCP) est un groupe financier mutualiste et universel qui tire sa force de la singularité de ses valeurs de solidarité et de mutualité marquées dans son organisation et son fonctionnement unique au Maroc.

En effet, le GBCP se compose de Banques populaires Régionales (BPR) à vocation coopérative, de la Banque Centrale Populaire – organe central de forme de société anonyme cotée en bourse-, de filiales spécialisées, de fondations et de banques et représentation à l'étranger. Les Banques populaires Régionales sont de forme coopérative. C'est cette dimension qui marque la singularité institutionnelle du groupe au sein du système bancaire marocain, notamment du fait des particularités suivantes :

- Le capital des BPR est détenu par leurs clients sociétaires et par la Banque Centrale Populaire.
- La collectivité des sociétaires est représentée par le conseil de surveillance chargé de suivi et du contrôle des activités de la BPR.

Cotée en bourse depuis le 8 Juillet 2004, la Banque Centrale Populaire (BCP) agit notamment en qualité de compensateur central du groupe, gère les excédents de trésorerie des Banques Populaires Régionales et assure le refinancement ainsi que la gestion des services d'intérêt commun pour le compte des organismes de la banque.

Histoire

Créée en 1961 en tant que société coopérative à capital variable, la banque devient en 1974 leader sur le marché des dépôts au Maroc avec 1 milliard de dirhams. En 1976, la

BCP ouvre une succursale à Bruxelles, et crée Maroc Assistance Internationale, l'homologue marocain d'Europ Assistance. En 1980, BCP compte 500 00 clients et 5 milliards de dirhams en dépôts. Dans le courant des années 1980, la banque ouvre des filiales en Centrafrique et en Guinée.

La Banque centrale populaire est devenue une société anonyme à conseil d'administration en 2000 La Banque centrale populaire est cotée à la Bourse de Casablanca depuis 2004. En 2014, la BCP signe un protocole d'accord avec la Société financière internationale pour investir 2,5 millions de dirhams dans le financement de petites et moyennes structures en Afrique subsaharienne.

Le groupe BPCE participe au capital de la Banque Centrale Populaire du Maroc (BCP) à hauteur de 5% depuis mai 2012.

En 2015, alors qu'elle détenait déjà des participations dans les Banques régionales populaires (qui font partie du Crédit populaire du Maroc), elle est devenue majoritaire, ses participations ayant été portées à 52%.

Sur l'exercice 2015, la banque annonce une augmentation de 14,4% de son résultat net, à savoir 2,5 milliards de dirhams, et compte 5,2 millions de clients. En juin 2017, la Banque centrale populaire du Maroc émet ses premiers Green Bond en Euro. Ce qui est une première dans le secteur bancaire du continent africain.

Métier :

- Services Financiers
- Services bancaires et d'investissements
- Services bancaires et d'investissements
- Banques commerciales

Banque Centrale Populaire est un établissement de crédit organisé autour de 3 pôles d'activités :

- activités bancaires

- centralisation des opérations des Banques Populaires Régionales (BPR). Le groupe agit notamment en qualité de compensateur central du groupe Banques Populaires, coordonne la politique financière des BPR, gère leurs liquidités, assure leur refinancement et gère les services d'intérêt commun pour le compte des organismes du groupe
- Activités pour le compte du Comité Directeur du Crédit Populaire du Maroc. A fin 2018, le groupe gère 283,3 MdsMAD d'encours de dépôts et 244,2 MdsMAD d'encours de crédits.

La commercialisation des produits et services est assurée au travers d'un réseau de 811 agences et 4 904 points de distribution implantés au Maroc.

Actionnariat :

Nom	Actions	%
Banque Populaire de Fès-Meknes	20 964 575	10,4%
Banque Populaire du Centre Sud	11 503 641	5,69%
Banque Populaire de Rabat-Kénitra	11 491 711	5,68%
Banque Populaire de Nador-Al Hoceima	11 357 553	5,62%
Banque Populaire de Tanger-Tétouan	11 281 328	5,58%
Banque Populaire d'Oujda	11 231 400	5,55%
Banque Populaire de Marrakech-Béni Mellal	11 103 915	5,49%
Caisse de Dépôt et de Gestion SA	11 092 510	5,48%
Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraites	10 904 158	5,39%
Mutuelle Centrale Marocaine d'Assurances	9 198 589	4,55%

TABLE 7.10 – Actionnaires de la BCP

Organisation

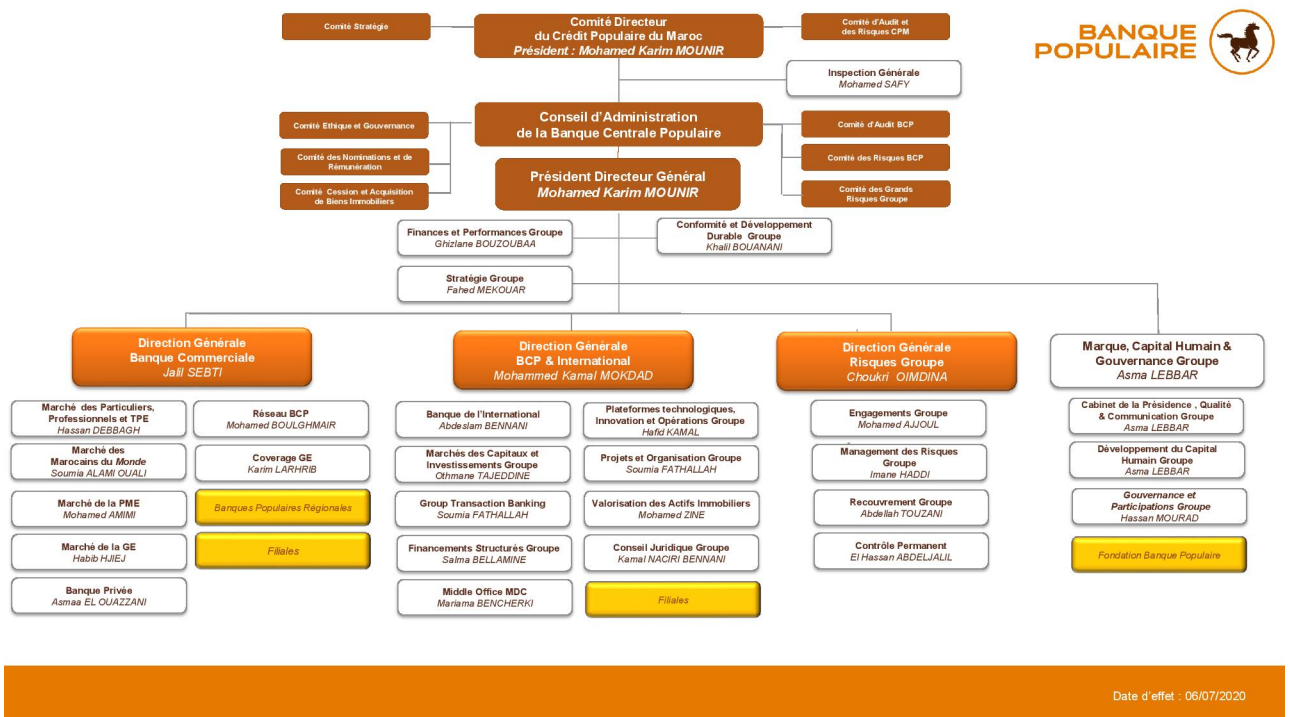


FIGURE 7.7 – Organisation de la BCP

Annexe B : Test de Dickey-Fuller simple

Les modèles de base

Les modèles servant de base à la construction de ces tests sont au nombre de trois :

1. $(1 - \phi_1)x_t = a_t$ Modèle autorégressif d'ordre 1 : AR(1).
2. $(1 - \phi_1)(x_t - \mu) = a_t$ Modèle AR(1) avec constante, où $E[x_t] = \mu$
3. $(1 - \phi_1)(x_t - \mu - \beta t) = a_t$ Modèle AR(1) avec tendance

$$a_t \rightarrow i.i.d.(0, \sigma_a^2)$$

Le principe des tests est le suivant : si dans l'un de ces trois modèles $\phi_1 = 1$, alors le polynôme d'opérateur du processus contient une racine unitaire (« Unit Root ») $B = 1$. Le processus, d'après le théorème de Doob, est alors non stationnaire. Le choix de la spécification dépend des données traitées.

Principe des tests de Dickey-Fuller

Sous l'hypothèse H_0 , le processus x_t n'est pas stationnaire quel que soit le modèle retenu. Les règles habituelles de l'inférence statistique ne peuvent alors pas être appliquées pour tester cette hypothèse, en particulier la distribution de Student du paramètre ϕ_1 . Dickey et Fuller ont étudié la distribution asymptotique de l'estimateur ϕ_1 sous l'hypothèse H_0 . À l'aide de simulations de Monte-Carlo ils ont tabulé les valeurs critiques pour des échantillons de tailles différentes. En 1976, Fuller considère le modèle (1)

$$(1 - \phi_1)x_t = a_t$$

avec $x_0 = 0$ et $a_t \rightarrow i.i.d.(0, \sigma_a^2)$.

Il note $\hat{\phi}_1$ l'estimateur du maximum de vraisemblance de ϕ_1 .

On peut vérifier que : $\hat{\phi}_1 - \phi_1 = \frac{\sum_{t=2}^n x_{t-1} a_t}{\sum_{t=2}^n (x_{t-1})^2}$

Ils construisent alors des « t statistiques » analogues à celles de Student du modèle linéaire général. Le déroulement des tests est alors le suivant :

— estimation par les moindres carrés ordinaires du paramètre $\rho = \phi_1 - 1$ des trois modèles.

— l'estimateur par les moindres carrés ordinaires fournit $t_{\hat{\rho}}$ avec par exemple $t_{\hat{\rho}} = \frac{\hat{\rho}}{\hat{\sigma}_{\hat{\rho}}}$

Si $t_{\hat{\rho}} = t_{table}$, alors on accepte l'hypothèse H_0 , il existe une racine unité. Le test se déroule de manière identique pour les modèles de type [2] et [3].

Les tests d'hypothèses jointes

$H_0 : \phi_1 = 1$

modèle 2 :

$x_t = \phi_1 x_{t-1} + c + a_t$ où $c = \mu(1 - \phi_1)$

$H_0^1 : (c, \phi_1) = (0, 1)$ contre l'hypothèse H_1^1

modèle 3 :

$x_t = \phi_1 x_{t-1} + c + bt + a_t$

$b = \beta(1 - \phi_1)$

$c = \alpha(1 - \phi_1) + \phi_1 \beta$

Après le test de racine unitaire, on effectue pour ce modèle les tests des deux hypothèses jointes suivantes :

$H_0^2 : (c, b, \phi_1) = (0, 0, 1)$ contre l'hypothèse H_1^2

$H_0^3 : (c, b, \phi_1) = (c, 0, 1)$ contre l'hypothèse H_1^2

Dickey et Fuller et à leur suite d'autres auteurs, ont élaboré des stratégies de tests. Celles-ci sont nombreuses mais ont été néanmoins synthétisées et présentées de façon exhaustive par Ertur (1992). Nous proposons la stratégie suivante, cité dans le livre "Analyse des séries temporelles" de Régis Bourbonnais et Michel Terraza pour effectuer notre test de stationnarité :

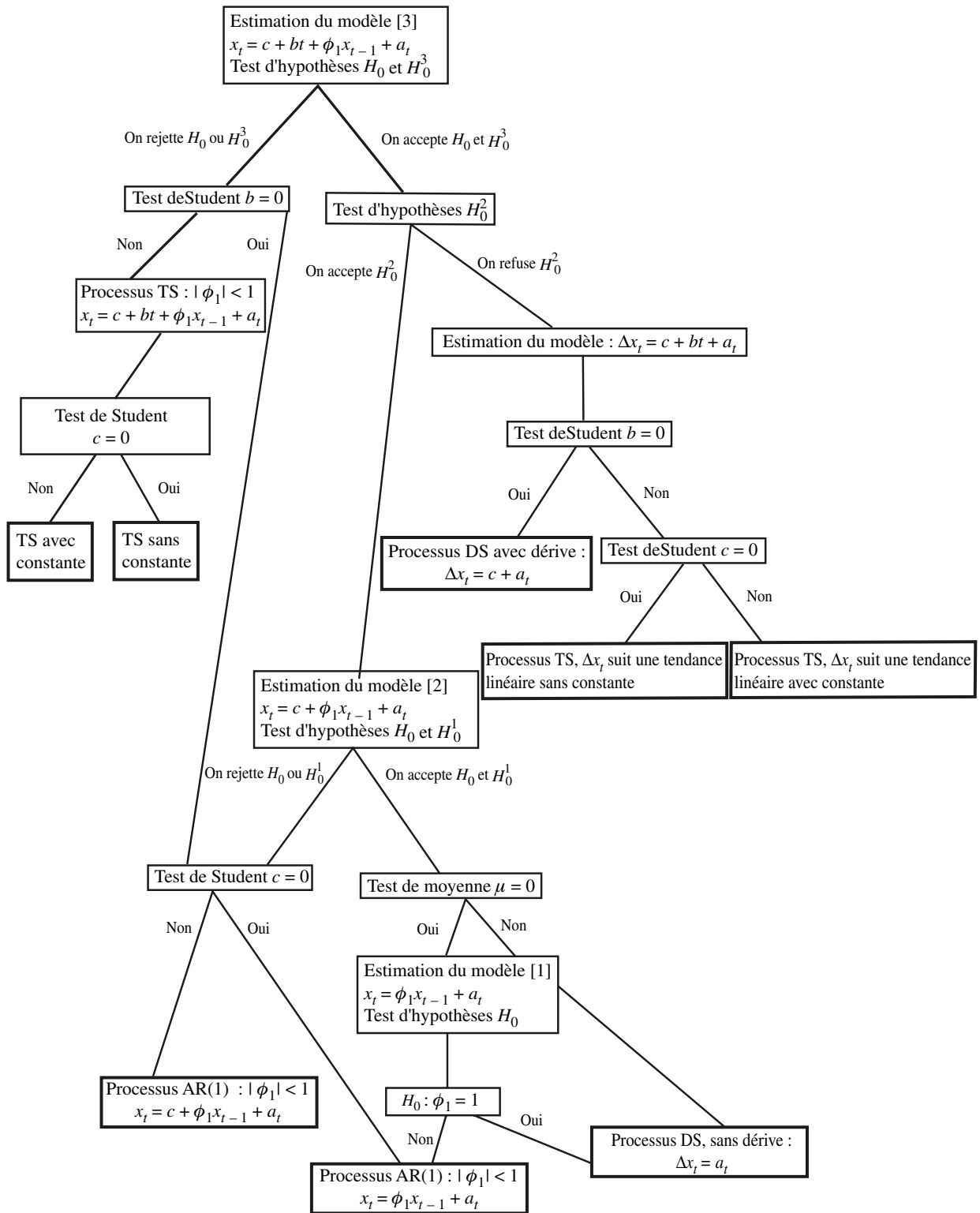


Figure 5.6 – Exemple d’une stratégie des tests de Dickey-Fuller simples

Application du test

On demande d'appliquer la stratégie du test de DF à la variable Exportation :

Estimation du modèle 3 (type='trend') :

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + c + bt + a_t$$

Les hypothèses sont les suivantes :

- tau : $H_0 : \phi_1 = 1$
- phi2 : $H_0^2 : (c, b, \phi_1) = (0, 0, 1)$
- phi3 : $H_0^3 : (c, b, \phi_1) = (c, 0, 1)$

```
> df=ur.df(EXP,type="trend",lags=0)
> summary(df)

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-9.8930 -1.2441 -0.2079  1.2585 10.8568

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  8.06952    2.78321   2.899  0.00562 **
z.lag.1     -0.28001    0.09868  -2.838  0.00664 **
tt           0.24019    0.08540   2.813  0.00710 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.83 on 48 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1458,    Adjusted R-squared:  0.1103
F-statistic: 4.098 on 2 and 48 DF,  p-value: 0.02275

value of test-statistic is: -2.8376 4.0059 4.0979

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau3 -4.04 -3.45 -3.15
phi2  6.50  4.88  4.16
phi3  8.73  6.49  5.47
```

FIGURE 7.8 – Estimation du modèle 3

Les statistiques de test sont -2.8376 4.0059 4.0979

Test d'hypothèse jointe H_0^3 :

4.0979 est inférieure à la valeur lue dans la table à 5% ($phi3 = 6,49$), on accepte donc H_0^3 .

-2.8376 est supérieure à la valeur lue dans la table à 5% ($\tau = -3,45,49$), on accepte donc H_0 .

Nous nous situons donc sur la partie droite de la stratégie de test, la partie suivante est le test d'hypothèse jointe H_0^2

Test d'hypothèse jointe H_0^2 :

4.0059 est inférieure à la valeur lue dans la table à 5% ($\phi_2 = 4,88$), on accepte donc H_0^2 .

Estimation du modèle 2 (type='drift') :

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + c + a_t \text{ où } c = \mu(1 - \phi_1)$$

Les hypothèses sont les suivantes :

- tau : $H_0 : \phi_1 = 1$
- phil : $H_0^1 : (c, \phi_1) = (0, 1)$

```
> df=ur.df(EXP,type="drift",lags=0)
> summary(df)

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression drift

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-12.8471  -0.9916  -0.0845   1.5110   8.8730

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.57828    1.66156    0.95   0.347
z.lag.1     -0.01662    0.03323   -0.50   0.619

Residual standard error: 3.023 on 49 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.005079, Adjusted R-squared:  -0.01523
F-statistic: 0.2501 on 1 and 49 DF,  p-value: 0.6192

value of test-statistic is: -0.5001 1.7999

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau2 -3.51 -2.89 -2.58
phi1  6.70  4.71  3.86
```

FIGURE 7.9 – Estimation du modèle 2

Les statistiques de test sont -0.5001 1.7999

Test d'hypothèse jointe H_0^2 :

1.7999 est inférieure à la valeur lue dans la table à 5% ($\phi_{11} = 4.71$), on accepte donc H_0^2 .

-0.5001 est supérieure à la valeur lue dans la table à 5% ($\tau = -2.89$), on accepte donc H_0 .

Nous nous situons donc sur la partie droite de l'estimation du modèle (2), la partie suivante est l'estimation du modèle (1)

Estimation du modèle 1 (type='none') :

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + a_t$$

L'hypothèse est la suivante :

— tau : $H_0 : \phi_1 = 1$

```
> df=ur.df(EXP,type="none",lags=0)
> summary(df)

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression none

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 - 1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-12.5581  -1.0700  -0.1844   1.5306   9.3301

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
z.lag.1  0.013903    0.008457   1.644   0.106

Residual standard error: 3.02 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.05128, Adjusted R-squared:  0.03231
F-statistic: 2.703 on 1 and 50 DF, p-value: 0.1064

value of test-statistic is: 1.644

critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau1 -2.6 -1.95 -1.61
```

FIGURE 7.10 – Estimation du modèle 1

La statistique du test est 1.644

1.644 est supérieure à la valeur lue dans la table à 5% ($\tau = -1.95$), on accepte donc H_0 .

Nous nous situons donc sur la partie droite de l'estimation du modèle (1), la variable est donc un processus non stationnaire DS.

Automatisation :

Vu le nombre énorme de variables à tester et aussi les nombreuses étapes de la stratégie. On décide de l'automatiser à l'aide de R, la fonction que nous avons utilisé est la suivante :

```

model1=function(var,p)
{
  df=ur.df(var,type="none",lags=p)
  if (df@teststat[1]>df@cval[1,2] )
  {
    return("processus non stationnaire DS")
  }
  else
  {return("processus stationnaire")}
}

model2=function(var,p)
{
  df=ur.df(var,type="drift",lags=p)
  if (df@teststat[1]>df@cval[1,2] & df@teststat[2]<df@cval[2,2] )
  {
    if (t.test(var)$p.value > 0.05)
      return(model1(var,p))
    else
      return("processus non stationnaire DS")
  }
  else
  {
    return("processus stationnaire ")
  }
}

Stationnarity_Test=function(var,p)
{
  df=ur.df(var,type="trend",lags=p)
  if (df@teststat[1]>df@cval[1,2] & df@teststat[3]<df@cval[3,2] )
  {
    if(df@teststat[2]<df@cval[2,2] )
    {
      return(model2(var,p))
    }
    else
      return("processus non stationnaire ")
  }
  else
  {
    if(df@testreg$coefficients[3,4]<0.05)
    {
      return("processus non stationnaire ")
    }
    else
      return("processus stationnaire ")
  }
}

```

FIGURE 7.11 – Automatisation du test de Dickey Fuller

Résultats

Voilà un échantillon des résultats de test de Dickey-Fuller :

les variables importations, exportations et prix du pétrole.

```
> Stationnarity_Test(EXP,0)
[1] "processus non stationnaire DS"
> Stationnarity_Test(IMP,0)
[1] "processus non stationnaire DS"
> Stationnarity_Test(petrole,0)
[1] "processus non stationnaire DS"
```

FIGURE 7.12 – les résultats du tests de Dickey Fuller pour les variables importations, exportations et le prix du pétrole.

les variations relatives des variables importations, exportations et prix du pétrole.

```
> Stationnarity_Test(EXP1,0)
[1] "processus stationnaire "
> Stationnarity_Test(IMP1,0)
[1] "processus stationnaire "
> Stationnarity_Test(petrole1,0)
[1] "processus stationnaire "
```

FIGURE 7.13 – les résultats du test de Dickey Fuller pour les variations relatives des variables importations, exportations et le prix du pétrole.

Annexe C : les modèles économétriques pour les autres secteurs d'activité

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PIB1      -2.937282   0.581365  -5.052 6.09e-05 ***
debiteur1  0.823350   0.289637   2.843  0.0101 *
inflation1 0.009475   0.005108   1.855  0.0784 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05002 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6374,    Adjusted R-squared:  0.583
F-statistic: 11.72 on 3 and 20 DF,  p-value: 0.0001191

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.67591, df = 1, p-value = 0.411

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 15.254, df = 2, p-value = 0.0004872

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 1.4465, df = 2, p-value = 0.4852
```

FIGURE 7.14 – Autres sections

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1      -1.273505   0.403159  -3.159 0.005733 **
Imp1       1.216925   0.480314   2.534 0.021420 *
EUR1       5.244502   1.241015   4.226 0.000569 ***
debiteur1  1.092133   0.361820   3.018 0.007744 **
petrole1  -0.478823   0.110949  -4.316 0.000469 ***
inflation1 0.009832   0.006159   1.596 0.128822
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.06053 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7466,    Adjusted R-squared:  0.6572
F-statistic: 8.348 on 6 and 17 DF,  p-value: 0.0002554

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 2.3983, df = 1, p-value = 0.1215

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 0.24623, df = 2, p-value = 0.8842

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 7.776, df = 5, p-value = 0.169

```

FIGURE 7.15 – Agriculture, chasse et sylviculture

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
EUR1    -12.6025     6.5686  -1.919  0.0702 .
USD1     -6.6235     2.8497  -2.324  0.0314 *
PIB1     -4.0428     2.8411  -1.423  0.1710
Epargne1  0.8526     0.6050   1.409  0.1749
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2165 on 19 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2694,    Adjusted R-squared:  0.1155
F-statistic: 1.751 on 4 and 19 DF,  p-value: 0.1805

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.63633, df = 1, p-value = 0.425

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 0.73532, df = 2, p-value = 0.6924

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 0.93559, df = 3, p-value = 0.8168
```

FIGURE 7.16 – Activités financières

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
debiteur1  0.7879     0.4794   1.644  0.1152
petrole1  -0.2826     0.1163  -2.430  0.0241 *
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08276 on 21 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2759,    Adjusted R-squared:  0.207
F-statistic: 4.001 on 2 and 21 DF,  p-value: 0.0337

> #validation
> bgtest(modl2)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  modl2
LM test = 0.45051, df = 1, p-value = 0.5021

> jarque.bera.test(modl2$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  modl2$residuals
X-squared = 0.69744, df = 2, p-value = 0.7056

> bptest(modl2)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  modl2
BP = 6.4691, df = 1, p-value = 0.01098

```

FIGURE 7.17 – Bâtiment et travaux publics

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PIB1      -1.4529    0.6962  -2.087  0.0506 .
debiteur1  0.9485    0.3773   2.514  0.0211 *
chomage1  -0.2477    0.1459  -1.698  0.1059
petrole1  -0.1250    0.0937  -1.334  0.1980
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.06056 on 19 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3778,    Adjusted R-squared:  0.2468
F-statistic: 2.884 on 4 and 19 DF,  p-value: 0.05059

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.56998, df = 1, p-value = 0.4503

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 1.6212, df = 2, p-value = 0.4446

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 4.3041, df = 3, p-value = 0.2304

```

FIGURE 7.18 – Hôtels et restaurants

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1          2.26948    1.19565   1.898 0.07221 .
PIB1         -11.96739    2.17662  -5.498 2.21e-05 ***
inflation1    0.04879    0.01597   3.056 0.00623 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1568 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.635,    Adjusted R-squared:  0.5802
F-statistic: 11.6 on 3 and 20 DF,  p-value: 0.000127

> #validation
> bgtest(modl2)

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data: modl2
LM test = 0.46385, df = 1, p-value = 0.4958

> jarque.bera.test(modl2$residuals)

Jarque Bera Test

data: modl2$residuals
X-squared = 0.33582, df = 2, p-value = 0.8454

> bptest(modl2)

studentized Breusch-Pagan test

data: modl2
BP = 8.3169, df = 2, p-value = 0.01563

```

FIGURE 7.19 – Industrie chimique et para chimique

```

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1          2.248079   0.611259   3.678 0.001866 **
Imp1         -2.328100   0.701064  -3.321 0.004044 **
EUR1         -5.732181   1.842211  -3.112 0.006345 **
petrole1      0.221271   0.160874   1.375 0.186854
Epargne1     -0.522895   0.231141  -2.262 0.037073 *
inflation1   -0.039114   0.009091  -4.303 0.000482 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08862 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7548,    Adjusted R-squared:  0.6683
F-statistic: 8.723 on 6 and 17 DF,  p-value: 0.0001966

> #validation
> bgtest(mod12)

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data: mod12
LM test = 0.048774, df = 1, p-value = 0.8252

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

Jarque Bera Test

data: mod12$residuals
X-squared = 0.20534, df = 2, p-value = 0.9024

> bptest(mod12)

studentized Breusch-Pagan test

data: mod12
BP = 10.004, df = 5, p-value = 0.07513

```

FIGURE 7.20 – Industrie textile, de l'habillement et du cuir

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1      1.36664    0.93635   1.460  0.1638
Imp1     -1.60833    0.81238  -1.980  0.0652 .
PIB1     -4.21482    1.82345  -2.311  0.0345 *
debiteur1  1.06201    0.74048   1.434  0.1708
chomage1  -0.72768    0.27425  -2.653  0.0174 *
Epargne1  -0.67068    0.33430  -2.006  0.0620 .
inflation1 0.02354    0.01242   1.895  0.0763 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1183 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5758,    Adjusted R-squared:  0.3903
F-statistic: 3.103 on 7 and 16 DF,  p-value: 0.02875

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 1.8171, df = 1, p-value = 0.1777

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 3.6455, df = 2, p-value = 0.1616

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 7.0416, df = 6, p-value = 0.317

```

FIGURE 7.21 – Industries alimentaires

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1      1.43724   1.01454   1.417  0.17278
PIB1     -5.98639   1.90646  -3.140  0.00539 **
chomage1  0.38467   0.28762   1.337  0.19687
inflation1 0.02437   0.01382   1.763  0.09390 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1326 on 19 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4671,    Adjusted R-squared:  0.355
F-statistic: 4.164 on 4 and 19 DF,  p-value: 0.01375

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.068718, df = 1, p-value = 0.7932

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 0.8433, df = 2, p-value = 0.656

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 8.5436, df = 3, p-value = 0.03602

```

FIGURE 7.22 – Industries diverses

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1      1.7302    1.2705   1.362  0.1901
EUR1      8.6244    3.7637   2.291  0.0342 *
debiteur1 2.4201    1.0786   2.244  0.0377 *
petrole1  -0.6461    0.2808  -2.300  0.0336 *
Epargne1  0.6965    0.4689   1.485  0.1547
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1819 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4745,    Adjusted R-squared:  0.3286
F-statistic: 3.251 on 5 and 18 DF,  p-value: 0.02892

> #validation
> bgtest(modl2)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  modl2
LM test = 2.8423, df = 1, p-value = 0.09181

> jarque.bera.test(modl2$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  modl2$residuals
X-squared = 1.4352, df = 2, p-value = 0.4879

> bptest(modl2)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  modl2
BP = 1.7565, df = 4, p-value = 0.7804

```

FIGURE 7.23 – Industries extractives

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1      3.0160    0.9469   3.185 0.00542 **
Imp1     -1.7422    0.8498  -2.050 0.05609 .
EUR1     -4.9941    2.4224  -2.062 0.05488 .
PIB1     -5.2603    1.8803  -2.798 0.01237 *
chomage1 -0.5524    0.2670  -2.069 0.05408 .
Epargne1 -0.7794    0.3470  -2.246 0.03825 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1229 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6088,    Adjusted R-squared:  0.4708
F-statistic:  4.41 on 6 and 17 DF,  p-value: 0.007248

> #validation
> bgtest(mod12)

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.41693, df = 1, p-value = 0.5185

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 5.8188, df = 2, p-value = 0.05451

> bptest(mod12)

studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 9.5487, df = 5, p-value = 0.08908

```

FIGURE 7.24 – Industries métallurgiques, mécaniques, électriques et électroniques (IM-MEE)

```

      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Exp1      -3.98976    2.47764  -1.610  0.1282
Imp1       3.08598    2.53639   1.217  0.2425
EUR1      14.06969    6.84798   2.055  0.0578 .
PIB1       9.55917    5.08022   1.882  0.0794 .
chomage1   -1.70257    0.74491  -2.286  0.0372 *
petrole1   -0.79504    0.62383  -1.274  0.2219
Epargne1   -1.51765    0.91309  -1.662  0.1172
inflation1  0.06099    0.03403   1.792  0.0933 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3204 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5728,    Adjusted R-squared:  0.345
F-statistic: 2.514 on 8 and 15 DF,  p-value: 0.05892

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 1.2967, df = 1, p-value = 0.2548

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 0.97878, df = 2, p-value = 0.613

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 2.4524, df = 7, p-value = 0.9306

```

FIGURE 7.25 – Pêche, aquaculture

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
chomage1  0.427798  0.159352  2.685  0.0142 *
petrole1 -0.217927  0.107435 -2.028  0.0560 .
inflation1 0.012324  0.007077  1.741  0.0970 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0715 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5345,    Adjusted R-squared:  0.4647
F-statistic: 7.656 on 3 and 20 DF,  p-value: 0.001341

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.074945, df = 1, p-value = 0.7843

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 14.953, df = 2, p-value = 0.0005664

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 2.8505, df = 2, p-value = 0.2405

```

FIGURE 7.26 – Promotion immobilière

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Imp1  1.0489    0.5686   1.845 0.079931 .
USD1  1.5338    0.7121   2.154 0.043629 *
PIB1 -4.3209    0.9672  -4.467 0.000236 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08463 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5313,    Adjusted R-squared:  0.461
F-statistic: 7.558 on 3 and 20 DF,  p-value: 0.001432

> #validation
> bgtest(mod12)

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data: mod12
LM test = 1.051, df = 1, p-value = 0.3053

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

Jarque Bera Test

data: mod12$residuals
X-squared = 9.8346, df = 2, p-value = 0.007319

> bptest(mod12)

studentized Breusch-Pagan test

data: mod12
BP = 1.1142, df = 2, p-value = 0.5729
```

FIGURE 7.27 – Transports et communications

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Imp1      -4.3009     1.9064  -2.256  0.0349 *
petrole1   0.6211     0.4101   1.514  0.1448
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2456 on 21 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1986,    Adjusted R-squared:  0.1223
F-statistic: 2.603 on 2 and 21 DF,  p-value: 0.09777

> #validation
> bgtest(mod12)

      Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  mod12
LM test = 0.33956, df = 1, p-value = 0.5601

> jarque.bera.test(mod12$residuals)

      Jarque Bera Test

data:  mod12$residuals
X-squared = 3.2693, df = 2, p-value = 0.195

> bptest(mod12)

      studentized Breusch-Pagan test

data:  mod12
BP = 2.0522, df = 1, p-value = 0.152

```

FIGURE 7.28 – Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau