

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



SOCIÉTÉ
GÉNÉRALE

Département : Génie Industriel

Entreprise : Société Générale

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Industriel

Option Data Science et Intelligence Artificielle

Développement d'un outil de stress-test de la liquidité Bancaire basé sur des modèle classique et modèles d'intelligence artificielle

Réalisé par :

Mme. BENOSMANE Aya (Data Science & Intelligence artificielle)

Sous la direction de :

M. FOURAR Hakim LAIDI (ENP)

M.AIT OUARABI Chemes-Eddine (SGA)

Présenté et soutenu publiquement le 08 juillet 2024

Composition du jury :

Président	M. Oussama ARKI	Grade MCA	ENP
Examineur	M. Ali BOUKABOUS	Grade MAA	ENP
Promoteur	M. FOURAR Hakim LAIDI	Grade MCB	ENP

ENP : 2024

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

Ecole Nationale Polytechnique



SOCIÉTÉ
GÉNÉRALE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département : Génie Industriel

Entreprise : Société Générale

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Industriel

Option Data Science et Intelligence Artificielle

Développement d'un outil de stress-test de la liquidité Bancaire basé sur des modèle classique et modèles d'intelligence artificielle

Réalisé par :

Mme. BENOSMANE Aya (Data Science & Intelligence artificielle)

Sous la direction de :

M. FOURAR Hakim LAIDI (ENP)

M.AIT OUARABI Chemes-Eddine (SGA)

Présenté et soutenu publiquement le 08 juillet 2024

Composition du jury :

Président	M .Oussama ARKI	Grade MCA	ENP
Examineur	M. Ali BOUKABOUS	Grade MAA	ENP
Promoteur	M. FOURAR Hakim LAIDI	Grade MCB	ENP

ENP : 2024

Dédicace

Je dédie ce travail humblement

À la personne la plus chère à mon cœur, à celle qui a tout donné pour ma réussite, qui a consacré sa vie à l'éducation et à l'épanouissement de ses enfants. Aucun effort, aucun remerciement ne saurait exprimer toute la reconnaissance que j'ai pour ma chère
MAMAN.

A celui qui s'est donné cœur et âme pour que je ne puisse manquer de rien, qui a toujours été là pour moi et m'a toujours soutenu à ce brave héros que j'admire beaucoup, occupant une place précieuse dans mon cœur, Tu as sacrifié tant de choses pour mon bien-être, et pour cela, je te suis infiniment reconnaissant, mon cher **PAPA**, mon trésor. .

À mes sœurs **Oumaima** et **Salsabile** et mon frère **Zemzem, Abdou, Ismail et Mohamed**, qui ont été mes premiers amis et mes compagnons de toujours. Je vous suis profondément reconnaissant pour tous les moments partagés, les rires, et les encouragements constants. Vous êtes une source inépuisable de force et de motivation pour moi.

À mes magnifiques Amies, **Narimane, Bouchra, Zina, Nesrine, Nour** pour tous les fou-rires et moments inoubliables. Je vous aime !

Je dédie ce travail également à toi, qui as été une présence constante et inestimable tout au long de ce parcours. Ton soutien indéfectible, ta patience et tes encouragements m'ont souvent aidé à surmonter les moments de doute. Tu as été une source d'inspiration et de motivation, et je te suis profondément reconnaissant pour cela. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir accompagné dans cette aventure. Ton amitié est une richesse que je chéris énormément.

AYA.

Remerciement

En tout premier lieu, je rends grâce au bon Dieu pour sa bienveillance et sa toute-puissance, m'ayant accordé la force et le courage nécessaires pour surmonter toutes les difficultés rencontrées lors de la réalisation de ce travail.

Ce mémoire représente le fruit et l'aboutissement de mes études à l'École Nationale Polytechnique. À cet égard, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tout le corps professoral de l'ENP pour avoir assuré le bon déroulement de notre formation de qualité.

Je remercie chaleureusement l'ensemble des enseignants du département Génie Industriel qui m'ont accompagné tout au long de ma formation.

Je remercie particulièrement **M. Hakim FOURAR LAIDI**, mon promoteur, pour son encadrement précieux et ses conseils avisés.

Mes remerciements vont également à toute l'équipe ALM, particulièrement à **M. Chemes Eddine AIT OUARABI**, pour son soutien et son encadrement constants qui ont été une source inestimable d'information et de soutien tout au long de ce projet, ainsi qu'à **M. Ossama et Mme Hanane MEDJBER** pour leur encouragement et leur motivation.

Je suis reconnaissant envers **M. Ouail GUEROUI** pour son accueil chaleureux et son intégration bienveillante dès le début de mon parcours.

J'exprime ma sincère reconnaissance envers l'ensemble du personnel de la SGA, notamment ceux de la direction financière, pour m'avoir permis de travailler dans un environnement agréable.

Enfin, je souhaite remercier par avance les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.

Je termine en adressant mes plus sincères remerciements à ma famille : mes parents, mes sœurs et mes frères, tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Un grand merci.

الملخص

في سياق منظر مالي معقد ومتقلب، تُعد إدارة المخاطر أمراً حاسماً لاستقرار المؤسسات المالية. في الجزائر، تواجه شركة سوسيتيه جنرال الجزائر تحديات عدة بسبب تقلبات أسعار النفط وعوامل اقتصادية أخرى. للتعامل مع هذا، تم تطوير أداة باستخدام نماذج التعلم الآلي وتحليلات متقدمة. SGA اختبار الإجهاد لسيولة

هذه الأداة تهدف إلى توقع وتقييم تأثيرات الأزمات المالية والاقتصادية المحتملة على سيولة البنك بدقة. يمثل هذا المشروع على الملاحظة خلال التقلبات الاقتصادية وحماية مصالح عملائها والاقتصاد الوطني SGA مبادرة نشطة لتعزيز قدرة بشكل فعال.

كلمات مفتاحية: المخاطر، السيولة، التنبؤ، اختبار الضغط، الذكاء الاصطناعي، النمذجة، البنك، الوديعة، السيناريو

ABSTRACT

In the context of a complex and volatile financial landscape, risk management is critical to the stability of financial institutions. In Algeria, Societe Generale Algeria faces several challenges due to fluctuations in oil prices and other economic factors. To deal with this, the SGA liquidity stress testing tool was developed using machine learning models and advanced analytics.

This tool aims to accurately anticipate and assess the effects of potential financial and economic crises on the Bank's liquidity. This project represents an active initiative to enhance SGA's ability to navigate during economic fluctuations and effectively protect the interests of its customers and the national economy.

Keywords: Risk, liquidity, forecasting, stress test, artificial intelligence, modelin, bank, deposit, scenario.

RESUME

Dans le contexte d'un paysage financier complexe et volatile, la gestion des risques est essentielle à la stabilité des institutions financières. En Algérie, Société Générale Algérie est confrontée à plusieurs défis en raison des fluctuations des prix du pétrole et d'autres facteurs économiques. Pour y faire face, l'outil de test de résistance de liquidité SGA a été développé à l'aide de modèles d'apprentissage automatique et d'analyses avancées.

Cet outil vise à anticiper et à évaluer avec précision les effets des crises financières et économiques potentielles sur la liquidité de la Banque. Ce projet représente une initiative active visant à améliorer la capacité de SGA à naviguer pendant les fluctuations économiques et à protéger efficacement les intérêts de ses clients et de l'économie nationale.

Mots clés : Risque, liquidité, Prévisionnel, Stress test, Intelligence artificielle, Modélisation, Banque, Dépôt, Scénario

TABLE DES MATIÈRES

Table des figures

Liste des tableaux

Liste des sigles et acronymes

Introduction gÉNÉrale..... 15

PremiÈre partie : État deS lieux..... 18

CHAPITRE I : Organisme d'accueil 20

1.1Le Système Bancaire 21

1.2La Banque en Général 22

1.3 Le Bilan Bancaire 22

1.4 L'Activité Bancaire 22

1.5 Société Générale Algérie 23

1.6 Organisation interne 23

1.6.1 Direction financière 23

1.7 Département ALM (Asset and Liability Management)..... 24

1.7.1 Définition de la gestion actif-passif ALM 24

1.7.2 Mission de l'ALM..... 25

CHAPITRE II : Etude de l'existence 26

2.1Le prévisionnel de la liquidité 27

2.2Le Prévisionnel de la Liquidité au Niveau de la SGA..... 27

2.2.1Outils et Méthodologie 28

2.2.2Table de prévisionnel 28

2.2.3Quantitative..... 30

2.2.4L'impact des différents postes sur Coefficient de liquidité..... 31

2.3Enonce de Problématique 33

2.4Méthodologie de travail..... 33

DeuxiÈme partie : Etat de l'art 36

Chapitre III : Liquidité et risque bancaire 38

3.1La notion de Liquidité et liquidité bancaire..... 39

3.1.1Type de Liquidité bancaire 39

3.1.2Les sources de liquidité bancaire 40

3.2Risque bancaire..... 40

3.2.1Définition du risque bancaire..... 40

3.2.2	Topologie des risques	41
3.3	Les facteurs caractéristiques explicatifs du risque de liquidité	41
3.4	L'environnement réglementaire	42
3.4.1	International	42
3.4.2	Nationale	43
3.5	Les Pratiques et Outils Liés à la Gestion du Risque de Liquidité	44
Chapitre IV	: Intelligence Artificiel en finance	45
4.1	L'Impact de l'IA sur la Gestion des Risques	47
4.2	Les Stress test	47
4.2.1	Définition d'un test de résistance bancaire	48
4.2.2	Rôles et objectifs des stress test	48
4.2.3	Les Modèles, et Topologie du stress test	49
4.3	Machine Learning et les séries temporelles	51
4.3.1	Introduction à l'Intelligence Artificielle	51
4.3.2	Compréhension Approfondi du Machine Learning	53
4.3.3	Machine Learning en finance	54
4.3.4	L'application du machine Learning pour les stress test	55
4.3.5	Les séries temporelles	56
4.4	Algorithme et technique	59
4.4.1	Approches algorithmiques pour la prévision des séries temporelles	59
Troisième partie	: Conception de l'outil de Stress test	75
Chapitre V	: Prévision et développement de l'Outil de Stress Test	76
5.1	Collecte des données	79
5.1.1	Extraction des données	77
5.1.2	Importation des données	79
5.2	Analyse des données	82
5.3	Comprendre la série temporelle	87
5.3.1	Visualisation des séries temporelles	88
5.3.2	Décomposition	93
5.3.3	Test Stationnaire	96
5.3.4	Autocorrélation et Autocorrélation Partielle	103
5.3.5	Test de causalité de Granger	106
5.4	Modélisation et prédiction	109
5.4.1	Identification des modèles	109
5.4.2	Préparation des données	113

5.4.3Entraînement et optimisation des modèles	115
5.4.4Résultats et Evaluation.....	120
5.5Définition des Scénarios de Stress.....	128
5.6Résultats du stress.....	131
5.7Présentation de l'outil.....	135
5.8Explication du choix.....	135
5.9Fonctionnalités.....	136
Conclusion Générale	146
Bibliographie	153
Annexes	153

TABLE DES FIGURES

Figure N°1- 1:Un schéma du système bancaire.....	21
Figure N°1- 2– Organigramme du SGA.....	23
Figure N°1- 3– Organigramme de la direction financier.....	24
Figure N°1- 4– Organigramme de l’ALM.....	25
Figure N° 2- 1-Les résultats de l'analyse de régression linéaire.....	32
Figure N° 2- 2Schéma Résumant la Méthodologie de Travail.....	34
Figure N° 3- 1– La réglementation bancaire internationale	43
Figure N° 4- 1-Rôle des stress test	49
Figure N° 4- 2-Les catégories de stress test selon les provenances des chocs	50
Figure N° 4- 3Type des scénarios.....	51
Figure N° 4- 5Les principaux domaines du IA.....	52
Figure N° 4- 6Exemples d'Application du Machine Learning par Domaine.....	54
Figure N° 4- 7Relation entre les modèle Statistiques	65
Figure N° 4- 9-Architecture d’un Réseaux RNN	68
Figure N° 4- 10Architecture du Réseaux LSTM.....	69
Figure N° 4- 11-Architecture Du LSTM Bidirectionnel	71
Figure N° 5- 1-La structure des données	79
Figure N° 5- 2-Données utilisées pour le marché PRI.....	80
Figure N° 5- 3– Comparaison des Fréquences de Prévision Financières.....	81
Figure N° 5- 4-Statistique descriptif des dépôts du marché PRI.....	82
Figure N° 5- 5-Statistique descriptif des dépôts du marché PRO	84

Figure N° 5- 6-Statistique descriptif des dépôts du marché GE.....	84
Figure N° 5- 7-Distribution des variables du marché PRI	86
Figure N° 5- 8-Distribution des variables du marché PRO.....	86
Figure N° 5- 9-Distribution des variables du marché PME	86
Figure N° 5- 10-Distribution des variables du marché GE	87
Figure N° 5- 11-Processus d'Analyse les Séries Temporelles	87
Figure N° 5- 12-Evaluation des tendances du marché PRI.....	88
Figure N° 5- 13-Evaluation des tendances du marché PRO	89
Figure N° 5- 14Evaluation des tendances du marché PME	90
Figure N° 5- 15-Décomposition de la série temporelle du Marché PRI	93
Figure N° 5- 16-Décomposition de la série temporelle du Marché PRO.....	94
Figure N° 5- 17-Décomposition de la série temporelle du Marché PME	95
Figure N° 5- 18-Décomposition de la série temporelle du Marché GE	96
Figure N° 5- 19Les Résultat du test de stationnarité pour le marché PRI	98
Figure N° 5- 20Les Résultat du test de stationnarité pour le marché PRO.....	99
Figure N° 5- 21Les Résultat du test de stationnarité pour le marché PME	100
Figure N° 5- 22-Les Résultat du test de stationnarité pour le marché GE.....	101
Figure N° 5- 23 -la différentiation pour Les quatre marchés.....	103
Figure N° 5- 24-les Résultats de différentiation.....	103
Figure N° 5- 25-Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché PRI	104
Figure N° 5- 26-Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché PRO.....	104
Figure N° 5- 27-Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché PME	105
Figure N° 5- 28Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché GE	105
Figure N° 5- 29-Fonction du Test de causalité de Granger	107
Figure N° 5- 30Résultats du Test de causalité pour le marché PRI	107
Figure N° 5- 31Résultats du Test de causalité pour le marché PRO	107
Figure N° 5- 32Résultats du Test de causalité pour le marché PME.....	108
Figure N° 5- 33Résultats du Test de causalité pour le marché GE.....	108
Figure N° 5- 34Proseccos e la modélisation et privions des séries temporelles	109
Figure N° 5- 35Schéma récapitulatif de l'application des modèles et leur ordre applicatifs ..	112

Figure N° 5- 36 Les différentes étapes de préparation des données pour chaque type de modèle	114
Figure N° 5- 37-Prévisions du modèle ARIMA pour le marché PRI	123
Figure N° 5- 38-Prévisions du modèle LSTM_Bidirectionnelle pour le marché PRO	123
Figure N° 5- 39-Comparaison des valeurs réelles et prédites du marché PRO	124
Figure N° 5- 40-Prévisions du modèle LSTM pour le marché PME.....	124
Figure N° 5- 41-Prévisions du modèle LSTM pour le marché PME.....	125
Figure N° 5- 42-Prévisions du modèle RNN pour le marché GE	125
Figure N° 5- 43-Prévisions du modèle RNN pour le marché G.....	126
Figure N° 5- 44-Processus de Préviation	126
Figure N° 6- 1-Le prévisionnel du marché GE et le prévisionnel stressé	132
Figure N° 6- 2-Le prévisionnel du marché PME et le prévisionnel stressé.....	132
Figure N° 6- 3-Le prévisionnel du marché PRO et le prévisionnel stressé	133
Figure N° 6- 4-Le prévisionnel du marché PRI et le prévisionnel stressé	133
Figure N° 7- 1— Page d'accueil	136
Figure N° 7- 2– Choix de la date de prévision.....	137
Figure N° 7- 3– Choix de scénario	137
Figure N° 7- 4– Choix du marché	138
Figure N° 7- 5-Analyse des Dépôts Stressé	138
Figure N° 7- 6Tendances des Dépôts Prévisionnés et Stressés	139
Figure N° 7- 7 -Comparaison des Scénarios pour Chaque Marché	139
Figure N° 7- 8-Détail des Dépôts par Marché	140
Figure N° 7- 9-Analyse des Dépôts sans stress	140
Figure N° 7- 10-Répartition des Dépôts par Marché	141
Figure N° 7- 11-Évolution des Dépôts par Marché.....	141
Figure N° 7- 12-Total des marché Combiné	142
Figure N° 7- 13-Détail des Dépôts par Marché	142

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 2- 1-Évolution Mensuelle des Soldes par Poste	31
Tableau N° 2- 2-Évolution Mensuelle des Différentes Mouvements.....	32
Tableau N° 3- 1-Sources de Liquidité et Leur Description	40
Tableau N° 4- 1-Comparaison entre les méthodes économétrie et les méthodes de IA	74
Tableau N° 5- 1– Les Type des dépôts.....	78
Tableau N° 5- 2– Les quatre marchés de clientèle	78
Tableau N° 5- 3-Hypothèses des Tests de Stationnarité	97
Tableau N° 5- 4Comparaison des Tests de Stationnarité : ADF et KPSS	97
Tableau N° 5- 5Interprétation des Tests de Stationnarité du marché PRI.....	98
Tableau N° 5- 6Interprétation des Tests de Stationnarité du marché PRO	99
Tableau N° 5- 7 -Interprétation des Tests de Stationnarité du marché PME	100
Tableau N° 5- 8Interprétation des Tests de Stationnarité du marché GE	101
Tableau N° 5- 9Types d'Entrées des modèles Statistique	114
Tableau N° 5- 10-Types d'Entrées des modèles IA.....	115
Tableau N° 5- 11-Analyse des Composants de la Prévision	116
Tableau N° 5- 12l-es paramètres des modèles statistiques pour le marché PRI	117
Tableau N° 5- 13-les paramètres des modèles statistiques pour le marché PRO.....	117
Tableau N° 5- 14-les paramètres des modèles statistiques pour le marché PME	117
Tableau N° 5- 15-les paramètres des modèles statistiques pour le marché GE	118
Tableau N° 5- 16-Paramètres d'Architecture des Modèles de Prévision	119
Tableau N° 5- 17-Paramètres d'Entraînement des Modèles de Prévision.....	120
Tableau N° 5- 18-Performance des Modèles pour Marché PRI.....	121
Tableau N° 5- 19-Performance des Modèles pour Marché PRO	121
Tableau N° 5- 20-Performance des Modèles pour Marché PME.....	121
Tableau N° 5- 21-Performance des Modèles pour Marché GE.....	122
Tableau N° 6- 1-Impacts estimés du scénario 01 sur les marchés	129
Tableau N° 6- 2-Impacts estimés du scénario 02 sur les marchés	130
Tableau N° 6- 3-Impacts estimés du scénario 03 sur les marchés	130
Tableau N° 6- 4-Impacts estimés du scénario 04 sur les marchés	131

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

SGA	<i>Société Générale Algérie</i>
BA	<i>Banque d'Algérie</i>
ALM	<i>Asset and Liability Management</i>
BO	<i>Business Object</i>
PIB	<i>Produit Intérieur Brut</i>
IA	<i>Intelligence Artificielle</i>
RNN	<i>Recurrent Neural Network</i>
LSTM	<i>Long Short Term Memory</i>
GRU	<i>Gated Recurrent Unit</i>
ARIMA	<i>Auto Regressive Integrated Moving Average</i>
VaR	<i>Vector Auto Regressive</i>
RMSE	<i>Root Mean Squared Error</i>
MSE	<i>Mean Squared Error</i>
Dax	<i>Data Analysis Expressions</i>

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

La liquidité n'est jamais garantie ; une pénurie de liquidités peut rapidement se transformer en un problème de solvabilité. Le risque de liquidité est particulièrement dangereux pour la stabilité financière car il peut se propager d'une institution à une autre, créant ainsi un risque systémique. La crise de 2007-2009 en est une illustration frappante.

En Algérie, le concept de liquidité est plus pertinent que jamais. Suite à la baisse des recettes d'exportations et de la fiscalité pétrolière due à la chute des prix du pétrole sur le marché international, le secteur bancaire a commencé à ressentir, dès la fin de 2015, un assèchement de la liquidité bancaire après une longue période d'excès de liquidités. Aujourd'hui, les fonds se font de plus en plus rares dans les banques.

Dans ce contexte, il est impératif d'accorder une attention particulière au risque de liquidité. La gestion de ce risque nécessite non seulement une compréhension approfondie des caractéristiques et des modifications structurelles de la finance, mais aussi une régulation adaptée pour anticiper et prévenir les crises. Les banques et les autorités de supervision doivent renforcer leurs capacités d'analyse et de détection des vulnérabilités pour faire face à des scénarios de stress potentiels.

La crise financière mondiale a mis en lumière la nécessité d'outils de diagnostic robustes pour évaluer la résilience des banques. Parmi ces outils, les stress tests de liquidité se distinguent par leur capacité à simuler des conditions extrêmes et à mesurer l'impact de ces conditions sur les positions de liquidité des institutions financières. Recommandés par le Comité de Bâle, ces tests permettent de déterminer avec précision la capacité des banques à résister à des chocs externes, tant au niveau microéconomique que macroéconomique.

L'application des stress tests de liquidité en Algérie est particulièrement cruciale dans le contexte actuel de tension financière. Ces tests permettent d'identifier les points faibles du système bancaire et de mettre en œuvre des stratégies pour renforcer la résilience et la stabilité du secteur financier. En fournissant une évaluation détaillée des risques et en aidant à élaborer des plans de contingence, les stress tests de liquidité jouent un rôle essentiel dans la prévention des crises et la protection de l'économie nationale.

Cela a amené certaines banques à opter pour un outil de diagnostic efficace qui leur permet de mesurer l'impact de cette crise sur leur situation de liquidité, il s'agit des stress tests.

La Société Générale Algérie (SGA), filiale du groupe mondial Société Générale et leader des banques privées en Algérie, nous a confié la mission de développer et d'implémenter un outil de stress-test de la liquidité dans le cadre de notre projet de fin d'études. En tant que data scientistes, notre objectif principal est de concevoir des modèles d'apprentissage automatique pour prédire avec précision l'évolution future de la liquidité et d'intégrer des scénarios de stress à ces prévisions. Ce projet nous amène à répondre à des questions cruciales telles que : Qu'est-ce que le risque de liquidité et quels sont les principaux outils utilisés par les banques pour sa gestion ? Aura-t-elle suffisamment de liquidités c'est-à-dire le fonds pour honorer ses

engagements futurs ? Qu'est-ce qu'un stress test et comment contribuent-ils à la gestion des risques, en particulier le risque de liquidité ?

Pour atteindre notre objectif et répondre aux besoins spécifiques de la SGA, nous avons structuré notre travail en trois parties distinctes :

La première partie "Etat de lieux" diviser en deux chapitre :

Chapitre 1 : Organisme d'accueil

Ce chapitre présente une vue d'ensemble du système bancaire, de la banque en général, et plus spécifiquement de la Société Générale Algérie (SGA)

Chapitre 2 : Étude de l'existence

Ce chapitre explore l'analyse prévisionnelle de la liquidité au sein de la SGA, en détaillant les outils et la méthodologie utilisée pour évaluer comment différents postes impactent le coefficient de liquidité.

La deuxième partie Etat de l'art divisé en 2 chapitres :

Chapitre 3 : Liquidité et Risque bancaire

Ce chapitre explore la notion de liquidité et de risque bancaire, Il analyse également l'environnement réglementaire international et national qui encadre la gestion de la liquidité.

Chapitre 4 : Intelligence Artificiel en finance

Ce chapitre se concentre sur l'impact de l'Intelligence Artificielle dans la gestion des risques financiers, en mettant l'accent sur les stress tests bancaires et l'application du Machine Learning pour la gestion et la prévision des séries temporelles dans ce contexte spécifique de la finance.

La troisième partie Divise en 3 chapitres :

Chapitre 5 : Prévisionnel Ce chapitre se concentre sur la préparation des données et l'analyse approfondie des séries temporelles pour prédire avec précision l'évolution future de la liquidité de la SGA.

Chapitre 6 : Stress test Ce chapitre présente la méthode utilisée pour définir et exécuter les scénarios de stress visant à évaluer la résilience de la liquidité de la SGA face à des conditions extrêmes. Il analyse les résultats obtenus lors de ces tests pour évaluer l'impact potentiel sur la liquidité de la banque.

Chapitre 7 : Application visuelle Ce chapitre décrit la conception et les fonctionnalités de l'outil de stress-test visuel développé pour la SGA, en expliquant les choix de conception faits pour améliorer la compréhension et l'interaction avec les résultats des stress tests.

PREMIÈRE PARTIE : ÉTAT DES LIEUX

Introduction

Les deux chapitres qui constituent la première partie proposent le minimum nécessaire à la compréhension Et l'analyse du système Bancaire spécifiquement au sein de la société générale d'Algérie SGA et son processus pour la gestion de la liquidité. Le chapitre initial présente une vue d'ensemble de l'organisation interne de SGA, soulignant l'importance cruciale du département ALM dans la gestion des risques structurels. Le chapitre suivant examine le système de gestion de la liquidité en analysant sa gouvernance et ses processus opérationnels, ainsi qu'en dressant un bilan des observations quantitatives et qualitatives observées. De cette manière, ces deux chapitres établissent les fondements pour une compréhension approfondie des défis et des méthodes liés à la gestion de la liquidité au sein de SGA.

CHAPITRE I :
ORGANISME D'ACCUEIL

Introduction

1.1 Le Système Bancaire

Le système bancaire est l'ensemble des établissements financiers qui sont impliqués dans la collecte de fonds auprès des déposants et dans l'octroi de prêts aux emprunteurs, tels que les banques commerciales, les banques centrales, les institutions financières spécialisées et d'autres entités réglementées qui fournissent des services.

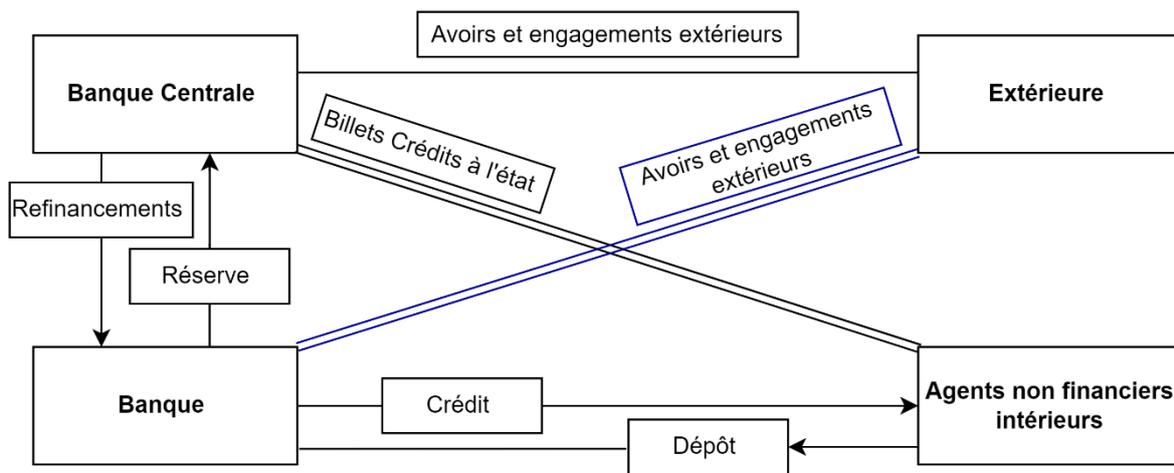


Figure N°1- 1:Un schéma du système bancaire

Les cinq relations clés dans le système bancaire sont les suivantes :

- **Relation de Billets cédés à l'État :**

La banque centrale émet des billets de banque qui circulent dans l'économie et sont utilisés par les agents non financiers pour effectuer des transactions. Ces billets sont un passif pour la banque centrale et représentent une forme de monnaie fiduciaire.

- **Relation d'Avoirs et Engagements Extérieurs :**

Les avoirs extérieurs de la banque centrale incluent les réserves de devises étrangères et d'autres actifs libellés en devises étrangères. Les engagements extérieurs comprennent les dettes et autres obligations contractées par la banque centrale envers des acteurs étrangers.

- **Relation de Refinancement et Réserve entre Banques et Banque Centrale :**

Les banques commerciales peuvent emprunter des fonds à la banque centrale pour répondre à leurs besoins de liquidités immédiates. En outre, les banques doivent maintenir des réserves obligatoires auprès de la banque centrale pour garantir la stabilité financière du système bancaire.

- **Relation de Dépôts et Crédits entre Banques et Agents Non Financiers Intérieurs :**

Les agents non financiers, tels que les ménages et les entreprises, déposent leur argent excédentaire dans les banques commerciales, qui utilisent ensuite ces dépôts pour octroyer des crédits aux emprunteurs pour divers besoins tels que l'achat d'une maison ou le financement d'une entreprise.

- **Relation de Réserve et Gestion de la Liquidité au Sein des Banques Commerciales :**

Les banques commerciales doivent maintenir des réserves obligatoires pour assurer la stabilité financière et garantir qu'elles disposent de suffisamment de liquidités pour répondre aux retraits des clients et aux besoins de paiement. La gestion de la liquidité consiste à garantir que les banques disposent des liquidités nécessaires pour faire face à leurs obligations financières.

1.2 La Banque en Général

D'après Le Ministre de l'économie des finances et de la souveraineté industrielle et numérique « Une banque est une institution financière essentielle qui collecte l'épargne, accorde des prêts et met à la disposition des clients des moyens de paiement. Bien encadrée, elle est un puissant levier de développement économique, mal encadré, l'activité bancaire est source d'instabilités et de crises. » [1]

En d'autres termes : Une banque est une entreprise dont l'activité principale consiste à recevoir l'épargne en dépôt, à accorder des crédits et à fournir d'autres services financiers.

1.3 Le Bilan Bancaire

Le bilan représente une représentation visuelle à un moment précis (généralement à la fin de l'année) du patrimoine d'une entreprise. Elle est composée de l'actif (la manière dont elle utilise ses ressources financières) et du passif (la manière dont elle se procure ses ressources financières). En examinant le bilan des banques, il est possible de saisir les activités qu'elles mènent et la manière dont elles se financent.

1.4 L'Activité Bancaire

Les banques exercent diverses activités essentielles dans le cadre de leur fonctionnement financier. Elles collectent des fonds auprès de différentes sources, notamment les dépôts des clients et les emprunts sur les marchés financiers. En utilisant ces fonds, elles accordent des prêts et des crédits à des particuliers, des entreprises et des gouvernements pour divers besoins, tels que l'achat de biens immobiliers ou le financement d'entreprises. Les banques fournissent également des services de gestion des dépôts, tels que les comptes courants et d'épargne, ainsi que des services de paiement pour faciliter les transactions financières. Elles proposent également des services de gestion de patrimoine, de trading et d'investissement, ainsi que des services bancaires d'affaires aux entreprises. Ces activités sont essentielles pour faciliter la circulation de l'argent, financer les investissements et fournir des services financiers essentiels à l'économie et à la société.

1.5 Société Générale Algérie

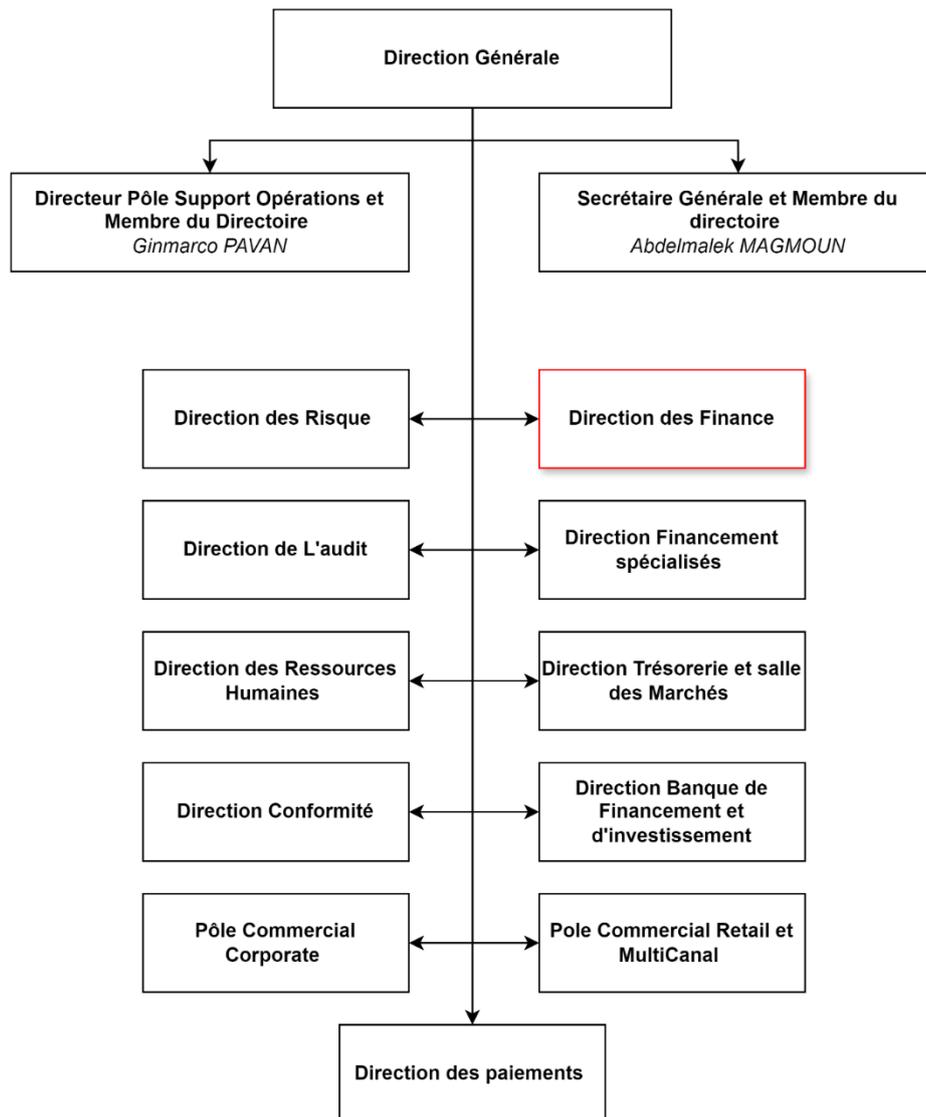


Figure N°1- 2– Organigramme du SGA

1.6 Organisation interne

1.6.1 Direction financière

La direction s'articule autour de 8 métiers qui lui permettent d'atteindre ses objectifs grâce à une organisation repensée pour optimiser les énergies et gagner en efficacité.

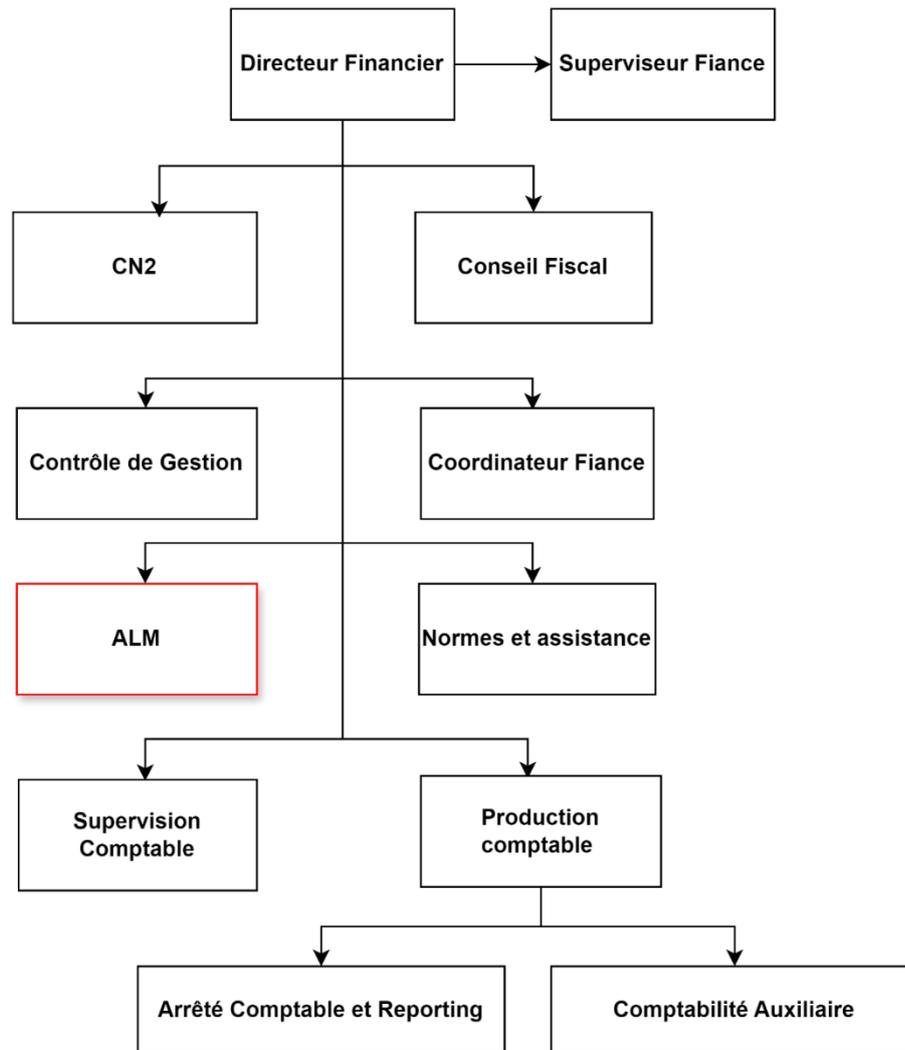


Figure N°1- 3– Organigramme de la direction financier

1.7 Département ALM (Asset and Liability Management)

1.7.1 Définition de la gestion actif-passif ALM

La gestion actif-passif ou encore ALM a été abordée par plusieurs auteurs. Elle est définie comme étant « un processus continu de formulation, de mise en œuvre, de suivi et de révision des stratégies liées aux actifs et aux passifs dans le but d'atteindre des objectifs financiers tout en respectant un certain degré de tolérance des risques et un ensemble de contraintes », ou encore tel que formulée par une grande banque multinationale, elle consiste à « coordonner l'utilisation de l'actif et du passif de la banque afin de maximiser la rentabilité, dans le cadre d'une gestion saine des risques notamment de taux, de liquidité et de change et sous les contraintes imposées par la réglementation »

On d'autre terme, Au sein de la banque, l'ALM est une approche globale qui englobe les méthodes pour gérer le risque de liquidité, de taux et de change dans le cadre des activités

commerciales d'un réseau bancaire. L'ALM se focalise sur les domaines

Les résultats actuels et à venir du processus de collecte et de financement sont influencés par l'attitude de sa clientèle. Par conséquent, son intérêt se porte sur la modélisation des comportements de la clientèle pour prévoir la situation financière de la banque.

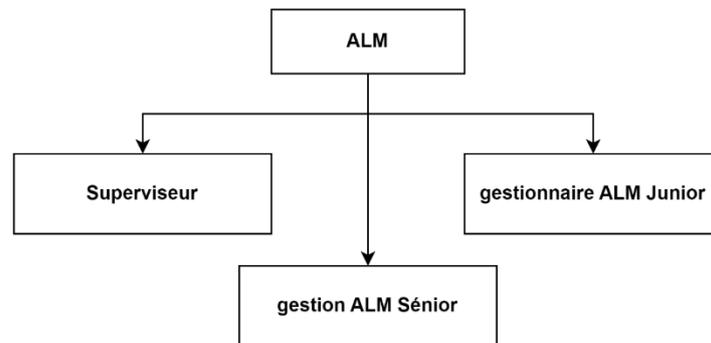


Figure N°1- 4– Organigramme de l'ALM

1.7.2 Mission de l'ALM

- Analyse et pilotage des risques structurels (liquidité, taux et change) et modélisation. Garant de l'optimisation des ressources rares
- a. Produire les Reportings ALM des entités de son périmètre, tout en s'assurant du respect des normes Groupe sur les écoulements.
- b. Mesurer, analyser les indicateurs sur les risques structurels et identifier les déséquilibres.
- c. Préparer les comités ALM (ALCO Régional et Entités) et Comités de Trésorerie.
- d. Comités des Prix : grilles tarifaires, présentation des Taux de Cession Interne (TCI), mesures de rentabilité.
- e. Proposer des modalités de couverture des risques structurels de taux, change et liquidité (Préconisations en comité ALCO).
- f. Anticiper sur les évolutions des positions ALM à travers des simulations (études d'impact suite à un changement de modèle. Stress test, suivi du deal pipe...etc.), et participer à l'amélioration des modèles d'écoulement.
- g. Modélisation des écoulements des actifs et passifs non échéancés

CHAPITRE II :
ÉTUDE DE L'EXISTENCE

Introduction

La gestion de la liquidité et la prévision des flux de trésorerie sont des éléments cruciaux pour assurer la stabilité financière et opérationnelle de la Société Générale Algérie (SGA). Ces processus permettent non seulement de répondre aux besoins immédiats de trésorerie, mais aussi de planifier les stratégies de croissance à long terme. Ce chapitre examine en détail les structures existantes, les méthodologies et les outils utilisés par la SGA pour gérer la liquidité et prévoir les dépôts futurs.

Nous analyserons le dispositif de gestion de la liquidité, en mettant en lumière les stratégies et les instruments utilisés pour maintenir un équilibre financier stable. La gouvernance de ces processus sera également examinée, en décrivant les comités et les procédures en place pour superviser et contrôler la liquidité.

2.1 Le prévisionnel de la liquidité

La gestion de la liquidité est cruciale pour assurer la solvabilité et la stabilité financière d'une entreprise. Elle comprend plusieurs éléments essentiels :

Politique de Gestion de la Liquidité : Cette politique définit les objectifs visant à assurer la capacité de l'entreprise à honorer ses engagements financiers à court, moyen, et long terme. Elle inclut un cadre de gouvernance qui établit des responsabilités claires au sein de l'organisation, impliquant souvent le conseil d'administration et le comité de gestion des risques.

Processus de Prévision et de Planification : Les prévisions de trésorerie sont élaborées en détail, basées sur divers scénarios (optimistes, pessimistes et intermédiaires), pour anticiper les flux de trésorerie entrants et sortants. Ces prévisions sont intégrées dans les plans budgétaires à long terme pour une meilleure planification financière.

Surveillance et Contrôle des Liquidités : La gestion de la liquidité implique la surveillance régulière d'indicateurs clés comme le ratio de liquidité et le fonds de roulement net. Des stress tests sont effectués régulièrement pour évaluer l'impact de divers scénarios défavorables sur la liquidité de l'entreprise, permettant de prendre des mesures préventives.

Cadre de Gestion des Risques : Ce cadre inclut l'identification et l'évaluation des risques potentiels de liquidité. Des plans de contingence sont mis en place pour gérer les situations de stress, incluant des stratégies telles que la réduction des actifs ou les appels de fonds d'urgence.

Conformité Réglementaire : Les entreprises doivent se conformer aux exigences des régulateurs financiers locaux et internationaux en matière de gestion de la liquidité. Elles doivent aussi respecter les normes de reporting financier et de liquidité imposées par les régulateurs, garantissant ainsi la transparence et la conformité réglementaire.

2.2 Le Prévisionnel de la Liquidité au Niveau de la SGA

La gestion de la liquidité est l'un des aspects les plus volatils et critiques. En raison de la nature fluctuante des flux de trésorerie et des exigences variées des investisseurs, il est essentiel de prévoir avec précision les besoins en liquidité pour assurer la stabilité financière et

opérationnelle. Le prévisionnel de la liquidité permet à la SGA d'anticiper les entrées et sorties de trésorerie, d'évaluer les impacts potentiels des conditions de marché et de préparer des réponses appropriées à diverses situations.

Un élément clé de cette prévision est le coefficient de liquidité, qui estime la capacité de la SGA à couvrir ses engagements à court terme avec ses actifs liquides. Ce coefficient mesure la liquidité de la banque, et son estimation implique une évaluation détaillée de l'état de liquidité de la banque.

Le prévisionnel de la liquidité est un outil essentiel pour la gestion proactive des ressources financières de la SGA. En anticipant les besoins en liquidité, en gérant les risques, en optimisant les investissements et en suivant le coefficient de liquidité, la SGA peut assurer sa résilience face aux conditions de marché changeantes et maintenir la confiance des investisseurs.

2.2.1 Outils et Méthodologie

La SGA utilise une combinaison d'expertise humaine, d'études économiques, de statistiques, et de comparaisons historiques pour élaborer ses prévisions de liquidité. Voici les principaux outils et méthodologies employés :

- **Expertise des analystes financiers** : Les prévisions sont principalement basées sur l'expérience et les connaissances des analystes qui ajustent les prévisions en fonction des conditions économiques actuelles.
- **Informations collectées par les agences** : La SGA intègre les données collectées par ses différentes agences pour affiner les prévisions, en tenant compte des variations locales et des tendances spécifiques à chaque région.
- **Rapports économiques et études de marché** : Utilisation des rapports économiques et des études de marché pour ajuster les modèles de prévision et intégrer des variables économiques pertinentes.
- **Outils de suivi et de reporting** : Mise en place de systèmes pour surveiller en temps réel les flux de trésorerie et générer des rapports réguliers permettant une évaluation précise de la situation de liquidité.
- **Tableau Analytique** : Utilisation d'un tableau Excel pour regrouper et analyser les différents postes significatifs.

2.2.2 Table de prévisionnel

Cette table prévisionnelle est un outil essentiel pour la gestion proactive des ressources financières de la SGA. Elle permet de compiler et d'analyser les données relatives aux flux de trésorerie futurs, fournissant une vision claire et détaillée des besoins en liquidité. Elle inclut les éléments cruciaux qui permettent d'estimer le coefficient de liquidité de la banque, tels que les actifs liquides, les passifs à court terme, et les flux de trésorerie prévus. Cet outil offre une vision complète de la capacité de la SGA à couvrir ses engagements financiers et à maintenir sa stabilité financière.

CHAPITRE II : ÉTUDE DE L'EXISTENCE

Les prévisions générées par la table de prévisionnel de la liquidité résultent de l'utilisation des outils et méthodologies mentionnés précédemment. Ces outils, contribuent à affiner les estimations de flux de trésorerie futurs et à établir des projections de liquidité fiables. Ainsi, Il constitue un élément central dans le processus de planification financière de la SGA, permettant une prise de décision éclairée et stratégique.

Une bonne estimation ou prévision des données est essentielle pour prendre des décisions éclairées et stratégiques.

La table ci-dessous récapitule les divers éléments à prendre en considération dans notre analyse. Il est important de noter que les valeurs présentées dans cette table sont aléatoires et ne doivent être utilisées qu'à des fins de compréhension de l'outil, en raison de la confidentialité des données.

Diagnostic 1 : Les valeurs dans cette table sont des valeurs aléatoires en raison de la confidentialité des données. Elles sont utilisées uniquement pour comprendre l'outil.

Trouver la table Prévisionnelle dans l'annexe

Explication :

A : Excédent/déficit en ressources clientèle ($A = X - Y$) La différence entre les dépôts et les crédits, indiquant un excédent (positif) ou un déficit (négatif) de liquidité.

B : Réserves Obligatoires ($B = P * X$) : Le montant des réserves que la banque doit conserver selon le pourcentage de réserve obligatoire.

C : le totale des excédents placés (La somme des excédents placés dans différents instruments financiers.)

D : le totale des autres actifs de trésorerie (caisse, DAB, ccp, scellé BA)

E : totale d'actifs de trésorerie C+D

G : La somme des ressources de trésorerie disponibles.

F : La somme totale des flux de trésorerie exceptionnels.

H : La variation prévue de la trésorerie au fil du temps. = Les mouvements

Solde BA : Solde des comptes bancaires.

Solde BA hors RO : Solde des comptes bancaires hors réserves obligatoires.

Coefficients de Liquidité à un mois prévisionnel : Les ratios de liquidité prévus pour le mois suivant, mesurant la capacité de la banque à couvrir ses engagements à court terme avec ses actifs liquides. Ces éléments sont utilisés pour comprendre et prévoir la liquidité de la SGA, permettant une gestion proactive des ressources financières.

Le reste des éléments on le trouve dans l'annexe

2.2.3 Quantitative

Voici la formule mathématique utilisée pour mesurer les mouvements de liquidité :

Le Mouvement i Représente les variations de liquidité au cours d'un mois iii et est calculé à partir des mouvements des dépôts, des crédits, des actifs de trésorerie, des ressources de trésorerie et des flux exceptionnels de trésorerie.

Les mouvements financiers sont calculés à l'aide de la formule suivante

$$\begin{aligned} \text{Mouvement}_i &= \text{Mouvement}(\text{Excédent déficiten ressources clientèle}) \\ &- \text{Mouvement}(\text{Actifs de trésorerie}) + \text{Mouvement}(\text{ressources de trésorerie}) \\ &+ \sum \text{flux de trésorerie exceptionnels} \end{aligned}$$

Par simplification :

$$\begin{aligned} H_i &= (A_i - A_{i-1}) + (E_i - E_{i-1}) + (G_i - G_{i-1}) + F_i \\ \text{Tel que :} \quad (A_i - A_{i-1}) &= (X_i - Y_i) + (X_{i-1} - Y_{i-1}) \end{aligned}$$

- i : Valeur du mois actuel
- $i-1$: Valeur du mois précédent

Ensuite, nous obtenons le Solde Bancaire prévisionnel :

Le Solde des Comptes Bancaires (Solde BA) pour le mois iii est calculé en ajoutant H_i au Solde BA du mois précédent

$$\text{SoldeBA}_i = \text{SoldeBA}_{i-1} + H_i$$

Enfin, nous établissons la relation entre le Coefficient de liquidité et le Solde Bancaire

$$\text{Coeff Liq}_i = F(\text{SoldeBA}_i)$$

F : une fonction linéaire

Le Solde BA et le Coefficient de Liquidité sont deux variables étroitement liées et leur relation est directement proportionnelle. Un solde bancaire plus élevé entraîne généralement une augmentation du coefficient de liquidité.

2.2.4 L'impact des différents postes sur Coefficient de liquidité

Pour analyser l'impact des différents postes sur le Coefficient de liquidité et trouver l'importance de chaque variable pour basées notre étude sur ce paramètres explicatif.

Cette analyse permet de déterminer l'impact relatif de chaque composant sur le Solde Bancaire et, par extension, sur le Coefficient de liquidité.

Nous partons des équations suivantes :

$$\begin{aligned}
 \text{Coeff Liq}_i &= F(\text{SoldeBA}_i) \\
 \text{Coeff Liq}_i &= F(\text{SoldeBA}_{i-1} + H_i) \\
 \text{Coeff Liq}_i &= F(\text{SoldeBA}_{\{i-1\}} + (X_i - X_{\{i-1\}})) \\
 \text{Coeffliq}_i &= F(\text{SoldeBA}_{\{i-1\}}) + F((X_i - X_{\{i-1\}}) + (Y_i - Y_{\{i-1\}}) \\
 &\quad + (E_i - E_{i-1}) + (G_i - G_{i-1}) + (F_i)
 \end{aligned}$$

Pour estimer le pourcentage d'importance de chaque poste, nous utilisons les soldes historiques des données de la période allant du 31/08/2022 au 31/12/2023. Pour calculer les mouvements, nous éliminons la première date. Voici une explication des calculs :

Données des soldes des postes par mois

Date	Ai	Ei	Gi	Fi
31/08/2022	a1	e1	g1	f1
30/09/2022	a2	e2	g2	f2
.
.
.
31/12/2023	a17	e17	g17	f17

Tableau N° 2- 1-Évolution Mensuelle des Soldes par Poste

Calcule des mouvements :

Date	M(Xi)	M(Ei)	M(Gi)	M(Fi)
31/08/2022	-----	-----	-----	-----
30/09/2022	a2=a2-a1	e2=e2-e1	g2=g2-g1	f2
.
.
.

31/12/2023	a17=a17-a16	e17=e17-e16	g17=g17-g16	F17
------------	-------------	-------------	-------------	-----

Tableau N° 2- 2-Évolution Mensuelle des Différentes Mouvements

Ensuite, nous utilisons une régression linéaire pour analyser l'impact de chaque mouvement sur le Solde Bancaire et, par conséquent, sur le Coefficient de liquidité.

Variables Explicatives :

$$\Delta A_i = A_i - A_{i-1}$$

$$\Delta E_i = E_i - E_{i-1}$$

$$\Delta G_i = G_i - G_{i-1}$$

$$\Delta F_i = F_i$$

Pour déterminer quel poste a le plus d'impact sur le Mouvement, nous pouvons utiliser une analyse de régression linéaire. Cette méthode nous permettra de quantifier l'effet de chaque variable explicative sur la variable dépendante.

Voici le résultat :

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	3181.0656	1785.184	1.782	0.118	-1040.224	7402.356
Mouvement Ai	-1.0111	0.184	-5.486	0.001	-1.447	-0.575
Mouvement Ei	1.7408	1.115	1.561	0.162	-0.896	4.377
Mouvement Gi	-1.1484	0.928	-1.238	0.256	-3.342	1.045
Mouvement Fi	-3.2198	2.157	-1.493	0.179	-8.319	1.880

Figure N° 2- 1-Les résultats de l'analyse de régression linéaire

Interprétation :

- **Mouvement Ai** : -1.0111 (p-value : 0.001)
Ce coefficient est significatif et indique que pour chaque unité d'augmentation dans Ai, le Mouvement diminue en moyenne de 1.0111 unités.
- **Mouvement Ei**: 1.7408 (p-value : 0.162)
Non significatif, ce coefficient indique une relation positive mais pas assez forte pour être considérée comme ayant un impact statistiquement significatif.
- **Mouvement Gi** : -1.1484 (p-value : 0.256)
Non significatif, ce coefficient indique une relation négative mais pas assez forte pour être considérée comme ayant un impact statistiquement significatif.
- **Mouvement Fi** : -3.2198 (p-value : 0.179)
Non significatif, ce coefficient indique une relation négative mais pas assez forte pour être considérée comme ayant un impact statistiquement significatif.

Conclusion :

Mouvement Ai est la variable la plus significative avec un p-value de 0.001, indiquant qu'elle a l'impact le plus fort sur le Mouvement.

Les autres variables (Mouvement Ei, Gi, Fi) ne sont pas statistiquement significatives au niveau de 5%, bien qu'elles montrent des directions d'impact (positive pour Ei et négative pour Gi et Fi).

Sur la base des résultats de la régression linéaire, nous pouvons conclure que le Coefficient de liquidité est principalement influencé par le poste Ai (Mouvement Ai).

2.3 Enonce de Problématique

La Société Générale Algérienne (SGA) reconnaît l'importance cruciale de la gestion efficace de la liquidité pour maintenir sa stabilité financière et répondre à ses obligations à court terme. Cependant, les prévisions actuelles de la SGA rencontrent des défis qui entravent leur précision et leur fiabilité, principalement en raison d'erreurs potentielles dans les méthodologies traditionnelles de prévision.

Dans cette perspective, l'objectif premier de cette étude est de renforcer la fiabilité des prévisions de liquidité de la SGA en adoptant des approches plus avancées. Cela inclut l'utilisation de modèles d'intelligence artificielle, tout en se concentrant spécifiquement sur les mouvements des dépôts, qui jouent un rôle majeur dans la détermination de la liquidité. De plus, afin d'évaluer la robustesse des prévisions face à des situations adverses, il est impératif que la SGA développe des tests de stress et explore des scénarios alternatifs. Cette approche proactive est essentielle pour une gestion prudente des risques et pour garantir la résilience de la SGA dans des conditions de marché instables.

Enfin, le succès de l'amélioration des prévisions de liquidité repose sur une collaboration étroite entre les équipes de Contrôle de Gestion (CDG) et de Gestion Actif-Passif (ALM) au sein de la SGA. De plus, l'engagement avec des partenaires externes, tels que les régulateurs et les experts en finance, est indispensable pour obtenir des perspectives diversifiées et des connaissances spécialisées dans le domaine de la gestion de la liquidité.

En combinant ces approches, la SGA sera mieux équipée pour anticiper et gérer efficacement sa liquidité, assurant ainsi sa stabilité financière et sa capacité à répondre aux défis du marché avec résilience.

En résumé, Le projet se divise en deux phases principales : la première se concentre sur l'élaboration de prévisions de liquidité précises en utilisant des méthodes avancées telles que l'intelligence artificielle et l'analyse des mouvements des dépôts. La seconde phase consiste à réaliser des tests de stress pour évaluer la résilience de la Société Générale Algérienne (SGA) face à des scénarios adverses de chocs de liquidité

2.4 Méthodologie de travail

Voici une méthodologie de travail pour mon projet en utilisant ces différentes étapes :

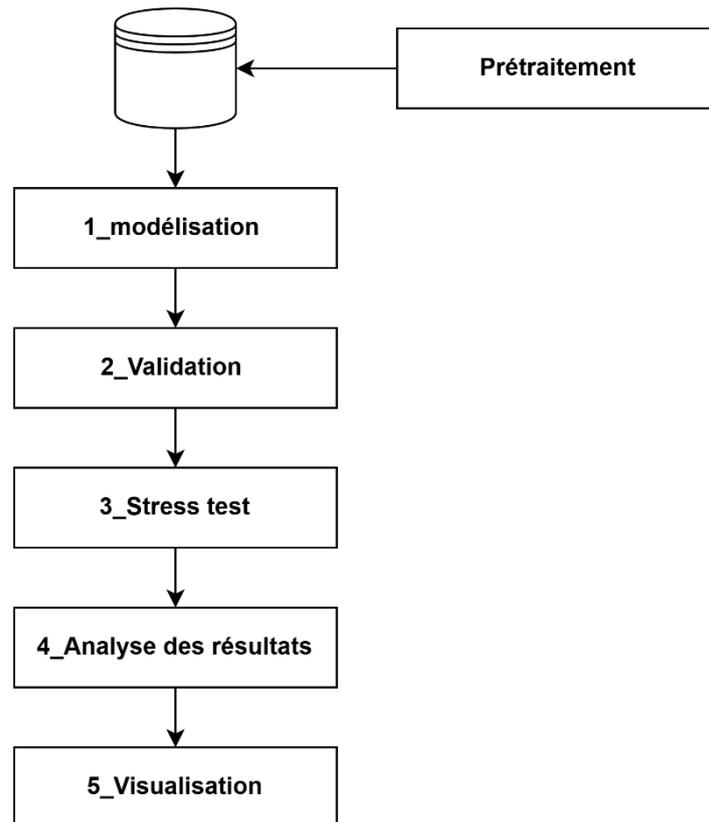


Figure N° 2- 2Schéma Résumant la Méthodologie de Travail

Explication :

- **Définition des Objectifs** : Clarifiez les objectifs du projet, tels que l'amélioration des prévisions de liquidité et l'évaluation de la résilience aux chocs économiques, en identifiant les indicateurs clés de performance à atteindre.
- **Identification des Données** : Identifiez les sources de données pertinentes, telles que les flux de trésorerie, les mouvements des dépôts, les taux d'intérêt et autres variables financières, nécessaires à l'analyse de la liquidité.
- **Préparation des Données** : Collectez les données identifiées et effectuez des opérations de nettoyage, de transformation et d'agrégation pour garantir la qualité et la cohérence des données avant de les utiliser dans l'analyse.
- **Modélisation** : Appliquez des techniques de modélisation statistique ou d'apprentissage automatique pour créer des modèles de prévision de liquidité basés sur les données préparées, en prenant en compte les relations complexes entre les différentes variables.

CHAPITRE II : ÉTUDE DE L'EXISTENCE

- **Validation** : Validez la performance des modèles en utilisant des techniques telles que la validation croisée ou la répartition des données en ensembles d'entraînement et de test, en vérifiant la robustesse et la précision des prévisions.
- **Scénarios de Stress** : Identifiez et concevez des scénarios de stress réalistes pour évaluer l'impact des chocs économiques sur la liquidité de la SGA, en ajustant les paramètres du modèle et en simulant les variations des variables clés.
- **Analyse des Résultats** : Analysez les résultats des prévisions et des stress tests pour identifier les risques et les opportunités d'amélioration, en évaluant l'ampleur des variations et en identifiant les facteurs contributifs.
- **Visualisation** : Utilisez des techniques de visualisation de données, telles que des graphiques et des tableaux de bord interactifs, pour présenter de manière claire et concise les résultats de l'analyse, en mettant en évidence les tendances, les modèles et les anomalies.

DEUXIÈME PARTIE
ÉTAT DE L'ART

Introduction

La deuxième Partie de notre PFE, est dédiée à une exploration approfondie de deux piliers fondamentaux du secteur financier : la liquidité et le risque bancaire. La liquidité, qui assure le bon fonctionnement des institutions financières, et le risque bancaire, qui vise à anticiper et à atténuer les menaces potentielles pour la stabilité financière, sont des aspects cruciaux de la gestion financière. Nous approfondissons ensuite notre étude en explorant comment ces deux domaines sont influencés et enrichis par l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine financier, notamment en examinant comment piloter efficacement la liquidité et gérer les risques bancaires à l'aide des avancées en IA.

CHAPITRE III : LIQUIDITÉ ET RISQUE BANCAIRE

Introduction

Dans ce chapitre, nous nous immergeons au cœur même de la gestion financière en explorant la notion fondamentale de liquidité et son influence cruciale sur la stabilité des institutions bancaires. En associant une analyse approfondie à des perspectives réglementaires, ce chapitre aspire à offrir un cadre complet pour appréhender et gérer efficacement la liquidité ainsi que les risques bancaires dans le contexte du paysage financier contemporain.

3.1 La notion de Liquidité et liquidité bancaire

Le rapport annuel du Comité de Bâle sur le contrôle bancaire définit le risque comme suite : « Être liquide pour un établissement de crédit, c'est disposer des fonds nécessaires pour faire face aux décaissements qu'il doit effectuer. Ainsi, la liquidité d'un établissement de crédit peut être définie comme sa capacité à rembourser à bonne date et à coût raisonnable ses exigibilités, en pouvant mobiliser notamment très rapidement ses avoirs lorsque le besoin s'en présente. »

En d'autres termes, la liquidité bancaire fait référence au fait de disposer de suffisamment de fonds dans les banques pour faire face aux retraits des clients et à d'autres obligations à court terme. Il s'agit essentiellement de la capacité d'une banque à disposer de suffisamment de liquidités ou à accéder facilement à des liquidités (représentées par le solde bancaire qu'est la quantité d'argent disponible pour la banque à un moment donné) pour répondre à ses besoins financiers immédiats. La disponibilité des fonds est essentielle pour assurer le bon fonctionnement quotidien des banques et maintenir la stabilité financière.

3.1.1 Type de Liquidité bancaire

- **Liquidité de financement**

La liquidité de financement fait référence à la capacité des institutions financières à mobiliser rapidement des actifs lorsque cela est nécessaire et à rembourser leurs dettes à temps et à un coût raisonnable. Il comprend les liquidités disponibles ainsi que les titres pouvant être facilement convertis en espèces, soit à la banque centrale, soit sur le marché.

- **Liquidité banque centrale**

Il s'agit de la capacité d'une banque centrale à fournir les liquidités nécessaires au système financier. Étant donné que les banques centrales ont le monopole de l'émission de la monnaie de base, le risque de liquidité est généralement plus faible lorsque les institutions financières ont accès à cette source de liquidité. Exemple : En période de crise financière, les banques centrales peuvent intervenir pour stabiliser le système financier en fournissant des liquidités aux institutions financières.

3.1.2 Les sources de liquidité bancaire

Sources de Liquidité	Description
Actifs liquides ou quasi-liquides	<ul style="list-style-type: none">- Les caisses Monnaie accessible immédiatement pour faire face aux dépenses immédiates. La principale source de trésorerie pour la banque.-Actif quasi-échus : Actifs qui sont prévus pour un avenir proche. Inclut les prêts, les titres du marché monétaire, les bons de trésor, etc., qui peuvent servir de source de liquidité immédiate.-Actifs facilement liquidables : Le marché offre la possibilité de vendre rapidement des actifs sans perdre de capital, grâce à une demande élevée et à la stabilité des taux d'intérêt.
Aptitude à emprunter	La banque a la capacité d'accéder aux divers marchés financiers afin d'obtenir des liquidités. Les critères de facilité d'emprunt incluent la taille, la réputation et la qualité de la signature de la banque.
Lignes de crédit interbancaires	Une banque demande des crédits de soutien à une autre banque afin de répondre à un besoin de liquidité. Les banques étrangères accordent fréquemment ces lignes de crédit afin de satisfaire les besoins de liquidité en devises étrangères

Tableau N° 3- 1-Sources de Liquidité et Leur Description

3.2 Risque bancaire

3.2.1 Définition du risque bancaire

Le risque bancaire fait référence à la possibilité que des événements défavorables se produisent et affectent la situation financière d'une banque. Cela inclut généralement plusieurs types de risques, notamment le risque de crédit (le risque de défaut de remboursement par les emprunteurs), le risque de marché (le risque associé aux fluctuations des taux d'intérêt, des cours de change et des prix des actifs), le risque opérationnel (le risque de pertes dues à des défaillances internes, telles que des erreurs de traitement ou des fraudes, ainsi que des événements externes tels que des catastrophes naturelles), le risque de liquidité (le risque de ne pas être en mesure de répondre aux demandes de retrait de fonds des clients), et le risque de réputation (le risque de préjudice à la réputation de la banque suite à des incidents néfastes). La gestion efficace du risque bancaire est cruciale pour assurer la stabilité financière et la pérennité de la banque.

3.2.2 Topologie des risques

A) Les risques majeurs

- **Le risque de crédit**

Le risque de crédit se réfère à l'incertitude qui impacte les montants et les dates auxquelles les paiements du débiteur seront effectués. C'est en relation avec les imprévus qui affectent l'évolution de la situation économique et financière de la partie opposée. Le risque de crédit est alors perçu comme une éventuelle perte due à cette évolution du débiteur.

- **Le risque de marché**

Est la possibilité de perdre de l'argent en raison de la fluctuation des prix des instruments financiers qui sont détenus dans le portefeuille de négociation ou dans le cadre d'une activité de marché appelée trading ou négoce." Ces instruments financiers sont exposés au risque lié aux taux de change.

- **Le risque de liquidité**

« Le risque de liquidité découle des difficultés ou de l'incapacité d'une institution financière à honorer ses engagements en termes de liquidité en temps opportun et à des coûts raisonnables. Le risque de liquidité peut s'étendre également à l'incapacité de l'institution financière à exploiter les opportunités d'affaires et à soutenir la croissance prévue dans le cadre de sa planification stratégique compte tenu d'un manque de liquidité ou de difficultés de financement à des coûts raisonnables »

En d'autres termes le risque de liquidité se réfère à la possibilité qu'une institution financière ou une entreprise ne puisse pas honorer ses obligations financières à court terme lorsqu'elles deviennent exigibles, en raison de l'absence de liquidités adéquates. Autrement dit, il y a le risque de ne pas avoir les fonds requis pour rembourser ses dettes Ou ses engagements financiers à temps.

B) Autre Risque :

- **Le risque de non-conformité**

Les opérations traitées quotidiennement par une banque sont toujours très nombreuses et variées. Il est inévitable que des erreurs, des retards et des fraudes se produisent, ce qui peut entraîner des pertes financières considérables pour la banque. Ce danger est connu sous le nom de risque opérationnel.

3.3 Les facteurs caractéristiques explicatifs du risque de liquidité

La compréhension approfondie des facteurs qui influencent le risque de liquidité est essentielle pour les institutions financières cherchant à maintenir leur stabilité et leur capacité à faire face aux fluctuations du marché. Plusieurs variables clés jouent un rôle crucial dans cette évaluation. Parmi celles-ci, on retrouve la nature des actifs détenus par l'institution, leur degré de liquidité respective, ainsi que la composition de leur passif en termes de calendrier de maturité et de sources de financement. De plus, les stratégies de gestion des liquidités adoptées par la banque, telles que l'utilisation de lignes de crédit interbancaires, le refinancement auprès de la banque centrale, et les politiques internes de gestion des risques, jouent également un rôle déterminant. Enfin, les contraintes réglementaires, tant au niveau national qu'international,

influencent significativement la manière dont les institutions financières abordent et gèrent leur risque de liquidité. Une analyse rigoureuse de ces facteurs permet de mieux comprendre les risques auxquels sont exposées les institutions financières et de mettre en place des stratégies de gestion appropriées pour les atténuer.

3.4 L'environnement réglementaire

La réglementation prudentielle désigne une collection de règles et de normes établies pour réguler et contrôler les opérations des établissements financiers, dans le but de réduire les risques et de préserver la stabilité du système financier. Son principal but est de prévenir les faillites des établissements financiers et de prévenir les crises systémiques. En collaboration avec les autorités nationales de réglementation, le Comité de Bâle sur le contrôle bancaire joue un rôle essentiel dans la création et la mise en place de ces règles prudentielles. Ces règles sont régulièrement révisées et ajustées afin de prendre en compte les changements dans le domaine financier et de faire face aux nouveaux défis et aux risques qui se présentent.

3.4.1 International

- **Présentation du comité de Bâle**

En 1974, les gouverneurs des banques centrales des pays du Groupe des Dix (G10) (Canada, Belgique, Italie, France, Japon, Allemagne, Luxembourg, Angleterre, États-Unis et la Suisse), ont créé le Comité de Bâle, qui joue un rôle essentiel dans la régulation et la supervision du secteur bancaire international. L'origine de cette situation remonte à une période de perturbations majeures sur les marchés bancaires et monétaires mondiaux, avec la faillite de la banque Hersatt en Alsace occidentale.

Les principales Mission du comité de Bâle sont récapitulées dans ces trois domaines d'intervention :

- Le partage d'informations concernant les méthodes de contrôle nationales.
- L'optimisation de l'efficacité des méthodes utilisées pour superviser l'activité bancaire Internationale ;
- La définition des normes légales minimales.

Comité de Bâle = Réglementation Bancaire

Voici L'évaluation de Règlements Bancaire international

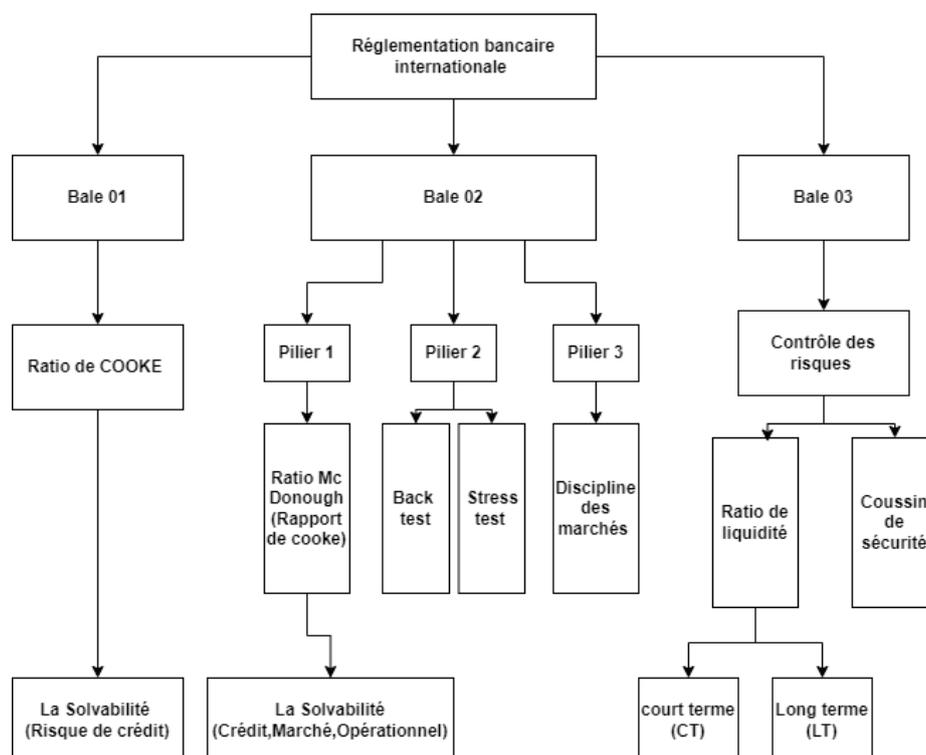


Figure N° 3- 1-- La réglementation bancaire internationale

Explication

La réglementation bancaire internationale est supervisée à travers trois accords principaux :

-Bâle 1, créé en 1988 à la suite de la faillite de la banque Haresett. Cet accord vise à prévenir le risque de crédit en mesurant la solvabilité des banques, calculée à l'aide du ratio de Cooke.

-Bâle 2, créé en 2004 pour corriger les lacunes de Bâle 1. Il est divisé en trois piliers : le premier pilier concerne l'évaluation du ratio de Cooke, le deuxième pilier porte sur les tests de stress et les back tests, visant à évaluer les risques passés et futurs. Enfin, le pilier 3 consiste en l'application des piliers 1 et 2 sur les différents risques bancaires.

-Bâle 3, publié en 2010 et mis en application en 2013, se concentre principalement sur le risque de liquidité et le calcul du coefficient de liquidité.

Ces accords visent à renforcer la stabilité du système financier international en régulant les pratiques bancaires et en atténuant les risques potentiels.

3.4.2 Nationale

Les règles prudentielles nationales Algériennes :

Le règlement 14-01 portant exigence minimale en fonds propres

Le règlement 14-02 portant sur les grands risques et participations

Le règlement 14-03 portant provisionnement et classement des créances

3.5 Les Pratiques et Outils Liés à la Gestion du Risque de Liquidité

La gestion du risque de liquidité dans les institutions financières repose sur diverses pratiques et outils, parmi lesquels l'ALM (Asset Liability Management) joue un rôle central. L'ALM adopte une approche globale et prévisionnelle pour évaluer les risques de liquidité, de taux d'intérêt et de change en quatre étapes : identification et mesure des risques, prévisions sur les taux d'intérêt et de change, simulations des pertes potentielles, et prises de décisions basées sur ces simulations. Un outil essentiel dans cette gestion est le coefficient de liquidité, qui mesure la capacité de la banque à faire face à ses obligations à court terme en comparant les actifs liquides aux passifs à court terme. Un coefficient élevé indique une solide position de liquidité, essentielle pour réduire l'exposition aux risques de liquidité.

Conclusion

La gestion efficace des risques bancaires et le maintien d'une liquidité adéquate sont des piliers essentiels pour assurer la stabilité et la solidité du système financier. Les réglementations et la supervision bancaire jouent un rôle crucial dans la prévention des risques et la protection des intérêts des parties prenantes. Pour maintenir leur viabilité à long terme, les banques doivent continuellement évaluer et gérer leurs risques, ainsi que maintenir des niveaux appropriés de liquidité pour faire face aux situations imprévues.

Cette approche proactive garantit non seulement la résilience des institutions financières, mais renforce également la confiance des déposants et des investisseurs dans le système bancaire global. En intégrant des pratiques de gestion de risque robustes et en respectant les normes réglementaires, les banques peuvent mieux préparer leur avenir et contribuer à la stabilité économique plus large.

CHAPITRE IV : INTELLIGENCE ARTIFICIEL EN FINANCE

Introduction

« L'intelligence artificielle (IA), terme inventé par John McCarthy en 1956, est définie comme "la science et l'ingénierie de la création de machines intelligentes". L'objectif de l'IA en tant que science est de permettre aux machines d'accomplir des tâches qui nécessiteraient de l'intelligence si elles étaient effectuées par des humains. Il s'agit de la théorie et du développement de systèmes informatiques capables d'accomplir des tâches normalement requises par l'intelligence humaine, telles que la perception, l'apprentissage, la résolution de problèmes, la planification, etc. L'IA est une branche de l'informatique qui vise à développer des machines informatiques intelligentes. »

Le domaine financier est transformé par l'intelligence artificielle (IA), en particulier dans la gestion des risques. En combinant des algorithmes avancés avec de vastes quantités de données, l'intelligence artificielle offre aux institutions financières une meilleure compréhension, mesure et gestion des risques auxquels elles font face. La fusion de la finance et de l'intelligence artificielle ouvre des perspectives inédites pour prévoir les risques, renforcer la résistance des institutions et renforcer la stabilité du système financier. La gestion des risques joue un rôle crucial dans toute opération financière. De manière classique, elle utilise des modèles statistiques et des analyses de données historiques afin d'évaluer et de réduire les risques. Toutefois, il est possible que ces méthodes soient restreintes dans leur aptitude à prévoir les événements imprévus ou les évolutions rapides de l'environnement financier. C'est à ce moment que l'intelligence artificielle intervient, proposant des compétences d'analyse avancées et une capacité d'adaptation aux évolutions du marché.

Il existe une variété d'utilisations de l'IA dans la gestion des risques. Elles englobent la recherche de fraudes et de cybermenaces, ainsi que l'amélioration des portefeuilles d'investissement et la modélisation des risques de crédit. Les institutions financières ont la possibilité d'extraire des informations précieuses à partir de données non structurées, comme les actualités financières, les rapports des médias sociaux et les documents réglementaires, en utilisant des techniques comme l'apprentissage automatique et le traitement du langage naturel.

4.1 L'Impact de l'IA sur la Gestion des Risques

En intégrant l'intelligence artificielle dans la gestion des risques financiers, les institutions peuvent non seulement améliorer la précision de leurs prévisions et la gestion des portefeuilles, mais aussi renforcer leur capacité à réagir rapidement aux changements du marché

Voici quelques exemples concrets illustrant cet impact :

- **Prévisions de Risque :** Les institutions financières utilisent des modèles prédictifs basés sur l'IA pour évaluer le risque de crédit par exemple des emprunteurs. Ces modèles analysent un large éventail de données, y compris l'historique de crédit, les revenus, les dépenses et même les comportements en ligne pour prédire la probabilité de défaut de paiement. Par exemple, une banque peut utiliser des algorithmes d'apprentissage automatique pour évaluer le risque de prêt pour un emprunteur en temps réel, en se basant sur des données mises à jour en continu.
- **Optimisation des Portefeuilles d'Investissement :** Les robo-conseillers utilisent l'IA pour recommander des portefeuilles d'investissement personnalisés en fonction des objectifs financiers et des profils de risque des clients. Ces systèmes analysent les préférences des clients, les conditions du marché et les tendances économiques pour ajuster les allocations d'actifs de manière optimale. Par exemple, une plateforme de gestion d'actifs utilisant l'IA peut recommander une répartition d'actifs qui minimise le risque tout en maximisant le rendement, basée sur des scénarios de stress simulés par des algorithmes sophistiqués.
- **Stress Tests Améliorés :** L'IA est utilisée pour améliorer les stress tests en permettant la modélisation de scénarios de stress plus complexes et réalistes. Les institutions financières peuvent simuler des événements extrêmes et évaluer la résilience de leurs portefeuilles sous différentes conditions économiques. Par exemple, des algorithmes d'apprentissage automatique peuvent analyser des ensembles de données historiques étendus pour identifier des tendances et des corrélations non évidentes, améliorant ainsi la précision des prévisions de stress.
- **Analyse des Sentiments et Prévisions de Marché :** L'IA est utilisée pour analyser les sentiments sur les réseaux sociaux et les nouvelles financières afin de prédire l'impact potentiel sur les marchés financiers. Par exemple, des algorithmes de traitement du langage naturel peuvent extraire des informations pertinentes à partir de grandes quantités de données non structurées, permettant aux traders et aux gestionnaires de portefeuille d'anticiper les fluctuations du marché et d'ajuster leurs stratégies en conséquence.

4.2 Les Stress test

« Les stress tests constituent un élément majeur de l'arsenal utilisé par les établissements financiers pour gérer leurs risques. C'est particulièrement vrai pour les banques car le régulateur leur impose des exercices de stress tests à intervalles réguliers, pour leurs portefeuilles de négociation et d'investissement. L'objectif de tels tests est d'attirer l'attention des dirigeants et

des « business managers » sur des sources de risques cachées, susceptibles de menacer l'activité de l'entreprise dans certaines circonstances »

4.2.1 Définition d'un test de résistance bancaire

Selon John Hull Les stress tests ou tests de résistance sont des techniques consistant à évaluer la capacité des établissements bancaires à résister à des conditions extrêmes mais plausibles. Ils permettent l'évaluation du portefeuille des institutions financières selon des scénarii extrêmes qui ne sont pas pris en compte par les modèles de la VAR.

Le test de stress est un moyen d'évaluer les risques qui implique de confronter un système financier ou une institution à des situations de stress extrêmes, souvent hypothétiques mais réalisables, afin de mesurer leur résistance et leur aptitude à faire face à des situations adverses. Cela offre la possibilité de repérer les éventuelles lacunes et de prendre des mesures préventives afin de réduire les dangers

4.2.2 Rôles et objectifs des stress test

Les tests de stress doivent être intégrés à la gestion des risques des institutions financières, facilitant ainsi la création de plans d'atténuation et d'urgence pour diverses situations de stress. Ils doivent être une partie intégrante du processus décisionnel, incluant la détermination de l'appétit pour le risque, la fixation des limites d'exposition, et la planification stratégique à long terme.

Les objectifs précis des tests de stress sont les suivants :

- **Identification et gestion des risques :** Les tests de stress doivent être intégrés à divers niveaux de la gestion des risques afin d'ajuster la stratégie commerciale de l'institution. Ils doivent traiter les risques globaux de l'établissement et tenir compte des concentrations et des interactions de risques en cas de stress.
- **Complément aux outils de gestion des risques :** Les tests de stress complètent les modèles quantitatifs basés sur des données historiques. Ils permettent de simuler des scénarios hypothétiques pour évaluer la robustesse des modèles et identifier les vulnérabilités, comme les concentrations de risques non détectées.
- **Amélioration de la gestion de la liquidité :** Les tests de stress sont essentiels pour identifier, mesurer et contrôler les risques de liquidité de financement, en évaluant le profil de liquidité de l'établissement et la suffisance des réserves de liquidité en cas de tensions spécifiques ou généralisées.

Le schéma suivant présente le rôle des stress tests en tant qu'outil de supervision ainsi que de gestion des risques :

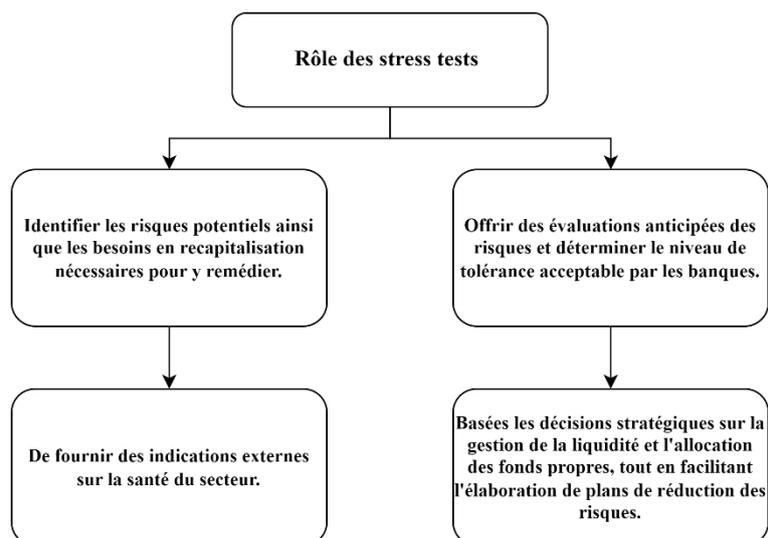


Figure N° 4- 1-Rôle des stress test

4.2.3 Les Modèles, et Topologie du stress test

→ Les Modèles de stress test

En termes de champ d'application, on distingue deux types modèles, à savoir :

a) Le micro-stress tests

Les tests de stress micro sont des instruments de gestion des risques employés par les établissements financiers afin d'évaluer leur capacité à faire face à des chocs particuliers. À la différence des tests de stress macro, qui étudient l'effet des chocs sur tout le système financier, les tests de stress micro se focalisent exclusivement sur les conséquences internes à une institution. Cela donne aux établissements une meilleure compréhension et une gestion plus efficace des risques auxquels ils sont directement confrontés, sans tenir compte des conséquences sur l'ensemble du système financier.

b) Les macros-stress tests

Ces tests sont utilisés par les Banques Centrales pour superviser le système financier. Ils offrent la possibilité d'évaluer l'effet d'un choc commun aux diverses institutions, afin de repérer les failles et d'évaluer la stabilité du système.

À la différence des tests de stress individuels, les tests de stress macro permettent d'évaluer la capacité de résistance du système financier face à une crise de contagion.

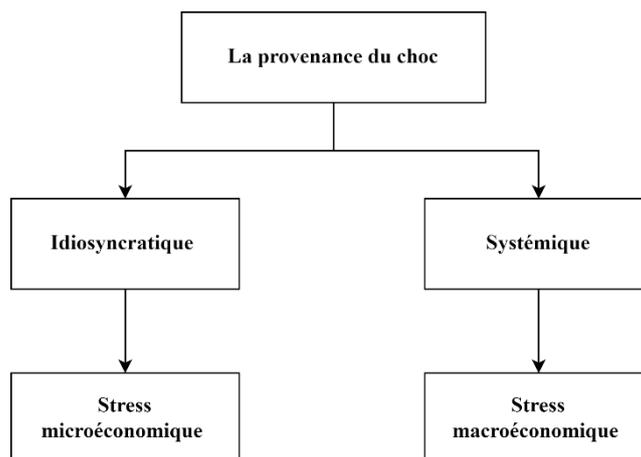


Figure N° 4- 2- Les catégories de stress test selon les provenances des chocs

Idiosyncratique : le choc est de provenance interne.

Systémique : le choc est de provenance externe

→ Topologies

a) Les tests de sensibilité simples

Les stress tests sont essentiels pour évaluer la résilience d'une institution face à divers scénarios de risque. En se focalisant sur les variations d'un seul facteur de risque à la fois, ces tests permettent de mieux appréhender l'impact global sur l'établissement. Cependant, il est crucial de reconnaître que l'ampleur de ces chocs peut être influencée par des données historiques à long terme. Compléter ces tests par des hypothèses théoriques peut contribuer à évaluer plus précisément la capacité de l'institution à résister à des risques spécifiques. En combinant l'expérience passée avec des modèles théoriques, les stress tests deviennent des outils plus puissants pour la gestion des risques et la prise de décision stratégique.

b) Test de scénarios

Les scénarios de stress-test sont des événements extrêmes ou des signes noirs qui sont difficilement prédictibles et pour lesquels les modèles compatibles de scénarios ne peuvent être facilement construits. Il y a deux scénarios distincts qui sont construits dans l'implémentation d'un stress-test. On a les scénarios de base et les scénarios de stress adverse. Les scénarios de base reflètent la situation normale (courante) de l'économie et les scénarios de stress macroéconomiques décrivent les effets des événements adverses.

On peut distinguer trois types de scénarios selon leurs degrés de sévérité :

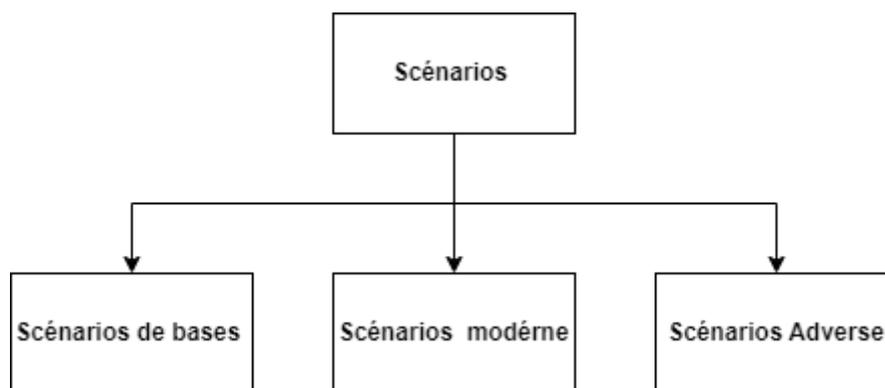


Figure N° 4- 3Type des scénarios

Scénario de base : la situation économique normale ou actuelle

Scénario modéré : simulent des événements adverses modérés mais plausibles

Scénario adverse : qui décrit des conditions économiques extrêmes et adverses.

c) Test inverse

À la différence des tests de sensibilité, le test inversé évalue les modifications requises afin d'atteindre un niveau de résilience financière donné à la banque. Par exemple test inversé pourrait consister à déterminer les conditions économiques qui conduiraient une institution financière à respecter les exigences réglementaires en matière de liquidité. En identifiant ces conditions, les décideurs peuvent mieux comprendre les scénarios dans lesquels l'institution serait capable de maintenir sa liquidité dans des conditions de stress financier.

Pour résumer : les stress tests inversés cherchent à déterminer les scénarios extrêmes qui pourraient entraîner la défaillance d'une institution financière

4.3 Machine Learning et les séries temporelles

4.3.1 Introduction à l'Intelligence Artificielle

L'Intelligence Artificielle (IA) est une branche de l'informatique qui se consacre à la création de systèmes capables d'accomplir des tâches nécessitant l'intelligence humaine. Ces tâches comprennent la reconnaissance vocale, la vision par ordinateur, la prise de décision, et la traduction linguistique. L'IA est fondée sur des algorithmes avancés et des modèles mathématiques qui permettent aux machines de traiter des données, d'apprendre de ces données, et de s'améliorer de manière continue.

L'intelligence artificielle (IA) est appliquée de manière diversifiée dans plusieurs domaines, exploitant ses capacités uniques pour améliorer l'efficacité, la précision et l'automatisation des processus. Voici un aperçu détaillé de son utilisation dans différents secteurs :

- **Prise de décision** : L'IA est utilisée pour analyser de vastes ensembles de données afin d'identifier des modèles et de fournir des recommandations précises. Cela inclut la gestion des risques financiers, l'optimisation des opérations commerciales, et la prédiction de tendances économiques.
- **Moteurs de recherche** : Les algorithmes d'IA sont au cœur des moteurs de recherche modernes comme Google et Bing. Ils améliorent la pertinence des résultats en analysant le contexte de la requête, les comportements de navigation antérieurs et d'autres facteurs pour fournir des réponses plus précises et personnalisées.
- **Vision par Ordinateur** : Cette branche de l'IA permet aux machines de comprendre et d'interpréter des informations visuelles. Les applications incluent la reconnaissance faciale, la conduite autonome, l'analyse d'images médicales et la surveillance de sécurité. Les algorithmes de vision par ordinateur analysent les pixels d'une image ou d'une vidéo pour en extraire des informations utiles.
- **Reconnaissance d'images et de voix** : L'IA permet aux systèmes de reconnaître et d'interpréter des images, des vidéos et des données audios avec une grande précision. Cela trouve des applications dans la sécurité, la surveillance, la médecine (comme l'imagerie médicale), et les interfaces utilisateur (comme les assistants vocaux).

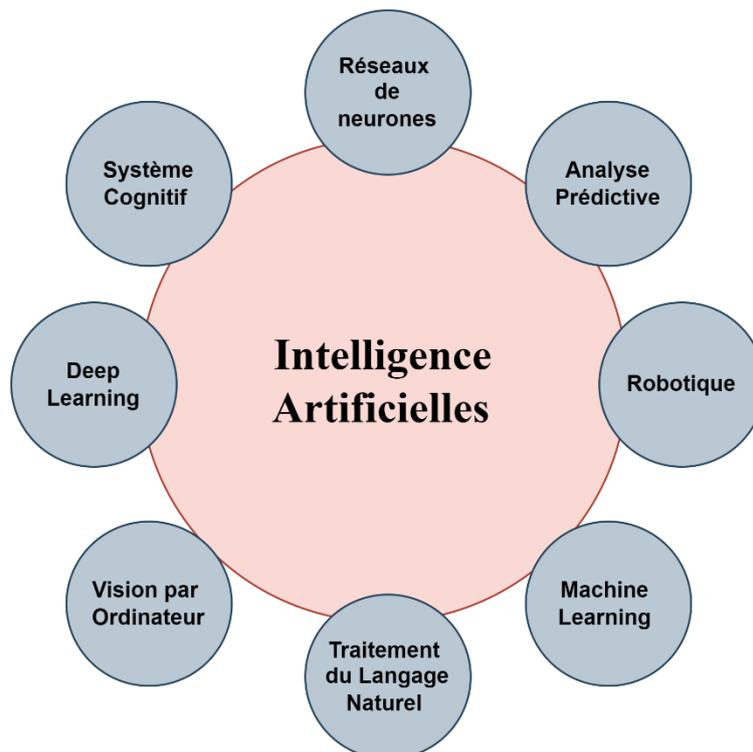


Figure N° 4- 4 Les principaux domaines du IA

L'IA transforme de nombreux secteurs en offrant des outils puissants pour améliorer la précision, l'efficacité et la résilience. En finance, par exemple, l'IA est utilisée pour optimiser

la gestion des risques, effectuer des stress tests, détecter des fraudes et personnaliser les services clients. Les stress tests, qui simulent des scénarios de crise pour évaluer la résilience des institutions financières, bénéficient des capacités de l'IA à analyser des corrélations complexes et à détecter des risques cachés. Les techniques avancées comme le deep learning et le NLP enrichissent ces analyses en offrant des perspectives nouvelles et plus profondes.

4.3.2 Compréhension Approfondi du Machine Learning

→ Définition

Ces tests sont fréquemment demandés par les régulateurs financiers afin de garantir que les institutions ont une quantité adéquate de liquidités en cas de crise, ce qui renforce la transparence et la confiance dans le domaine financier.

Le Machine Learning, également connu sous le nom d'apprentissage automatique, est un domaine scientifique qui fait partie de l'intelligence artificielle. Son objectif est de permettre aux algorithmes de repérer des « patterns », c'est-à-dire des motifs récurrents, dans les ensembles de données. Ces informations peuvent prendre la forme de chiffres, de mots, d'images, de statistiques...

Tout ce qui est numériquement stockable peut être utilisé comme données pour l'apprentissage automatique. En repérant les motifs dans ces données, les algorithmes acquièrent des connaissances et améliorent leurs performances lors de l'exécution d'une tâche précise.

En résumé, les algorithmes de Machine Learning développent leur capacité à accomplir une tâche ou à prédire à partir de données de manière autonome et améliorent leurs performances au fil du temps. Après avoir été formé, l'algorithme sera capable de repérer les motifs dans de nouvelles données.

→ Exemple de chaque domaine d'application

Ce tableau illustre des exemples spécifiques des principaux domaines d'application du Machine Learning.

Domaine d'application	Exemple	Explication
Recommandation de produits	Netflix	Utilisation du Machine Learning pour recommander des films et séries en fonction des préférences et historiques de visionnage des utilisateurs.
Reconnaissance d'image	Google Photos	Classification automatique des photos basée sur le contenu (personnes, lieux, objets) et recherche par mots-clés grâce au Machine Learning.
Traitement du langage naturel	Google Translate	Traduction automatique entre différentes langues en utilisant des modèles de NLP (Natural Language Processing) basés sur le Machine Learning.
Santé et diagnostic médical	IBM Watson Health	Assistance au diagnostic et traitement des cancers en analysant de grandes quantités de données médicales grâce au Machine Learning.
Finance et prévisions	Goldman Sachs	Analyse de marché et prévision des tendances financières pour optimiser les décisions d'investissement en utilisant le Machine Learning.
Automatisation industrielle	General Electric	Maintenance prédictive pour prédire les défaillances d'équipements industriels et optimiser leur performance grâce au Machine Learning.
Véhicules autonomes	Tesla Autopilot	Perception de l'environnement routier, navigation et prise de décision autonomes dans les véhicules autonomes Tesla grâce au Machine Learning.
Robotique	Boston Dynamics	Développement de robots capables de mouvement autonome, manipulation d'objets et interaction adaptative avec leur environnement via le Machine Learning.

Figure N° 4- 5 Exemples d'Application du Machine Learning par Domaine

4.3.3 Machine Learning en finance

Le Machine Learning (ML) occupe une place centrale dans le secteur financier en raison de sa capacité à analyser de grandes quantités de données et à fournir des insights précieux pour la prise de décision. Voici un aperçu détaillé de l'application du ML dans le domaine financier :

- **Prévisions financières et de marché :** Les algorithmes de ML sont utilisés pour prévoir les tendances du marché, les prix des actifs financiers et les risques associés. Par exemple, les modèles peuvent être entraînés à prédire les fluctuations des cours des actions, des taux de change ou des matières premières en analysant des données historiques et en intégrant des variables économiques et financières.
- **Évaluation du crédit :** Les institutions financières utilisent le ML pour évaluer le risque de crédit des emprunteurs en analysant diverses variables telles que l'historique de crédit, les revenus, les ratios financiers et les comportements de paiement. Cela permet de prendre des décisions plus rapides et plus précises en matière d'octroi de prêts.
- **Trading algorithmique :** Le ML est utilisé pour développer des stratégies de trading automatisées en analysant les données de marché en temps réel. Les modèles peuvent identifier des opportunités de trading basées sur des patterns complexes et ajuster les transactions en fonction des conditions du marché.
- **Assistance clientèle et gestion des risques :** Les chatbots alimentés par le ML sont employés pour fournir un support clientèle automatisé, répondant aux questions des clients et les guidant dans leurs besoins financiers. De plus, le ML est utilisé pour évaluer et gérer les risques opérationnels et de conformité au sein des institutions financières.
- **Stress Testing :** Le Machine Learning est appliqué dans les stress tests financiers pour évaluer la résilience des institutions face à des scénarios économiques adverses. Les modèles de ML permettent de simuler des conditions de stress complexes et de mesurer l'impact potentiel sur les portefeuilles d'actifs, les flux de trésorerie et la solvabilité des institutions financières. Cela aide les régulateurs et les banques à identifier les vulnérabilités et à renforcer leurs capacités de gestion des risques.

Ces applications montrent comment le ML transforme la manière dont les institutions financières analysent les données, gèrent les risques et améliorent leurs processus décisionnels pour mieux servir leurs clients et optimiser leurs opérations.

4.3.4 L'application du machine Learning pour les stress test

Le Machine Learning (ML) offre des outils puissants pour améliorer l'efficacité et la précision des stress tests dans le secteur financier. Voici comment ces technologies sont appliquées :

- **Détection des Risques :** Le ML permet d'identifier les risques émergents et de détecter les anomalies dans les données financières. Ces capacités sont essentielles pour anticiper les crises financières et pour mettre en place des stratégies de gestion des risques plus robustes.
- **Analyse de Scénarios :** Les algorithmes de ML peuvent générer et analyser un grand nombre de scénarios de stress. Cette analyse permet de comprendre comment différents facteurs économiques interagissent et affectent les performances des institutions financières sous des conditions extrêmes.

- **Personnalisation des Scénarios** : Les institutions financières peuvent utiliser le ML pour créer des scénarios de stress spécifiques à leur profil de risque et à leur environnement opérationnel. Cette personnalisation améliore la pertinence et l'efficacité des tests de résistance.
- **Amélioration de la Résilience** En intégrant les résultats des stress tests basés sur le ML dans leurs plans de gestion des risques, les institutions financières peuvent renforcer leur résilience face aux chocs économiques. Les stratégies d'atténuation des risques deviennent plus proactives et informées.

En somme, l'application du Machine Learning aux stress tests permet aux institutions financières de mieux comprendre et gérer les risques, tout en optimisant leurs ressources et en renforçant leur stabilité financière.

4.3.5 Les séries temporelles

→ Définition

Une série temporelle (ou une série chronologique) est une succession de données indexées par le temps, telles que x_1, \dots, x_n . Selon les cas, l'indice du temps peut varier, allant de la minute à l'heure, du jour à l'année, etc... La longueur de la série est le nombre n . La série temporelle est généralement bien représentée sur un graphe construit de la façon suivante : abscisse du temps, ordonnée de la valeur de l'observation à chaque instant. Dans le but de faciliter la compréhension, les points obtenus sont reliés par des segments de droite. Ainsi, le graphe semble être une ligne brisée.

Voici un exemple de série temporelle portant sur les dépôts bancaires : Dépôts bancaires mensuels : Cette série temporelle représente le montant total des dépôts effectués dans une banque chaque mois sur une période donnée, par exemple, de janvier 2010 à décembre 2020. Chaque mois est une donnée, ce qui donne un total de 132 points de données pour cette période.

Il existe deux catégories de modèles pour rendre compte d'une série temporelle.

- a) **Modèles de déterminisme temporel strict** : Dans cette première catégorie, les données sont perçues comme une fonction directe du temps. En d'autres termes, la valeur de la série temporelle Y_t dépend exclusivement du temps t à chaque instant t . Une équation linéaire simple est une équation où Y_t est une fonction linéaire de t , tel que

$$Y_t = y_0 + vt$$

Y_0 est une constante.

v est la pente de la ligne.

- b) **Modèles itératifs** : La deuxième classe de modèles vise à anticiper chaque valeur de la série temporelle en se basant sur les valeurs précédentes. En d'autres termes, la valeur Y_t à

un instant t est influencée par les valeurs $[Y_{t-1}, Y_{t-2}]$, etc. Il s'agit d'une fonction itérative qui permet de prédire les valeurs à venir de la série temporelle.

$$Y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots)$$

→ Les composants Principale des séries temporelles

Les séries temporelles sont des données collectées et enregistrées chronologiquement à intervalles réguliers. Pour analyser et prévoir les séries temporelles, il est essentiel de comprendre leurs composants fondamentaux et c'est ça l'objectif de la décomposition 'une série chronologique. Voici les principaux composants des séries temporelles :

A) La tendance :

La tendance d'une série temporelle représente la direction générale des données sur une période prolongée. Elle peut être ascendante (augmentation des valeurs), descendante (diminution des valeurs), ou stable (peu ou pas de changement significatif) ou des combinaisons entre eux.

Par exemple la croissance à long terme des indices boursiers, comme le S&P 500, qui montre généralement une tendance à la hausse sur plusieurs décennies.

❖ Importance du composant tendance

Une compréhension approfondie des tendances contribue à une meilleure évaluation des performances et à une adaptation plus efficace aux fluctuations du marché, voici quelques importances en finance :

- Analyse des Données Historiques : Par exemple, si une entreprise observe que ses ventes augmentent régulièrement de 5% chaque trimestre au cours des cinq dernières années, elle peut raisonnablement prévoir une croissance similaire pour les périodes futures.
- Prévision des Revenus et Dépenses : Par exemple, si une tendance actuelle montre une hausse de la demande pour un produit spécifique, l'entreprise peut prévoir une augmentation correspondante des ventes et ajuster son budget pour allouer plus de ressources à la production de ce produit.

B) Saisonnalité :

Le composant saisonnier d'une série temporelle représente des fluctuations régulières et prévisibles qui se répètent sur une base périodique, telle que mensuelle, trimestrielle, ou annuelle. Ces variations sont généralement liées à des facteurs saisonniers comme les saisons de l'année, les fêtes, les vacances, ou d'autres événements cycliques.

Par exemple Pic des Demandes de Prêts : Une augmentation des demandes de prêts hypothécaires au printemps et en été, lorsque les gens sont plus susceptibles d'acheter des maisons.

❖ Importance du composant saisonnière

Planification et Prévision : Par exemple, une entreprise de vente au détail peut prévoir une augmentation des ventes pendant la période des fêtes et ajuster ses stocks et son personnel en conséquence.

C) Résidus

Ce composant représente les variations aléatoires ou non systématiques qui ne peuvent pas être expliquées par les tendances, les saisons ou les cycles. Il est souvent associé à des fluctuations imprévisibles, des erreurs de mesure ou d'autres facteurs aléatoires qui ne suivent pas de modèle discernable.

Par exemple : une entreprise de commerce électronique qui connaît une augmentation soudaine et imprévue des ventes pendant une période normalement calme, due à un événement viral sur les réseaux sociaux qui attire beaucoup d'attention sur un produit spécifique. Cette augmentation des ventes ne suit pas les schémas saisonniers ou les tendances historiques habituelles de l'entreprise, et elle peut être considérée comme une irrégularité dans la série temporelle des ventes.

Remarque : La différence entre le composant saisonnier et le composant cyclique dans une série temporelle réside dans leur périodicité et leur nature sous-jacente. Le composant saisonnier se répète à des intervalles fixes et prévisibles chaque année, souvent influencé par des facteurs comme les saisons ou les vacances. En revanche, le composant cyclique représente les fluctuations économiques à plus long terme, généralement sur plusieurs années, qui ne sont pas aussi régulières que les variations saisonnières et peuvent être influencées par des facteurs macroéconomiques tels que les cycles économiques.

→ Stationnarité

La stationnarité est une propriété fondamentale des séries temporelles, qui influence directement la manière dont nous pouvons les modéliser et les analyser. Une série temporelle est dite stationnaire lorsque ses propriétés statistiques ne changent pas avec le temps. Cela signifie que la moyenne, la variance et la covariance entre les observations restent constantes sur toute la période d'observation. Les modèles statistiques et les techniques d'analyse des séries temporelles reposent souvent sur cette hypothèse de stationnarité pour être valides.

✚ Pourquoi la stationnarité est-elle importante ?

Facilité d'interprétation et de modélisation : Les séries stationnaires ont des propriétés statistiques constantes, ce qui simplifie l'analyse et la modélisation. Par exemple, les modèles comme les modèles ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) sont spécifiquement conçus pour modéliser des séries stationnaires.

Consistance des résultats : Les prévisions basées sur des modèles stationnaires sont plus fiables car les relations statistiques entre les variables restent constantes dans le temps.

✚ Techniques pour rendre une série stationnaire :

Différenciation : La différenciation consiste à calculer les différences successives entre les observations de la série temporelle. La première différence, par exemple, est calculée comme suit :

$$\Delta X = X_t - X_{t-1}$$

Cette opération soustrait chaque observation de la précédente, créant une nouvelle série de données où les variations temporelles sont accentuées. Continuez ce processus jusqu'à ce que la série résultante devienne stationnaire. La différenciation aide à supprimer les tendances et les effets saisonniers, rendant la série plus stable et appropriée pour l'analyse statistique.

- 1) **Transformation** : Les transformations sont utilisées pour stabiliser la variance et rendre la série temporelle plus homogène. Deux transformations couramment utilisées sont :
- 2) **Transformation logarithmique** : Appliquer le logarithme naturel à chaque observation X_t , souvent utilisé lorsque la série a une croissance exponentielle.
- 3) **Transformation racine carrée** : Prendre la racine carrée des valeurs pour stabiliser les variations extrêmes et réduire la dispersion.
- 4) Ces transformations peuvent être particulièrement utiles lorsque la variance de la série varie considérablement avec le temps.
- 5) **Découpage et modélisation** : Identifier et éliminer les tendances ou les composantes saisonnières de la série temporelle peut aider à la rendre stationnaire. Cela peut impliquer l'utilisation de techniques comme la décomposition saisonnière pour extraire et isoler les tendances périodiques, ou l'utilisation de modèles spécifiques comme les modèles ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) qui sont capables de gérer les tendances et les saisons de manière robuste.

La stationnarité est donc une condition préalable importante pour de nombreuses analyses et modélisations des séries temporelles. Elle garantit que les résultats des analyses sont robustes et fiables, en permettant l'utilisation appropriée des techniques statistiques et des modèles adaptés aux données temporelles.

4.4 Algorithme et technique

Les algorithmes jouent un rôle crucial dans une variété d'applications, chacun étant conçu pour répondre à des objectifs spécifiques. Parmi eux, les techniques algorithmiques pour la prévision des séries temporelles se distinguent par leur capacité à analyser et à prédire les tendances basées sur des données historiques. Ces approches algorithmiques varient en fonction de leur complexité et de leur adaptabilité aux différents types de données temporelles.

4.4.1 Approches algorithmiques pour la prévision des séries temporelles

Il existe plusieurs modèles pour l'analyse des séries temporelles. Le choix du modèle dépend de la nature des données et du problème spécifique à résoudre. Parmi les modèles les plus importants pour l'analyse des séries temporelles, on peut citer :

□ Les Modèles statistiques

Les modèles statistiques sont des approches traditionnelles utilisées pour modéliser et prévoir les séries temporelles en se basant sur des hypothèses statistiques sur la structure des données.

→ Les hypothèses des modèles statistiques

Voici quelques hypothèses courantes sur lesquelles se basent ces modèles :

- **Stationnarité** : L'hypothèse que les propriétés statistiques de la série temporelle ne changent pas avec le temps. Cela signifie que la moyenne, la variance et la covariance restent constantes sur toute la période d'observation.
- **Autocorrélation** : L'hypothèse que les observations successives dans la série temporelle sont corrélées. En d'autres termes, les valeurs passées influencent les valeurs futures.
- **Absence de saisonnalité** : Parfois, les modèles statistiques supposent que la série temporelle ne présente pas de motifs saisonniers ou périodiques. Cela peut être vrai pour les données non saisonnières où les variations sont aléatoires.

Ces hypothèses aident à simplifier la complexité des données temporelles et permettent aux modèles statistiques de fournir des prévisions précises dans des contextes où les données répondent à ces conditions. Cependant, ces hypothèses peuvent ne pas toujours être vérifiées dans des situations réelles, ce qui nécessite parfois l'utilisation de modèles plus flexibles ou complexes comme ceux de l'intelligence artificielle.

□ Les différents modèles statistiques

Il existe une variété de modèles statistiques utilisés pour l'analyse des séries temporelles. Voici quelques-uns des plus courants :

- **Modèle AR (Auto-Régressif)** :

Le modèle AR utilise les valeurs passées de la série temporelle pour prédire les valeurs futures. La prédiction d'une valeur future est une combinaison linéaire des valeurs passées de la série temporelle.

→ Formule :

$$X_t = c + \sum_{i=1}^P \phi_i X_{t-i} + \epsilon_t$$

Où :

- X_t est la valeur de la série temporelle à l'instant t.

- c est une constante.
- ϕ_i sont les coefficients du modèle.
- ϵ_t est le terme d'erreur à l'instant t .
- p est l'ordre du modèle.

→ **Explication des Composants :**

- X_t : Représente la valeur actuelle de la série temporelle.
- c : Une constante qui ajuste la moyenne de la série.
- ϕ_i : Les coefficients autorégressif qui indiquent l'influence des valeurs passées X_{t-i} Sur la valeur actuelle X_t .
- ϵ_t : Le terme d'erreur ou de bruit blanc, qui représente les fluctuations aléatoires à l'instant t .
- p : L'ordre du modèle, qui détermine le nombre de valeurs passées utilisées pour prédire X_t
- $X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-3} \dots \dots X_{t-p}$ Utilisées pour prédire X_t .

→ **Application en Finance :**

En finance, le modèle AR est couramment utilisé pour prédire les prix des actifs tels que les actions ou les taux de change. Par exemple, un modèle AR (1) (où $p=1$) pourrait utiliser le prix de l'action d'hier pour prédire le prix d'aujourd'hui, en tenant compte d'une constante et d'un terme d'erreur.

Remarque :

• **Modèle MA (Moyenne Mobile) :**

Le modèle MA (Moving Average) est un type de modèle statistique utilisé pour modéliser et prévoir les séries temporelles. Contrairement au modèle AR (Auto-regressive) qui utilise les valeurs passées de la série temporelle pour faire des prédictions, le modèle MA utilise les erreurs passées (ou résidus) de la série temporelle pour modéliser les variations à court terme.

→ **Formule :**

$$X_t = c + \epsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i}$$

Où :

- X_t est la valeur de la série temporelle à l'instant t .

- c est une constante.
- θ_i sont les coefficients du modèle.
- ϵ_t est le terme d'erreur à l'instant t .
- q est l'ordre du modèle.

→ Explication des Composants :

- X_t : Représente la valeur actuelle de la série temporelle à l'instant t .
- c : Une constante qui ajuste la moyenne de la série temporelle, souvent incluse pour modéliser un niveau moyen.
- θ_i : Les coefficients de la moyenne mobile qui représentent l'influence des erreurs passées ϵ_{t-1} Sur la valeur actuelle X_t . Chaque θ_i indique comment une erreur passée affecte la valeur actuelle en fonction de sa distance dans le temps.
- ϵ_t : Le terme d'erreur à l'instant t , qui représente les fluctuations aléatoires non systématiques à cet instant.
- q L'ordre du modèle MA, qui spécifie combien de termes d'erreur passés $\epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \epsilon_{t-3} \dots \epsilon_{t-q}$ sont utilisés pour prédire X_t .

→ Calcul des termes d'erreur :

Une fois que les coefficients $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_q$ sont estimés à l'aide des méthodes d'estimations comme la méthode de moindres carrés ordinaires, on peut calculer les termes d'erreur ϵ_t Pour chaque instant t . Voici comment vous pouvez procéder :

- Pour $t=1$, ϵ_1 est généralement inconnu et peut être supposé nul ou estimé à partir des résidus de la série temporelle.
- Pour $t=2$, ϵ_2 est calculé comme la différence entre la valeur observée X_2 et la prédiction basée sur les termes d'erreur passés ϵ_1 .

$$\epsilon_2 = X_2 - (c + \epsilon_1 \theta_1)$$

- Pour $t=3$, ϵ_3 est calculé de manière similaire en utilisant les valeurs observées précédentes et les termes d'erreur ϵ_1 et ϵ_2

$$\epsilon_3 = X_3 - (c + \epsilon_1 \theta_1 + \epsilon_2 \theta_2)$$

Où : $q=2$ ϵ_t Dépend des deux termes d'erreur précédents ϵ_{t-1} et ϵ_{t-2} ,

En résumé, le modèle MA est une méthode puissante pour modéliser les séries temporelles en se concentrant sur les variations à court terme et en utilisant les erreurs passées pour faire des prévisions précises.

- **modèle ARMA (Auto-Régressif Moyenne Mobile) :**

Le modèle ARMA (AutoRegressive Moving Average) combine à la fois des composants autorégressifs (AR) et des composants à moyenne mobile (MA) pour modéliser les séries temporelles.

Le modèle ARMA est utilisé pour modéliser les séries temporelles qui présentent à la fois une autocorrélation et une moyenne mobile. Il se compose de deux parties principales :

Partie Autorégressive (AR) :

La partie AR d'un modèle ARMA utilise les valeurs passées de la série temporelle pour modéliser la valeur actuelle.

Partie à Moyenne Mobile (MA) :

La partie MA d'un modèle ARMA utilise les erreurs passées pour ajuster la prédiction actuelle.

→ **La formule**

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \epsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i}$$

OÙ :

- X_t est la valeur de la série temporelle à l'instant t ,
- c est une constante,
- ϕ_i sont les coefficients autorégressifs,
- ϵ_t est le terme d'erreur à l'instant t ,
- θ_i sont les coefficients de la moyenne mobile,
- P est l'ordre du modèle AR,
- q est l'ordre du modèle MA.

En résumé, le modèle ARMA est un outil puissant pour modéliser et prévoir les séries temporelles en intégrant à la fois l'autocorrélation et les effets de moyenne mobile, ce qui en fait une méthode couramment utilisée dans l'analyse des données financières, économiques et météorologiques, entre autres.

- **Modèle ARIMA (Auto-Régressif Intégré Moyenne Mobile) :**

Le modèle ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) est une extension du modèle ARMA qui inclut une composante intégrée (I) pour traiter les séries temporelles non stationnaires. Voici une explication détaillée du modèle ARIMA :

Le modèle ARIMA se compose de trois parties principales :

Partie Autorégressive (AR) :

La partie AR d'un modèle ARIMA utilise les valeurs passées de la série temporelle pour modéliser la valeur actuelle.

Partie à Moyenne Mobile (MA) :

La partie MA d'un modèle ARIMA utilise les erreurs passées pour ajuster la prédiction actuelle.

Partie Intégrée (I) :

- La partie intégrée d'un modèle ARIMA ajuste la série temporelle pour la rendre stationnaire, c'est-à-dire que les propriétés statistiques comme la moyenne et la variance restent constantes au fil du temps.
- Pour une série temporelle non stationnaire Y_t , la différence première est définie comme : $Z_t = Y_t - Y_{t-1}$ Où Z_t est la série temporelle intégrée première.
- L'ordre de différenciation d indique le nombre de différences nécessaires pour rendre la série temporelle stationnaire.

→ Formule du modèle ARIMA (p, d, q) :

Le modèle ARIMA combine les parties AR, I et MA pour modéliser les séries temporelles.

Étapes pour calculer X_t avec un modèle ARIMA :

1. Différenciation Pour rendre la série temporelle X_t Stationnaire, vous effectuez la différenciation c'est à dire l'ordre de différenciation pour rendre la série stationnaire. Si $d=1$, la première différence est calculée comme suit :

$$Z_t = X_t - X_{t-1}$$

Si $d=2$, vous calculez la seconde différence :

$$Z_t = (X_t - X_{t-1}) - (X_{t-1} - X_{t-2})$$

2. Application des composants AR et MA : Après avoir obtenu la série différenciée Z_t , vous appliquez les parties autorégressives (AR) et moyennes mobiles (MA) sur cette série, similaire à un modèle ARMA :
- 3.

$$Z_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i Z_{t-i} + \epsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i}$$

Où : Z_t Est la série différenciée.

Le modèle ARIMA est une méthode puissante pour analyser et prédire les séries temporelles complexes. Il combine la différenciation pour rendre la série stationnaire avec des composantes autorégressives et de moyennes mobiles pour capturer les dépendances temporelles.

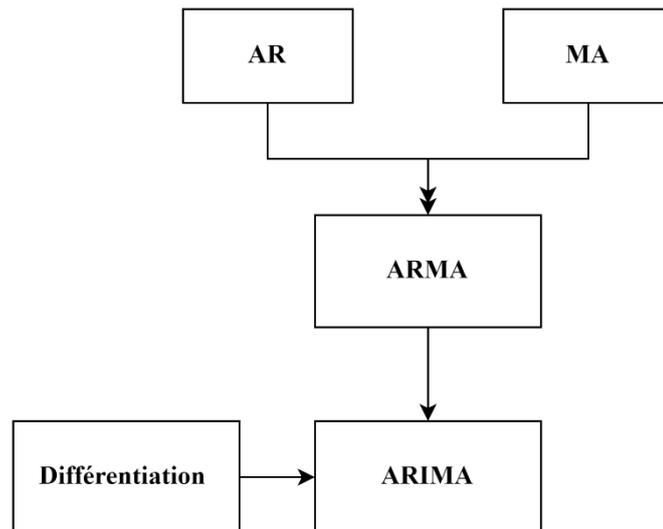


Figure N° 4- 6Relation entre les modèle Statistiques

Les modèles statistiques tels que AR, MA, ARMA, ARIMA jouent un rôle essentiel dans l'analyse et la prévision des séries temporelles. Leur force réside dans leur capacité à capturer les relations linéaires et les patterns saisonniers des données historiques, permettant ainsi de faire des prévisions robustes sous certaines hypothèses de stationnarité et de linéarité. Ces modèles sont particulièrement efficaces lorsqu'ils sont appliqués à des séries temporelles bien comprises et où les hypothèses de base sont respectées.

❑ Les modèles d'Intelligence Artificielle

Les modèles d'intelligence artificielle (IA) ont révolutionné l'analyse des séries temporelles en offrant des techniques capables de gérer des complexités et des non-linéarités que les modèles statistiques traditionnels ne peuvent pas toujours capturer efficacement. Ces modèles sont particulièrement utiles dans des contextes où les données sont abondantes et les patterns sont difficiles à modéliser avec des approches classiques.

- **Réseaux de neurones artificiels (ANN)**

Les réseaux de neurones sont un sous-ensemble du Machine Learning, dont la structure et la logique visent à imiter celles du cerveau biologique. Également connus sous le nom de réseaux de neurones artificiels (ANN), les réseaux de neurones se composent de nœuds interconnectés, ou neurones artificiels, organisés en couches avec des connexions pondérées qui transmettent et traitent les données. Les réseaux de neurones à plusieurs couches constituent le socle des algorithmes du Deep Learning.

Les réseaux de neurones sont conçus pour apprendre des schémas et des relations à partir de données d'entraînement, s'adapter et s'améliorer de façon continue, et appliquer ce qu'ils ont appris pour réaliser des prédictions ou prendre des décisions. Leur capacité à extraire des informations pertinentes à partir de données complexes pour résoudre des problèmes leur permet de se distinguer des algorithmes traditionnels.

- **Les réseaux de neurones récurrents (RNN)**

Les RNNs sont parfaits pour résoudre des problèmes où la séquence des données est plus importante que les éléments individuels. Ils sont couramment utilisés pour traiter des données séquentielles, telles que les séries chronologiques ou les données textuelles de divers formats. Les séquences sont des ensembles d'éléments disposés dans un ordre spécifique, chacun occupant une position ou un moment particulier dans le temps. Par exemple, dans une série de transactions financières, chaque transaction se produit à un instant précis et dans un ordre déterminé.

Les RNNs (réseaux de neurones récurrents) sont particulièrement efficaces pour traiter les données séquentielles grâce à leur capacité à conserver une mémoire interne des informations précédentes. Contrairement aux réseaux de neurones traditionnels où l'information se déplace de manière linéaire de la couche d'entrée à la couche de sortie, les RNNs intègrent une boucle qui leur permet de revisiter les nœuds précédemment activés. Ainsi, lorsque les RNNs font une prédiction ou prennent une décision, ils utilisent à la fois les données actuelles et les informations accumulées des données antérieures, ce qui augmente la précision de leurs prédictions.

→ **Flux d'information dans un réseau de neurones traditionnel :**

L'information se déplace de la couche d'entrée à la couche de sortie en passant par les couches cachées de manière linéaire. Chaque nœud (neurone) est activé une seule fois par passage.

→ **Flux d'information dans un RNN :**

Les RNNs possèdent une structure récurrente qui permet de réutiliser l'information des états cachés précédents. Cela signifie que lorsqu'un RNN reçoit une nouvelle donnée d'entrée, il tient compte à la fois de cette nouvelle donnée et de l'information des états cachés passés.

→ **Architecture des RNNs**

Un RNN est composé de plusieurs éléments essentiels qui interagissent pour traiter des données séquentielles tout en maintenant une mémoire interne de séquence à séquence.

a) Couche d'Entrée (Input Layer)

La couche d'entrée reçoit les données d'entrée à chaque étape temporelle t . Chaque donnée d'entrée X_t est souvent représentée sous forme de vecteur. Par exemple, dans le traitement du langage naturel, X_t pourrait être un vecteur de mots encodés ou de caractéristiques extraites d'une phrase à l'instant t .

b) Couche Cachée (Hidden Layer)

La couche cachée est responsable de maintenir l'état interne du réseau et de capturer les dépendances à long terme dans les séquences. Chaque neurone dans la couche cachée calcule un état caché H_t à chaque étape t .

Ces vecteurs stockent les informations des séquences précédentes.
Initialement, H_0 est souvent zéro ou un vecteur aléatoire.

Calcul de l'état caché :

L'état caché H_t à l'étape t est une fonction non linéaire des données d'entrée actuelles X_t et de l'état caché précédent H_{t-1} , pondérées par des matrices de poids W_x et W_h , respectivement, et ajustées par un biais b_h . La fonction d'activation ϕ est généralement une fonction non linéaire comme la fonction tangente hyperbolique (\tanh) ou la fonction sigmoïde.

$$H_t = \phi(X_t W_x + H_{t-1} W_h + b_h)$$

Où :

W_x Poids appliqués à l'entrée.

W_h Poids appliqués à l'état caché précédent.

W_y Poids appliqués à l'état caché pour produire la sortie.

b_h Biais ajouté au calcul de l'état caché.

b_y Biais ajouté au calcul de la sortie.

c) Boucle Récurrente

La boucle récurrente est la caractéristique centrale des RNNs. Elle permet à l'état caché H_t d'être influencé par l'état caché précédent, H_{t-1} . Cette rétroaction permet au réseau de traiter des données séquentielles en tenant compte de leur ordre temporel.

À chaque nouvelle étape t , l'état caché H_t est calculé en combinant l'information de l'entrée actuelle X_t et de l'état caché précédent H_{t-1} .

Gérer les dépendances c'est à dire utiliser les couches cachées précédent.

d) Couche de Sortie (Output Layer)

La couche de sortie génère la prédiction ou l'output Y_t à partir de l'état caché H_t à chaque étape t .

L'output Y_t est calculé en multipliant l'état caché H_t par une matrice de poids W_y et en ajoutant un biais b_y . Ce processus permet au réseau de transformer l'information apprise dans l'état caché en une sortie prédictive.

$$Y_t = H_t W_y + b_y$$

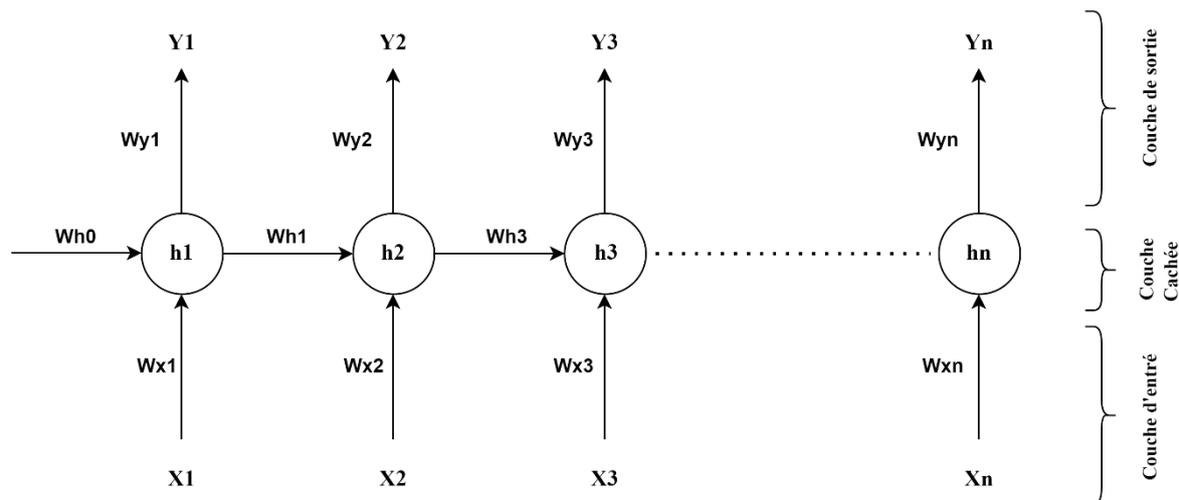


Figure N° 4- 7-Architecture d'un Réseaux RNN

→ **Le fonctionnement des RNNs :**

Pendant la phase d'apprentissage (entraînement), le réseau apprend les paramètres optimaux (matrices de poids W_x , W_y , W_h et biais b_y , b_h en minimisant une fonction de perte sur les données d'entraînement.

→ **Limitations :**

Les RNNs peuvent rencontrer des difficultés avec les séquences très longues en raison du problème de disparition du gradient, où l'information pertinente peut être diluée ou perdue sur de nombreuses étapes temporelles.

En résumé, les RNNs sont puissants pour modéliser des séquences en raison de leur capacité à maintenir et à utiliser des états cachés pour capturer les relations séquentielles complexes. Leur architecture unique les rend adaptés à un large éventail de tâches où l'ordre des éléments dans les données est crucial.

- **Les Long Short-Term Memory (LSTM)**

Les Long Short-Term Memory (LSTM) sont une variante des réseaux de neurones récurrents (RNN) conçue pour mieux gérer les dépendances à long terme et résoudre les problèmes de gradient qui disparaît ou explose.

Les LSTM introduisent une architecture de cellule spéciale qui permet de conserver des informations sur de longues périodes et de les utiliser de manière sélective. Chaque cellule LSTM a la capacité de décider quelles informations retenir, quelles informations oublier, et quelles informations ajouter à son état cellulaire.

➤ **Fonctionnement du LSTM**

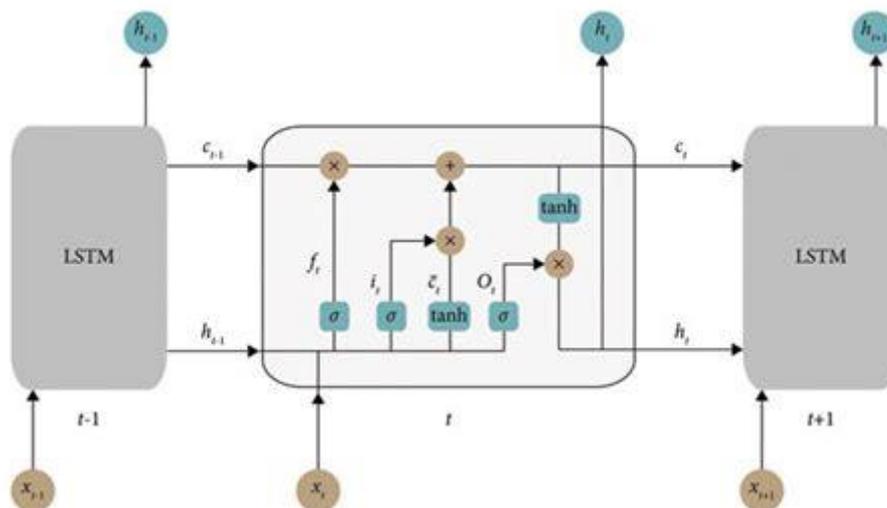


Figure N° 4- 8 Architecture du Réseaux LSTM

Les Portes dans une Cellule LSTM

→ **Porte d'Oubli f_t** : La porte d'oubli décide quelles informations de l'état cellulaire précédent C_{t-1} doivent être oubliées ou conservées. Elle est calculée comme suit : $f_t = \sigma(W_f \cdot [H_{t-1}, X_t] + b_f)$

- σ est la fonction sigmoïde qui donne une sortie entre 0 et 1.
- W_f sont les poids associés à la porte d'oubli.
- b_f est le biais associé à la porte d'oubli.
- H_{t-1} est l'état caché de l'étape précédente.
- X_t est l'entrée actuelle.

Les valeurs de la porte d'oubli déterminent quelles parties de l'information de l'état cellulaire précédent sont jugées importantes à conserver pour la prédiction actuelle. Cela permet au réseau LSTM de gérer efficacement les dépendances temporelles en ignorant les informations obsolètes et en conservant les informations pertinentes pour les prédictions futures.

→ **Porte d'Entrée (i_t)** : La porte d'entrée décide quelles nouvelles informations doivent être ajoutées à l'état cellulaire (Détermine quelles informations de l'état cellulaire précédent C_{t-1} doivent être oubliées.. Elle est calculée comme suit :

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [H_{t-1}, X_t] + b_i)$$

Ensuite, le contenu candidat de la cellule C_t est calculé

$$C'_t = \tanh(W_c \cdot [H_{t-1}, X_t] + b_c)$$

- \tanh est la fonction tangente hyperbolique, qui donne une sortie entre -1 et 1.
- W_c sont les poids associés au calcul du contenu cellulaire candidat.
- b_c est le biais associé au contenu cellulaire candidat.

→ **Porte de Sortie o_t** : La porte de sortie décide quelles informations de l'état cellulaire doivent être utilisées pour produire l'état caché actuel H_t . Elle est calculée comme suit :

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [H_{t-1}, X_t] + b_o)$$

- W_o sont les poids associés au calcul du contenu de la sortie.
- b_o est le biais associé au contenu cellulaire candidat.

→ **Mise à Jour de l'État Cellulaire et de l'État Caché**

Mise à Jour de l'État Cellulaire C_t : L'état cellulaire actuel est une combinaison des informations retenues de l'état cellulaire précédent et des nouvelles informations ajoutées :

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot C'_t$$

- $f_t \odot C_{t-1}$ Représente les informations conservées de l'état cellulaire précédent.
- $i_t \odot C'_t$ Représente les nouvelles informations ajoutées.

Calcul de l'État Caché H_t : L'état caché actuel est obtenu en filtrant l'état cellulaire actuel à travers la porte de sortie :

$$H_t = o_t \odot \tanh(C_t)$$

En résumé, bien que les LSTM soient largement utilisés et efficaces pour de nombreuses tâches de traitement du langage naturel, de reconnaissance de séquences et de prévision temporelle, ils ne sont pas une solution universelle et présentent des compromis en termes de coût computationnel, complexité et interprétabilité. Ils nécessitent une expertise considérable pour être correctement mis en œuvre et ajustés en fonction des besoins spécifiques de l'application.

- **Les LSTM bidirectionnels (LSTMBD)**

Le LSTM bidirectionnel est une extension du LSTM standard qui permet d'exploiter l'information contextuelle non seulement du passé mais aussi du futur lors de la prédiction. Contrairement au LSTM standard qui ne regarde que les séquences passées pour prédire le futur, le LSTM bidirectionnel traite la séquence dans les deux sens

➤ **Architecture du LSTM Bidirectionnel**

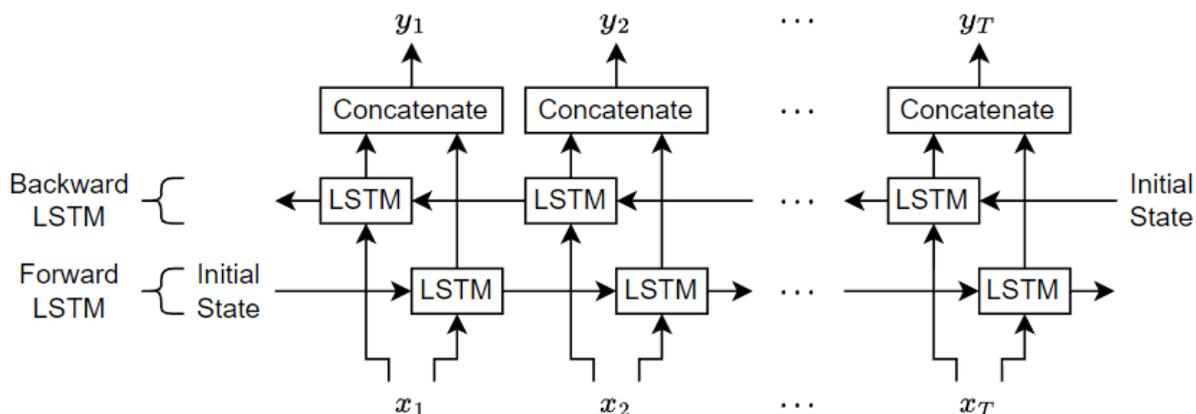


Figure N° 4- 9-Architecture Du LSTM Bidirectionnel

- **Cellules LSTM** : Comme le LSTM standard, le LSTM bidirectionnel comprend des cellules LSTM. Chaque cellule LSTM est composée de plusieurs portes (d'entrée, de sortie et d'oubli) et d'un état caché qui est mis à jour à chaque étape temporelle en fonction des entrées et des sorties précédentes.
- **Direction de la Séquence** : Contrairement au LSTM standard qui traite la séquence dans un seul sens (généralement du passé vers le futur), le LSTM bidirectionnel comprend deux ensembles de cellules LSTM :

Forward LSTM : Traite la séquence dans l'ordre original, de $t=1$ à $t=T$.

Backward LSTM : Traite la séquence dans l'ordre inverse, de $t=T$ à $t=1$.

➤ **Fonctionnement du LSTM Bidirectionnel**

- **Propagation Avant** : Lors de la phase de propagation avant (forward pass), les entrées sont introduites dans les deux ensembles de LSTM simultanément : dans le LSTM forward et dans le LSTM backward. Chaque ensemble calcule ses propres états cachés et sorties à chaque étape temporelle.
- **Combinaison des Informations** : À chaque étape temporelle t , les sorties du LSTM forward et du LSTM backward sont concaténées pour former une représentation complète de l'état caché bidirectionnel, $H_t = [H_t(\rightarrow), H_t(\leftarrow)]$
- **Utilisation des Informations Contextuelles** : Cette représentation bidirectionnelle H_t capture les dépendances temporelles dans les deux directions de la séquence. Elle est utilisée pour prédire la sortie o_t à cette étape temporelle ou peut être transmise à d'autres couches du réseau pour des prédictions ultérieures.

En conclusion, le LSTM bidirectionnel représente une extension puissante du LSTM standard en exploitant à la fois les informations du passé et du futur, améliorant ainsi la capacité des réseaux neuronaux à modéliser efficacement les séquences et à fournir des prédictions précises dans divers domaines d'application.

- **Hybrid Models**

Les modèles hybrides combinent différentes architectures de réseaux de neurones pour tirer parti des forces de chaque modèle et ainsi améliorer les performances sur des tâches spécifiques, notamment dans le traitement des séries temporelles financières. Voici une explication détaillée des modèles hybrides, leurs composants, et comment ils fonctionnent.

→ **Pourquoi utiliser des modèles hybrides ?**

Les séries temporelles financières présentent des caractéristiques complexes telles que des tendances à long terme, des fluctuations saisonnières, et des anomalies. Aucun modèle unique n'est capable de capturer toutes ces caractéristiques de manière optimale. En combinant plusieurs modèles, les modèles hybrides cherchent à :

Capturer des dépendances locales et globales : Les CNNs peuvent capturer des motifs locaux dans les données, tandis que les RNNs ou LSTMs capturent des dépendances à long terme.

Améliorer la robustesse : Différents modèles peuvent compenser les faiblesses des autres, améliorant ainsi la robustesse de l'ensemble du système.

Optimiser les performances : L'intégration des avantages de plusieurs modèles peut conduire à des prédictions plus précises et plus fiables.

→ **Composants des Modèles Hybrides**

a) **Convolutional Neural Networks (CNNs):**

Fonction : Les CNNs sont utilisés pour extraire des caractéristiques locales dans les séries temporelles, comme les motifs saisonniers ou les cycles économiques.

Architecture : Les couches de convolution et de pooling détectent et résument des motifs locaux dans les données séquentielles.

b) **Recurrent Neural Networks (RNNs) et Long Short-Term Memory Networks (LSTMs):**

Fonction : Les RNNs et LSTMs capturent les dépendances séquentielles à long terme, comme les tendances de prix sur plusieurs années.

Architecture: Les couches récurrentes mémorisent l'information des étapes précédentes pour informer les prédictions futures.

c) **Fully Connected Layers (Denses) :**

Fonction : Les couches entièrement connectées sont utilisées pour combiner les caractéristiques extraites par les CNNs et les LSTMs et effectuer la prédiction finale.

Architecture : Les neurones dans ces couches effectuent des opérations de mélange non linéaire sur les entrées reçues des couches précédentes.

Prenons l'exemple d'un modèle hybride qui combine CNN et LSTM pour la prévision des prix d'actions. En entrée, nous avons la série temporelle des prix d'actions sur plusieurs années. D'abord, une couche de convolution (CNN) est appliquée pour détecter des motifs locaux dans la série temporelle. Ensuite, une couche de pooling réduit la dimensionnalité et extrait les caractéristiques les plus importantes. Ces caractéristiques extraites par le CNN sont ensuite passées à travers une couche LSTM, qui mémorise les informations séquentielles et capture les tendances à long terme. Les sorties de la couche LSTM sont ensuite passées à travers des couches denses pour combiner toutes les informations et effectuer la prédiction finale du prix de l'action. La sortie du modèle est la prédiction du prix de l'action pour le prochain jour, semaine ou mois. Pour le fonctionnement des modèles hybrides, les données des séries temporelles sont d'abord prétraitées : elles sont normalisées et segmentées en séquences d'entrée et de sortie. Des caractéristiques supplémentaires, comme les indicateurs économiques ou les sentiments du marché, peuvent également être ajoutées. Ensuite, le modèle est entraîné sur des données historiques en minimisant une fonction de perte, généralement l'erreur quadratique moyenne (MSE) pour les tâches de régression. Enfin, le modèle est évalué sur un ensemble de validation pour ajuster les hyperparamètres et éviter le surapprentissage (overfitting). Les performances du modèle sont également testées sur des données de test indépendantes pour garantir la généralisation des prédictions.

✓ **Comparaison entre les méthodes économétrie et les méthodes de IA**

Type.de différences	Modèle Statistique	Modèle d'IA
Approche théorique	Économétrie Traditionnelle qui reposent souvent sur des hypothèses spécifiques sur le comportement des données.	Basées sur l'apprentissage automatique et l'extraction de motifs à partir des données sans nécessairement reposer sur des hypothèses théoriques spécifiques.
Complexité et flexibilité	Simple et plus interprétables, mais elles peuvent avoir des difficultés à capturer des motifs complexes et non linéaires dans les données.	Plus flexibles et peuvent capturer des relations complexes et non linéaires entre les variables. Moins interprétables et nécessitent plus de données pour être efficaces.
Traitement des données	Exigent souvent des données stationnaires et des hypothèses sur la distribution des résidus.	Appliquées à des données non stationnaires et peuvent être plus robustes face aux violations des hypothèses.
Performance et précision	Plus adaptées et plus interprétables, en particulier lorsque les relations entre les variables sont bien comprises et linéaires.	Une meilleure performance prédictive dans des scénarios où les données sont complexes, non linéaires ou présentent des interactions complexes entre les variables.

Tableau N° 4- 1-Comparaison entre les méthodes économétrie et les méthodes de IA

Bien que les méthodes économétriques traditionnelles et les méthodes d'IA puissent être utilisées pour la prédiction des séries temporelles, elles ont des approches, des forces et des faiblesses différentes. Le choix entre les deux dépend souvent de la nature des données, des hypothèses théoriques sous-jacentes et des objectifs spécifiques de modélisation.

Parmi ces modèles, certains ont été exploités lors de la phase de prévision, tandis que D'autres ont trouvé leur application dans le cadre de la génération de scénarios de stress.

**TROISIEME PARTIE :
CONCEPTION DE L'OUTIL DE
STRESS TEST**

**CHAPITRE V : PREVISION ET
DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL DE
STRESS TEST**

Introduction

Ce chapitre est consacré à la prévision des dépôts et des crédits bancaires, ainsi qu'à la gestion prévisionnelle de la trésorerie. Les dépôts et les crédits sont des éléments essentiels pour le fonctionnement de la banque, influençant directement sa liquidité et sa rentabilité. La capacité à prévoir avec précision ces flux financiers permet à la banque de mieux gérer ses ressources, d'optimiser ses investissements et de minimiser les risques. Nous aborderons dans ce chapitre les différentes étapes de collecte et d'analyse des données, ainsi que les techniques de modélisation utilisées pour réaliser des prévisions fiables et pertinentes. Les résultats obtenus permettront d'améliorer la gestion stratégique et opérationnelle de la banque.

5.1 Collecte des données

5.1.1 Extraction des données

Au cours de notre projet, nous avons effectué plusieurs extractions de données à partir du système d'information de la banque SGA pour obtenir les informations nécessaires à notre analyse des dépôts et des crédits. Initialement, nous avons utilisé le logiciel Business Objects de SAP pour ces opérations. Cependant, pour l'extraction finale des mouvements quotidiens associés aux divers marchés, nous avons opté pour l'utilisation de DBeaver.

La requête SQL nécessaire pour cette extraction était relativement complexe et a été conçue par le Responsable du Contrôle de Gestion. Sa connaissance approfondie des différentes tables de la base de données et de leur contenu a été essentielle pour formuler une requête précise. Sa familiarité avec la structure de la base de données a permis de s'assurer que les données extraites étaient exactes et complètes.

Les données extraites ont été sauvegardées dans des fichiers EXCEL pour faciliter leur prétraitement et leur analyse ultérieure.

Les données que nous avons collectées concernent les deux principaux postes : les dépôts et les crédits sur une période de sept ans et 3 mois, couvrant de janvier 2017 à Mars 2024.

Notre donnée est composée de dépôts, qui représentent les sommes d'argent que les clients déposent dans la banque. Ces dépôts peuvent prendre la forme de comptes courants, comptes d'épargne, dépôts à terme.

Voici un tableau détaillant les différents types de dépôts pour clarifier la nature de nos données :

Type des dépôts	Définition
DAT (Dépôt à terme)	Un placement où vous déposez de l'argent dans une banque pour une durée fixe et recevez un taux d'intérêt fixe en retour.
DAV (Dépôt à vue)	Un compte bancaire courant où vous pouvez déposer et retirer de l'argent à tout moment selon vos besoins.
PREG (épargne)	Un programme où vous pouvez régulièrement déposer de l'argent dans une banque pour économiser en vue de projets futurs ou de sécuriser votre avenir financier.

Tableau N° 5- 1– Les Type des dépôts

Type	Définition
GE (Grandes Entreprises)	Ce marché inclut les grandes entreprises, souvent caractérisées par des volumes d'affaires élevés et des besoins financiers complexes.
PRO (Professionnels)	Ce marché comprend les professionnels indépendants et les petites entreprises. Les clients de ce segment incluent des artisans, des professions libérales, et des petites sociétés.
PME (Petites et Moyenne entreprise)	Les petites et moyennes entreprises, qui jouent un rôle crucial dans l'économie. Les PME ont des besoins spécifiques en matière de financement pour soutenir leur croissance et leur développement.
PRI (Particuliers)	Ce marché regroupe les clients individuels, comprenant des comptes courants, des prêts hypothécaires, des prêts à la consommation, et d'autres produits financiers destinés aux particuliers.

Tableau N° 5- 2– Les quatre marchés de clientèle

L'extraction par marché dans le but de : permet d'obtenir des données riches et détaillées, essentielles pour réaliser des analyses précises et offrir des services financiers adaptés aux besoins de chaque segment de clientèle. Cette approche est cruciale pour améliorer la performance de la banque et mieux servir ses clients.

Chaque marché évolue à un rythme différent et réagissent de manière distincte aux fluctuations économiques.

Alors tenant compte des spécificités de chaque marché, nous améliorons la précision de nos modèles prédictifs. Cela permet de mieux anticiper les besoins de liquidité, de gérer les risques de crédit, et d'optimiser l'allocation des ressources.

5.1.2 Importation des données

Dans notre processus de prévision, l'importation des données constitue la première étape essentielle. Nous avons débuté cette phase en transférant nos données vers un environnement dynamique et interactif, à savoir Google Colab. Cette plateforme a été sélectionnée pour sa capacité à exploiter efficacement Python, un langage de programmation reconnu pour ses performances en analyse de données.

Nos données étaient initialement stockées dans 8 fichiers Excel distincts : quatre consacré aux Dépôts et quatre aux Crédits. Cette importation nous a permis de disposer de l'ensemble des données nécessaires pour entamer nos analyses et nos projections relatives aux dépôts et aux crédits.

Cependant, pour cette étude, j'ai travaillé uniquement avec les données des dépôts et me suis concentré sur la réalisation de diverses analyses et visualisations pour mieux comprendre et prévoir les comportements des dépôts.

Voici une figure qui résume la structure des données :

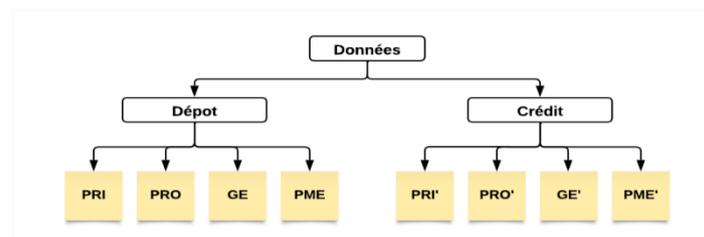


Figure N° 5- 1-La structure des données

Pour examiner les données, nous avons extrait un échantillon des données des dépôts du marché PRI.

CHAPITRE V : PREVISION ET DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL DE STRESS TEST

date	G	T	V	Somme
31/01/2017	41 143 283 522	5 603 077 447	20 291 137 724	67 037 498 693
28/02/2017	41 607 809 197	5 235 177 447	20 956 658 734	67 799 645 377
31/03/2017	42 004 332 214	5 335 232 626	20 935 702 466	68 275 267 306
30/04/2017	42 767 717 527	5 793 411 626	21 106 485 299	69 667 614 453
31/05/2017	43 346 667 067	5 526 411 626	21 652 283 643	70 525 362 337
30/06/2017	43 429 436 445	8 305 201 626	22 274 800 467	74 009 438 538
31/07/2017	42 793 927 398	10 510 259 332	21 541 809 563	74 845 996 293
31/08/2017	43 530 666 697	10 624 619 332	22 407 994 771	76 563 280 800
30/09/2017	43 276 261 281	10 860 009 635	22 014 562 447	76 150 833 363
31/10/2017	43 328 011 235	10 829 673 332	22 033 341 576	76 191 026 142
30/11/2017	42 580 785 417	11 612 713 332	22 380 616 826	76 574 115 575

Figure N° 5- 2-Données utilisées pour le marché PRI

Explication du fichier des données du dépôt :

- G : Épargne
- T : dépôt à terme
- V : dépôt a vue
- Somme : le dépôt total du mois
- Date : la date par mois

Pour chaque marché, nous disposons des données mensuelles

Nous avons choisi d'utiliser la donnée mensuelle et pas hebdomadaire ou quotidienne pour la prédiction des dépôts et des crédits en raison de plusieurs raisons clés :

1. Raison Financière :

	Mensuel	Hebdomadaire	Quotidienne
Représentation des cycles Financiers	Correspond aux cycles naturels des revenus et dépenses (salaires, factures mensuelles).	Moins pertinent pour des cycles financiers typiquement mensuels.	Trop de bruit, moins de clarté dans les tendances.
Saisonnalité et Tendances	Capture les variations saisonnières et les tendances à moyen terme.	Peut manquer des fluctuations importantes intra-mois.	Différents modèles nécessaires pour chaque jour, entraînant une complexité excessive.
Gestion des Flux de Trésorerie	Aligné avec la planification des flux de trésorerie et les prévisions budgétaires.	Insuffisant pour des prévisions précises de liquidité.	Sur-sophistiqué pour les prévisions stratégiques.

Consistance des Données	Réduit les erreurs en utilisant une fréquence cohérente avec les pratiques bancaires. Réduisant ainsi les risques d'erreurs et facilitant l'intégration des résultats dans les processus de prise de décision.	Moins de données disponibles pour une analyse précise.	Augmente les risques d'erreurs de collecte et d'interprétation.
-------------------------	--	--	---

Figure N° 5- 3– Comparaison des Fréquences de Prévision Financières

2.Raison Liées à la Modélisation Prédictive

	Mensuel	Hebdomadaire	Quotidienne
Granularité et Complexité	Correspond aux cycles naturels des revenus et dépenses (salaires, factures mensuelles).	Moins pertinent pour des cycles financiers typiquement mensuels.	Trop de bruit, moins de clarté dans les tendances.
Objectif	OUI	Non	Non
Extraction des données	Exécutable et mois de complexe a extraire	L'exécution prend beaucoup de temps	Impossible, une calcule énorme et complexe
Performance Prédictive	Bien adapté pour les prédictions à moyen et long terme, offrant une vue plus stable et cohérente des activités bancaires.	Offre une performance prédictive intermédiaire, combinant la réactivité des données quotidiennes avec la stabilité des données mensuelles.	Convient aux prédictions à court terme mais peut être difficile à modéliser en raison de la variabilité et de la complexité des données.
Transformation des données	Les données originales sont des données mensuelles	La Transformation	

Figure N° 5- 4 Justification du choix

Alors Le choix entre données mensuelles, quotidiennes et hebdomadaires pour la prédiction bancaire dépend des besoins spécifiques de l'analyse et des caractéristiques des données disponibles. Les données mensuelles offrent une vue plus stable et cohérente des activités bancaires, mieux adaptée pour les prédictions à moyen et long terme. [10]

5.2 Analyse des données

→ Analyse de la distribution des données

A. Statistique descriptive

Pour analyser les tendances et les comportements financiers de ces dépôts, nous devons examiner les statistiques descriptives de ces données.

Marché PRI :

	T	V	G	Somme
count	87.0	87.0	87.0	87.0
mean	14113138501.83334	35486289418.776405	54807170625.649635	104406598546.25937
std	4412099941.7614355	10959906875.004457	9419469042.458313	20409729758.46602
min	2772374306.33	20291137723.8979	41143283522.0013	67037498692.5592
25%	11454994853.29	27161061392.24784	45930245885.75549	88361259290.57521
50%	15508148479.57	32384085182.890472	53921604891.059685	104517547248.40347
75%	17788434393.225	44255992462.88141	63181308198.14487	123284844652.82008
max	19584988910.6	58053406880.9005	70496000864.7198	135705755930.0024

Figure N° 5- 5-Statistique descriptif des dépôts du marché PRI

Interprétation :

Pour interpréter les statistiques descriptives des différents types de dépôts du marché PRI (dépôts à vue, dépôts à terme et épargne), nous allons analyser chaque métrique calculée pour les colonnes **T** (dépôts à terme), **V** (dépôts à vue) et **G** (épargne) ainsi que **Somme** (la somme de ces dépôts).

Count (Nombre d'observations) :

- Il y a 87 observations pour chaque type de dépôt.

Mean (Moyenne) :

- **Dépôts à terme (T)** : En moyenne, les dépôts à terme s'élèvent à environ 1.41 trillions.
- **Dépôts à vue (V)** : En moyenne, les dépôts à vue s'élèvent à environ 354.86 milliards.
- **Épargne (G)** : En moyenne, les montants d'épargne s'élèvent à environ 548.07 milliards.

CHAPITRE V : PREVISION ET DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL DE STRESS TEST

- **Somme** : En moyenne, la somme des trois types de dépôts s'élève à environ 1.04 trillions.

Std (Écart type) :

- **Dépôts à terme (T)** : L'écart type est d'environ 441.21 milliards, indiquant une variabilité significative autour de la moyenne.
- **Dépôts à vue (V)** : L'écart type est d'environ 189.60 milliards, montrant une variabilité modérée autour de la moyenne.
- **Épargne (G)** : L'écart type est d'environ 941.95 milliards, indiquant une grande variabilité autour de la moyenne.
- **Somme** : L'écart type est d'environ 204.90 milliards, montrant une variabilité modérée dans les sommes des dépôts.

Min (Valeur minimale) :

- **Dépôts à terme (T)** : La valeur minimale observée est environ 277.27 milliards.
- **Dépôts à vue (V)** : La valeur minimale observée est environ 202.91 milliards.
- **Épargne (G)** : La valeur minimale observée est environ 411.43 milliards.
- **Somme** : La valeur minimale observée est environ 670.74 milliards.

25% (1er quartile) :

- **Dépôts à terme (T)** : 25% des dépôts à terme sont inférieurs à environ 1.44 trillions.
- **Dépôts à vue (V)** : 25% des dépôts à vue sont inférieurs à environ 271.61 milliards.
- **Épargne (G)** : 25% des montants d'épargne sont inférieurs à environ 459.30 milliards.
- **Somme** : 25% des sommes des dépôts sont inférieurs à environ 883.61 milliards.

50% (Médiane) :

- **Dépôts à terme (T)** : La médiane des dépôts à terme est d'environ 1.55 trillions, ce qui signifie que 50% des dépôts à terme sont inférieurs à cette valeur.
- **Dépôts à vue (V)** : La médiane des dépôts à vue est d'environ 323.84 milliards.
- **Épargne (G)** : La médiane des montants d'épargne est d'environ 539.21 milliards.
- **Somme** : La médiane des sommes des dépôts est d'environ 1.04 trillions.

75% (3ème quartile) :

- **Dépôts à terme (T)** : 75% des dépôts à terme sont inférieurs à environ 1.77 trillions.
- **Dépôts à vue (V)** : 75% des dépôts à vue sont inférieurs à environ 442.55 milliards.
- **Épargne (G)** : 75% des montants d'épargne sont inférieurs à environ 631.81 milliards.
- **Somme** : 75% des sommes des dépôts sont inférieurs à environ 1.23 trillions.

Max (Valeur maximale) :

CHAPITRE V : PREVISION ET DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL DE STRESS TEST

- **Dépôts à terme (T)** : La valeur maximale observée est environ 1.95 trillions.
- **Dépôts à vue (V)** : La valeur maximale observée est environ 588.53 milliards.
- **Épargne (G)** : La valeur maximale observée est environ 704.96 milliards.
- **Somme** : La valeur maximale observée est environ 1.35 trillions.

Analyse et Conclusion

- **Variabilité** : Les dépôts à terme (T) du marché PRI ont une plus grande moyenne et variabilité que les dépôts à vue (V) et les montants d'épargne (G). Cela peut indiquer des montants plus substantiels et variés investis à terme.
- **Comparaison** : Les montants d'épargne (G) montrent également une grande variabilité, indiquant une diversité significative dans les sommes mises de côté par les clients.
- **Somme** : La somme de tous les types de dépôts montre une variabilité modérée, ce qui est logique étant donné qu'elle combine des sources avec différentes variabilités.

L'interprétation des autres marchés sont clairs d'après les figures de chaque marché.

Voici les résultats :

Marché PRO :

	T	V	G	Somme
count	87.0	87.0	87.0	87.0
mean	711994904.2413793	40669477013.19189	6109500791.1130905	47490972708.54636
std	815348165.132897	8349150004.575934	2346445545.5870967	8796304167.463037
min	90000000.0	30173440160.638355	1487909224.3918998	32387006876.263233
25%	192478334.5	35822156753.229645	4480837603.03245	43096560389.56964
50%	254800000.0	37630114276.35226	6647482584.5402	45336389265.63711
75%	1941000000.0	43903746104.76225	7554788439.512451	51147445124.15332
max	2146500000.0	60970411173.935905	10417344961.642998	68140631130.8178

Figure N° 5- 6-Statistique descriptif des dépôts du marché PRO

Marché GE :

	T	V	G	Somme
count	87.0	87.0	87.0	87.0
mean	14036043494.896551	50990351380.44053	5816872230.080467	70843267105.41757
std	9757578457.091185	15369194189.666142	2879127332.694075	11447869854.005533
min	45250000.0	35422931327.2266	742574603.25	48018862557.5735
25%	4269500000.0	42008065460.57878	2671007045.3206997	62802304611.430695
50%	15782800000.0	45671161609.10969	6531766862.896999	72003687463.9242
75%	21307751892.0	50707011974.2418	8022779229.3145	77533033940.65433
max	35684800000.0	96631911513.3095	10845786226.9845	105100617966.94199

Figure N° 5- 7-Statistique descriptif des dépôts du marché GE

Marché PME :

	DAT	DAV	PREG	Solde dépôt
count	87.0	87.0	87.0	87.0
mean	3202474712.643678	40931333060.885056	10377571521.62069	54511379295.14942
std	2165456346.513464	10765348568.275282	4426955804.693816	9745385520.089634
min	919000000.0	31232625629.0	3187374621.0	41896391268.0
25%	1887500000.0	35312648755.5	4930501692.0	50670296989.0
50%	2514500000.0	37407439870.0	11764734086.0	54220392132.0
75%	3629500000.0	42889310099.0	13744879146.0	56920113110.5
max	8069600000.0	114794648799.0	17830719965.0	130243579385.0

Figure 5.6 Statistique descriptif des dépôts du marché PME

B. Distribution des variables

En utilisant ces visualisations, vous pouvez mieux comprendre les distributions des différentes catégories de dépôts, identifier des tendances ou anomalies spécifiques, et adapter les modèles de prédiction en conséquence. Les visualisations fournissent une base solide pour justifier les choix de modélisation et affiner les paramètres du modèle pour obtenir de meilleures prédictions.

Pour examiner la distribution des variables de dépôt, nous pouvons tracer des histogrammes et des diagrammes de densité pour visualiser la forme de la distribution des données et identifier d'éventuelles asymétries ou valeurs aberrantes. Utilisant les bibliothèques `matplotlib` et `seaborn` pour créer ces visualisations

Histogramme : Les histogrammes permettent de visualiser la distribution des données en regroupant les valeurs en intervalles (ou bins) et en comptant le nombre de valeurs dans chaque intervalle.

Diagramme de densité : Les diagrammes de densité montrent l'estimation de la densité de probabilité des données, permettant de visualiser la distribution des données de manière lisse.

Marché PRI

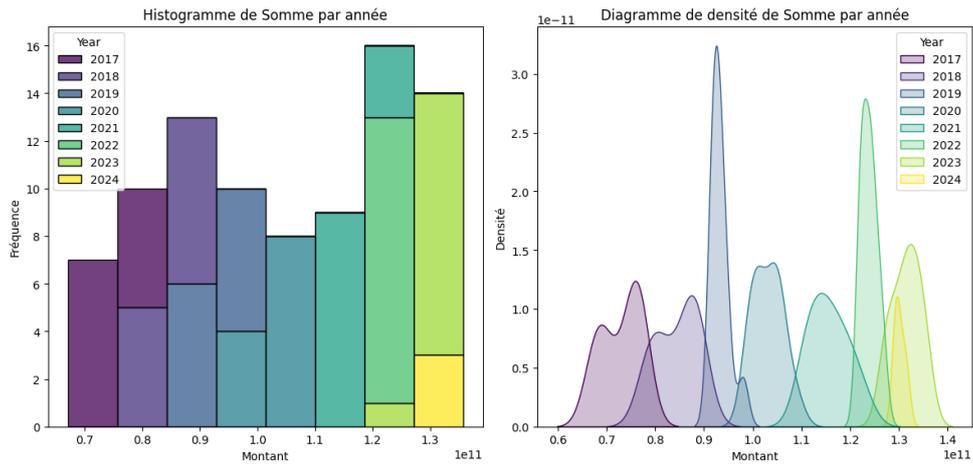


Figure N° 5- 8-Distribution des variables du marché PRI

Marché PRO

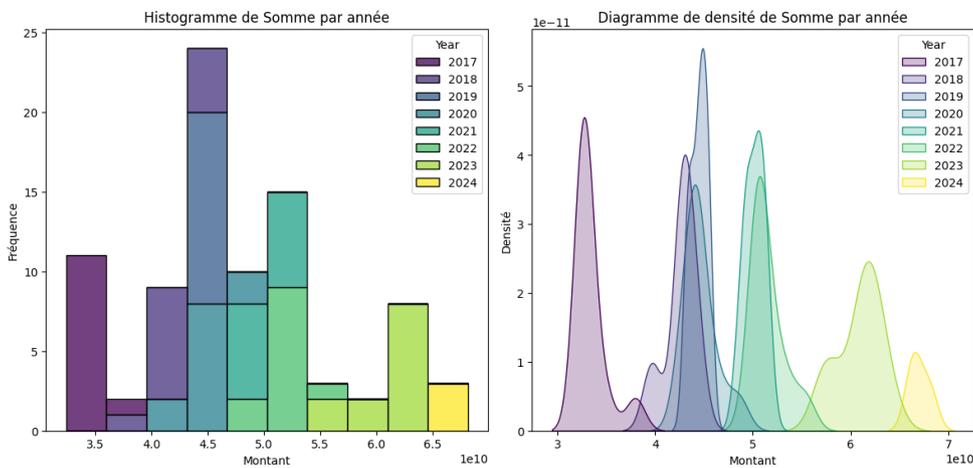


Figure N° 5- 9-Distribution des variables du marché PRO

Marché PME

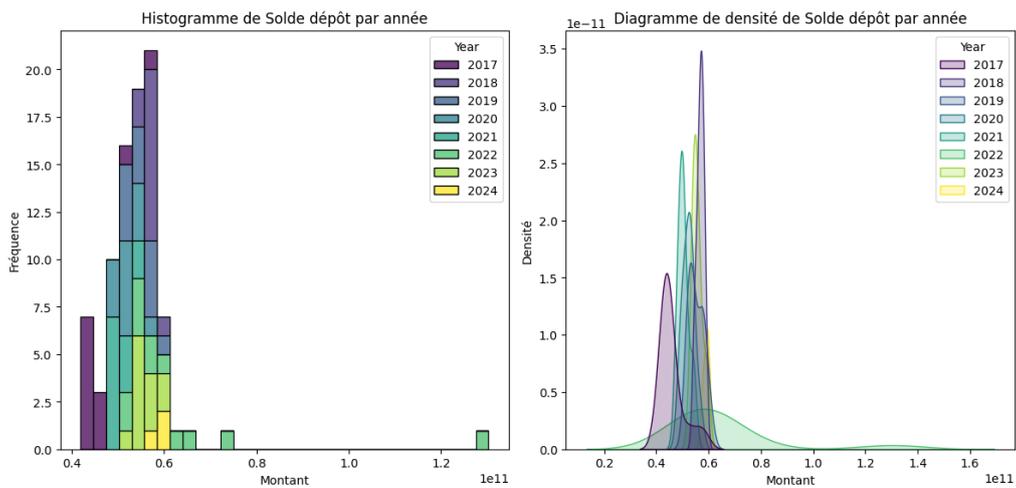


Figure N° 5- 10-Distribution des variables du marché PME

Marché GE

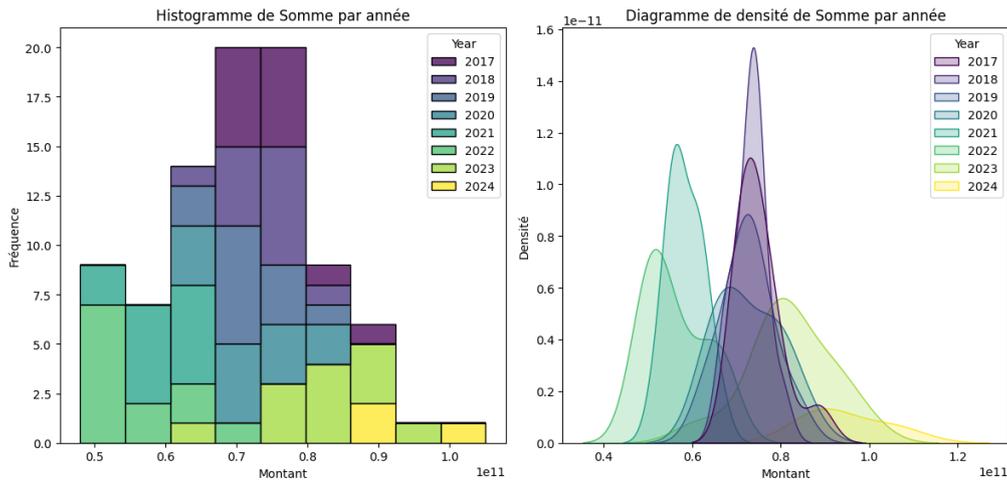


Figure N° 5- 11-Distribution des variables du marché GE

5.3 Comprendre la série temporelle

La compréhension approfondie des séries temporelles est essentielle pour analyser et anticiper les tendances, permettant ainsi de prendre des décisions éclairées basées sur les données historiques et les relations identifiées. Voici un schéma qui résume les étapes méthodologiques pour analyser les séries temporelles

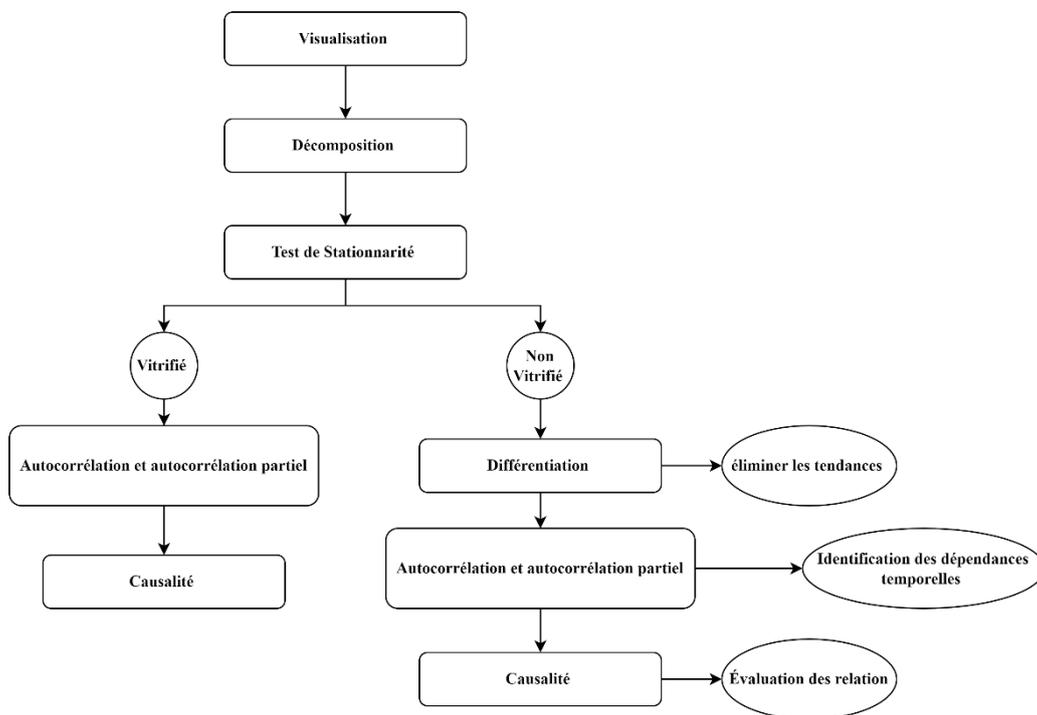


Figure N° 5- 12-Processus d'Analyse les Séries Temporelles

Explication :

Le processus commence par une préparation rigoureuse des données, incluant la visualisation et la décomposition pour identifier les composantes principales de chaque série temporelle. Ensuite, nous procédons à la vérification de la stationnarité des données et appliquons, si nécessaire, des techniques de différenciation pour rendre les séries stationnaires. Une fois cette étape réalisée, nous analysons les autocorrélations pour identifier les lags significatifs et les relations temporelles pertinentes et on termine par l'évaluation des relations entre les marchés par le test de causalité.

5.3.1 Visualisation des séries temporelles

L'objectif de cette étape est de comprendre visuellement la dynamique de chaque variable dans le temps pour chaque marché (PRI, PRO, PME, GE). En traçant des séries temporelles, nous pouvons détecter des tendances générales, des cycles saisonniers, et des anomalies éventuelles.

Marché PRI

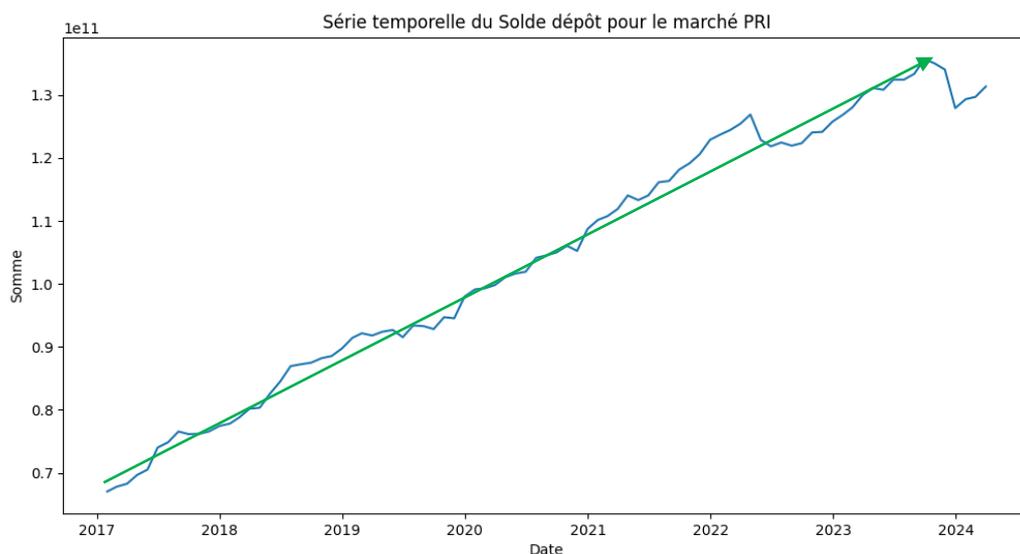


Figure N° 5- 13-Evaluation des tendances du marché PRI

Motifs Linéaire : Les graphiques linéaires sont le type de graphiques le plus simple des marchés financiers. Il n'y a pas de point haut ou bas spécifié.

Le graphique montre la série temporelle du solde des dépôts pour le marché des Particuliers (PRI) de 2017 à mars 2024. Voici une interprétation détaillée :

- **2017 à 2018 :** Les dépôts augmentent progressivement, atteignant près de 0,8 milliard en 2018. Cette augmentation peut être liée à une amélioration des revenus des particuliers ou à des politiques d'épargne favorables.

- **2019 à 2020** : Les dépôts continuent d'augmenter de manière régulière, malgré des fluctuations mineures. La tendance à la hausse indique une augmentation continue des dépôts des particuliers.
- **2020 à 2022** : Même pendant la pandémie de COVID-19, les dépôts montrent une augmentation soutenue, atteignant plus de 1,2 milliard en 2022. Cela pourrait indiquer une augmentation de l'épargne de précaution des ménages pendant les périodes d'incertitude économique.
- **2022 à 2024** : Une légère baisse est observée au début de 2023, suivie d'une reprise en 2024. Les dépôts atteignent un nouveau sommet en 2024, indiquant une reprise de la confiance des consommateurs et une amélioration de leurs capacités financières.

Marché PRO

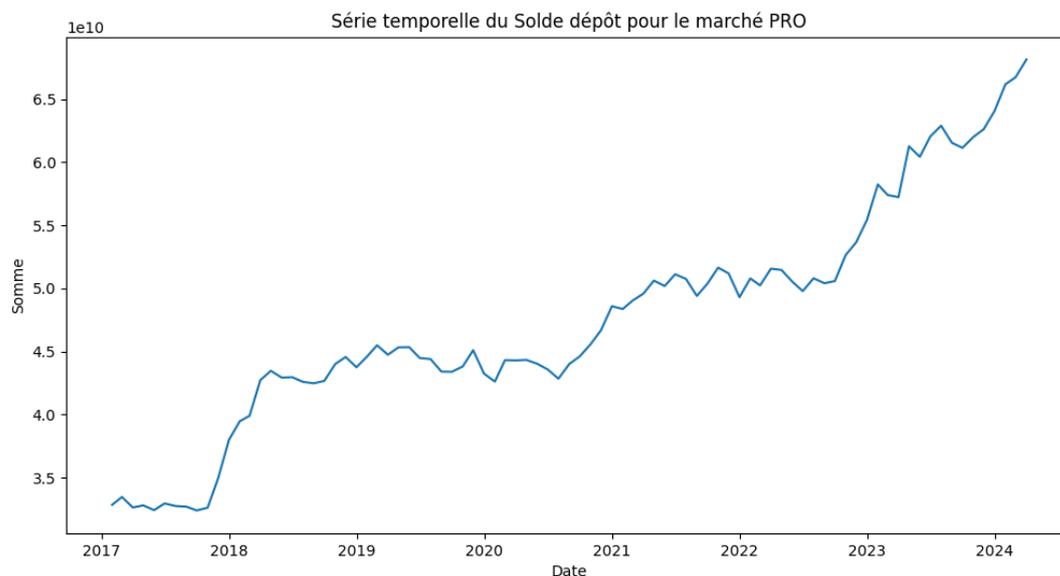


Figure N° 5- 14-Evaluation des tendances du marché PRO

Motif : Augmentation Périodique

Le graphique montre la série temporelle du solde des dépôts pour le marché des professionnelles (PRO) de 2017 à mars 2024. Voici une interprétation détaillée :

- **2017 à 2018** : Les dépôts restent relativement stables, avec une légère tendance à la hausse. **En fin 2018**, il y a une forte augmentation des dépôts, ce qui pourrait indiquer une amélioration des conditions économiques ou des politiques favorables pour les professionnels.
- **2019 à 2020** : Les dépôts se stabilisent autour de 4,5 à 5,0 milliards, avec quelques fluctuations. Cette stabilité peut refléter une phase d'adaptation après la forte augmentation de 2018.

- **2020 à 2021** : Les dépôts montrent une légère augmentation, malgré la pandémie de COVID-19, indiquant une résilience des professionnels face aux perturbations économiques.
- **2021 à 2024** : Une tendance claire à la hausse est observée, avec une accélération significative des dépôts à partir de 2022. Cette augmentation continue reflète une confiance croissante des professionnels dans l'économie et une augmentation de leur capacité à épargner ou à accumuler des liquidités.

Marché PME

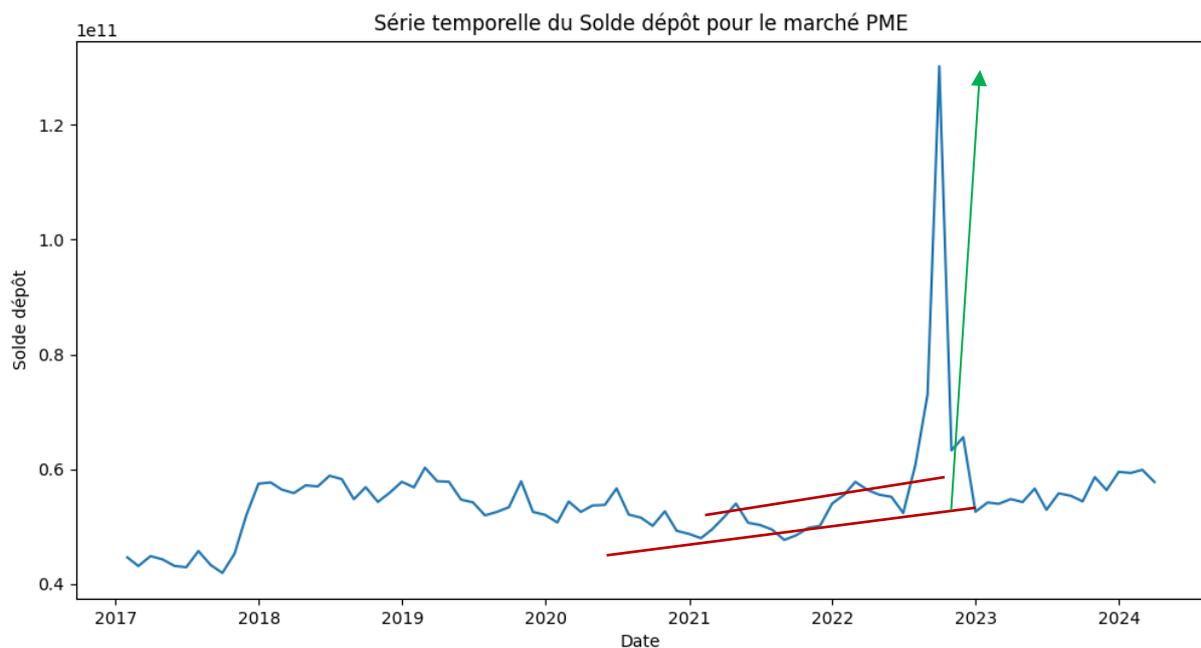


Figure N° 5- 15 Evaluation des tendances du marché PME

Motif: Inverted Head and Shouders: tête et épaules inversé (W 'inverse')

Le graphique montre la série temporelle du solde des dépôts pour le marché des professionnelles (PME) de 2017 à mars 2024. Voici une interprétation détaillée :

- **2017 à 2018** : Les dépôts ont commencé à un niveau relativement bas en 2017 et ont diminué légèrement avant de connaître une augmentation marquée vers la fin de 2017.
- **2018 à 2019** : Il y a une forte augmentation des dépôts en 2018, atteignant un pic significatif au début de 2019.
- **Augmentation de la liquidité des PME** : Les entreprises pourraient avoir accumulé plus de liquidités, peut-être en raison de bonnes performances économiques ou de politiques incitatives.
- **Politiques économiques favorables** : Il pourrait y avoir eu des politiques gouvernementales ou bancaires encourageant les dépôts, comme des taux d'intérêt attractifs ou des incitations fiscales.

➤ **2019 à 2021** : Après ce pic, les dépôts ont fluctué avec une légère tendance à la baisse, bien qu'il y ait eu plusieurs pics et creux.

Une période de fluctuations importantes commence, avec des dépôts atteignant un sommet, puis une légère baisse. Ces fluctuations peuvent être dues à :

- **Incertitudes économiques** : Les fluctuations peuvent refléter des incertitudes économiques, telles que des changements dans les politiques économiques ou des perturbations du marché.
- **Facteurs saisonniers** : Les variations saisonnières, comme les cycles de dépenses et de revenus des entreprises, peuvent influencer les dépôts

➤ **2021 à 2022** : Une tendance à la baisse continue est observée, bien qu'avec des fluctuations significatives.

- **2021** : Les dépôts montrent une tendance à la baisse avec quelques pics intermédiaires. Cela peut être attribué à :
- **Contraction économique** : Une période de contraction économique ou de récession peut avoir réduit les liquidités disponibles pour les PME.
- **Impact de la pandémie de COVID-19** : Les retombées économiques de la pandémie pourraient avoir eu un impact significatif sur les dépôts, avec des entreprises utilisant leurs réserves pour survivre.

➤ **2022 à 2023** : Les dépôts continuent de diminuer de manière générale, avec un creux marqué vers la fin de 2022.

- **2023 à 2024** : Une légère reprise est visible au début de 2023, mais les dépôts restent globalement plus bas comparés aux années précédentes.
- *Début de 2023* : Une légère reprise est visible au début de 2023, ce qui pourrait être dû à des mesures de relance économique ou à une amélioration des conditions économiques.
 - *Début de 2024* : Les données pour 2024 couvrent seulement les trois premiers mois. Il est observable que les dépôts continuent de fluctuer, mais aucune tendance claire ne peut être déterminée sur une période aussi courte.

Marché GE

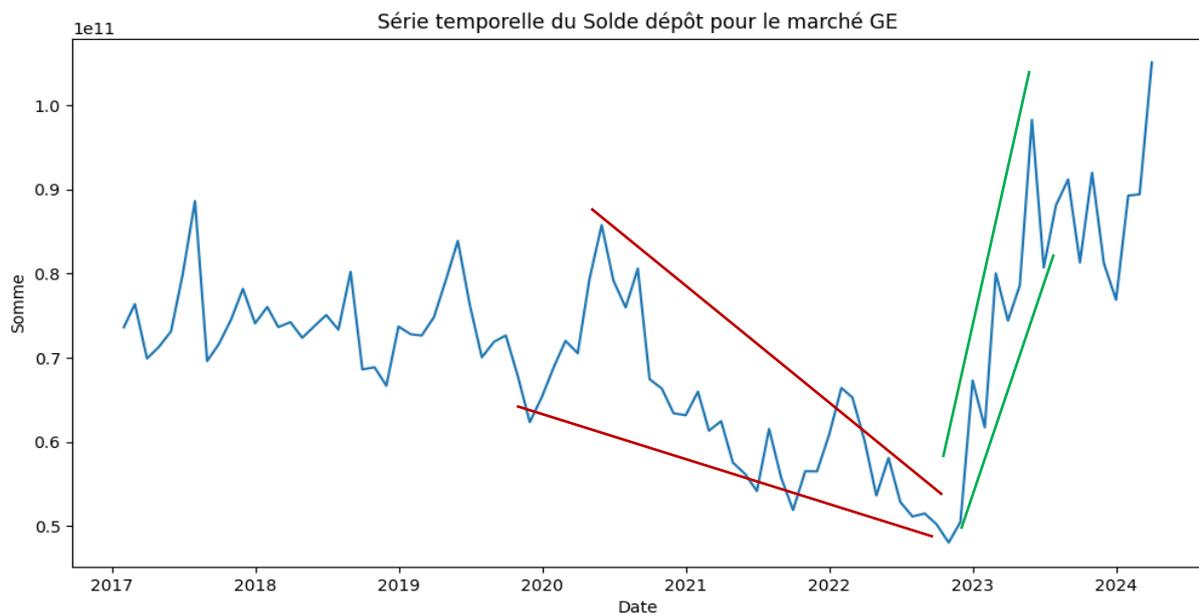


Figure 5.15 Evaluation des tendances du marché GE

Motifs head and Shoulders

Le graphique montre la série temporelle du solde des dépôts pour le marché des Grandes Entreprises (GE) de 2017 à mars 2024. Voici une interprétation détaillée :

- **2017 à 2019** : Les dépôts sont relativement stables avec quelques pics. Cela pourrait indiquer une période de stabilité économique pour les grandes entreprises en Algérie, avec des variations saisonnières typiques des cycles économiques des entreprises.
- **2020** : Une diminution notable des dépôts est observée au début de 2020. Cela pourrait être dû à des facteurs économiques globaux, notamment les perturbations causées par la pandémie de COVID-19.
- **2021** : Les dépôts commencent à montrer une légère reprise après une baisse significative, bien que la reprise soit lente et marquée par des fluctuations.
- **2022 à 2023** : Une reprise plus nette est observable en 2022, suivie de fluctuations marquées. En 2023, il y a une forte augmentation des dépôts, atteignant des niveaux élevés. Cette reprise pourrait être liée à la stabilisation économique post-pandémie et à une amélioration des conditions économiques pour les grandes entreprises.
- **2024** : Les trois premiers mois de 2024 montrent une poursuite de la tendance haussière des dépôts, atteignant un niveau record. Cela peut refléter une confiance accrue des grandes entreprises dans l'économie et une augmentation de leurs réserves de liquidités.

5.3.2 Décomposition

La décomposition des séries temporelles permet de séparer les données en trois composantes : tendance, saisonnalité et résidus. Cette méthode permet d'identifier visuellement la présence de ces composantes.

- **Tendance** : La tendance représente la variation à long terme des données, c'est-à-dire une augmentation ou une diminution générale sur une période prolongée. Elle peut être linéaire ou non linéaire. Une tendance linéaire est une augmentation ou une diminution constante au fil du temps, tandis qu'une tendance non linéaire peut être courbe où fluctuer de manière irrégulière.
- **Saisonnalité** : La saisonnalité se réfère à des variations régulières et récurrentes dans les données qui se produisent à des intervalles fixes, tels que quotidiens, hebdomadaires, mensuels ou annuels. Ces variations sont souvent dues à des facteurs externes comme les saisons, les jours de la semaine, les mois, etc. Par exemple, les ventes de crème glacée peuvent augmenter pendant l'été et diminuer pendant l'hiver.
- **Résidus** : Les résidus sont les fluctuations aléatoires ou le bruit restant dans les données après que la tendance et la saisonnalité ont été modélisées et supprimées. Les résidus représentent l'erreur entre les valeurs observées et les valeurs prédites par le modèle pour la tendance et la saisonnalité. Une série temporelle sans tendance ou saisonnalité significative devrait présenter des résidus aléatoires.

Marché PRI

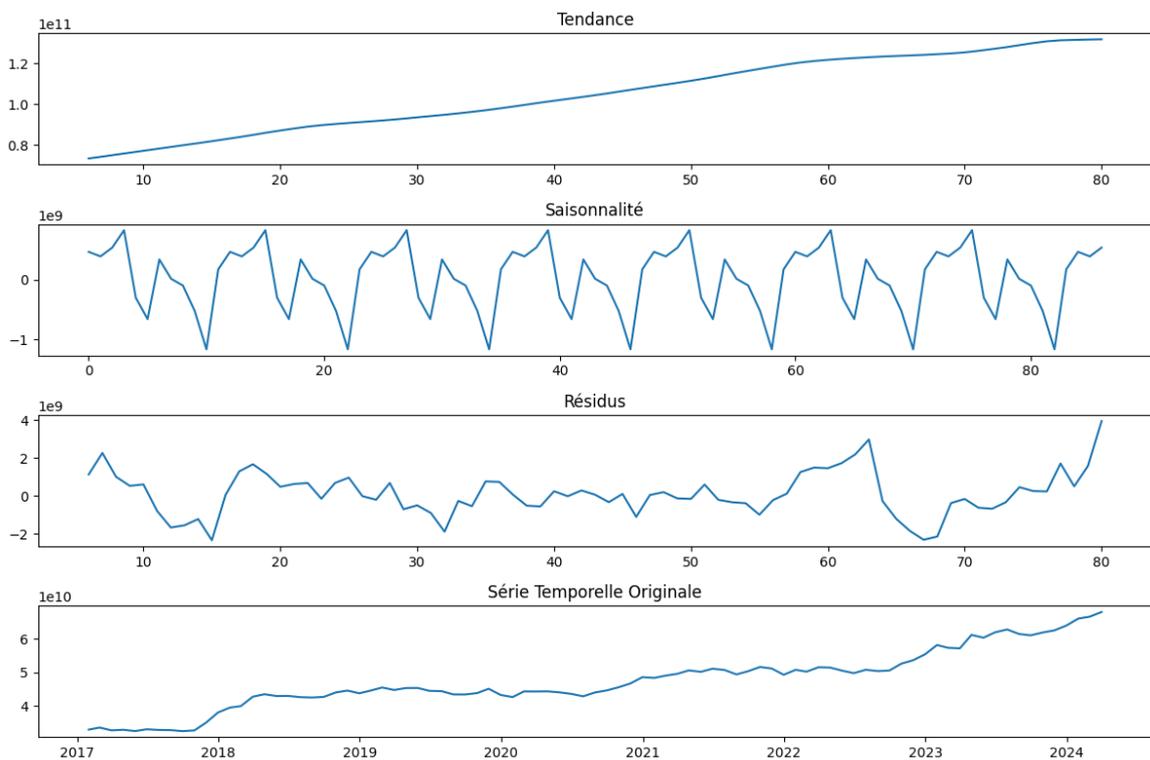


Figure N° 5- 16-Décomposition de la série temporelle du Marché PRI

- **Tendance** : La tendance du marché PRI montre une croissance constante et prononcée du solde des dépôts de 2017 à 2024, sans signe de stagnation, ce qui indique une augmentation continue de la confiance des clients privés dans la banque.
- **Saisonnalité** : La saisonnalité est présente et régulière, avec des fluctuations annuelles similaires à celles du marché PRO. Les pics saisonniers peuvent être liés à des périodes spécifiques de l'année où les dépôts augmentent (par exemple, les périodes de primes ou de remboursements).
- **Résidus** : Les résidus sont plus élevés et montrent des fluctuations plus marquées que dans le marché PRO, ce qui peut indiquer une plus grande sensibilité du marché PRI à des événements non récurrents ou exceptionnels.

Marché PRO

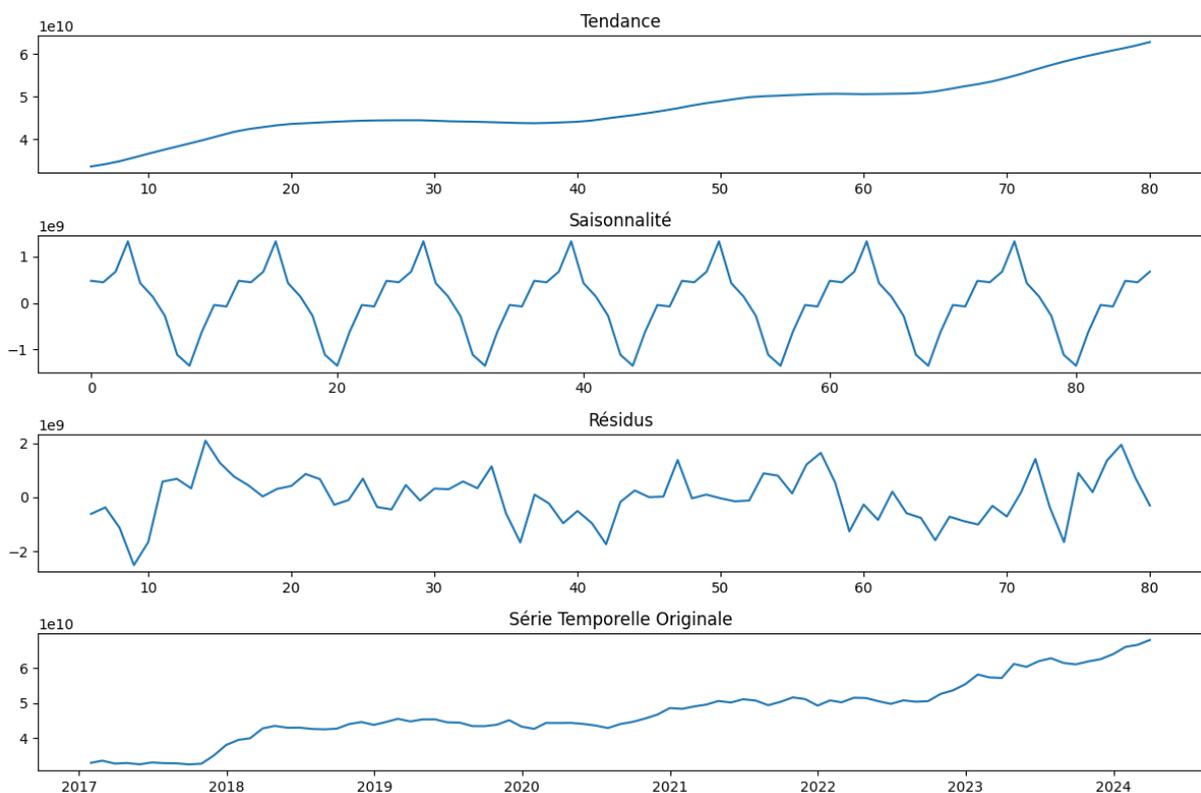


Figure N° 5- 17-Décomposition de la série temporelle du Marché PRO

- **Tendance** : La série montre une tendance croissante régulière de 2017 à 2024, avec une légère stagnation entre 2019 et 2021 avant une reprise rapide de la croissance.
- **Saisonnalité** : La composante saisonnière présente des fluctuations régulières, indiquant des variations saisonnières annuelles. Cette régularité confirme que la série est saisonnière.
- **Résidus** : Les résidus montrent des variations irrégulières et des anomalies ponctuelles, suggérant des événements exceptionnels ou spécifiques.

Marché PME

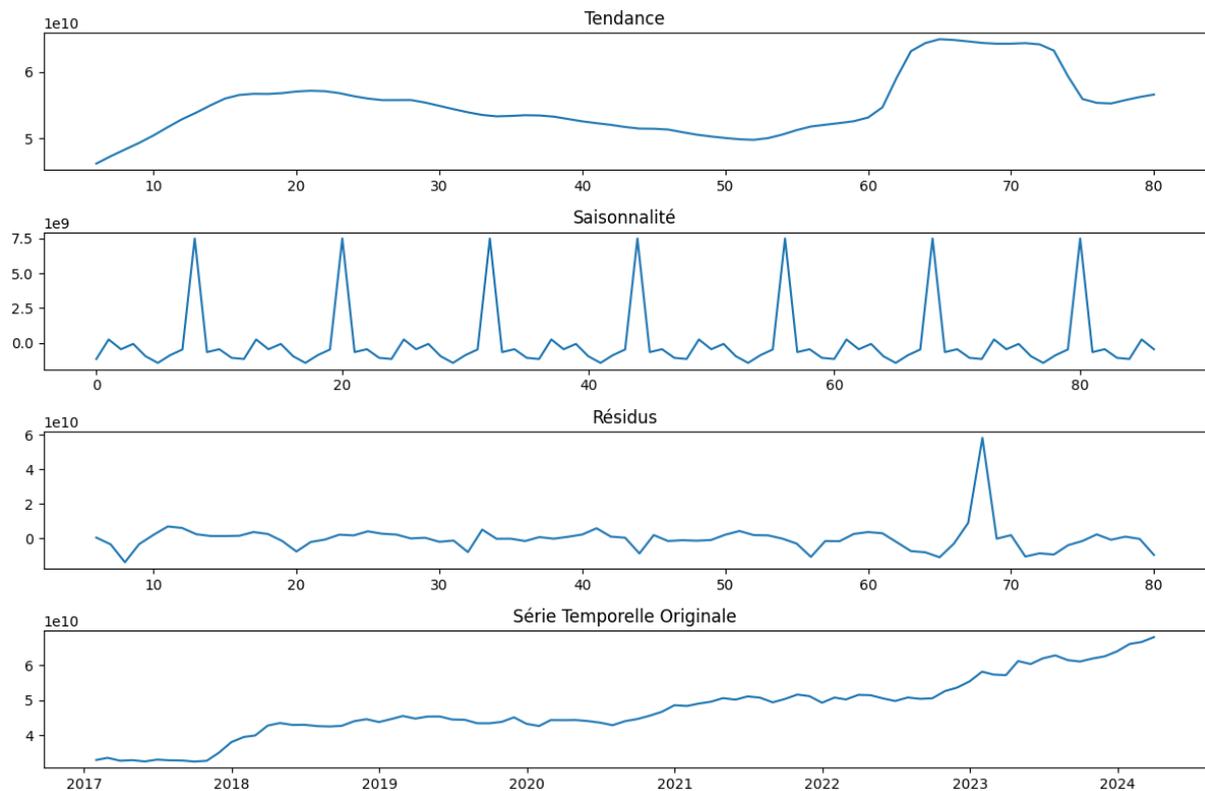


Figure N° 5- 18-Décomposition de la série temporelle du Marché PME

- **Tendance** : La tendance pour le marché PME montre une croissance au début de la période (2017-2019), suivie d'une stagnation et même d'une légère baisse entre 2020 et 2022, avant de reprendre une croissance vers 2023-2024.
- **Saisonnalité** : La composante saisonnière du marché PME montre des variations annuelles régulières avec des pics plus prononcés que dans les autres marchés, indiquant une forte saisonnalité dans les dépôts des PME.
- **Résidus** : Les résidus présentent des fluctuations irrégulières et quelques pics importants, ce qui suggère que ce marché est influencé par des événements ponctuels et irréguliers.

Marché GE

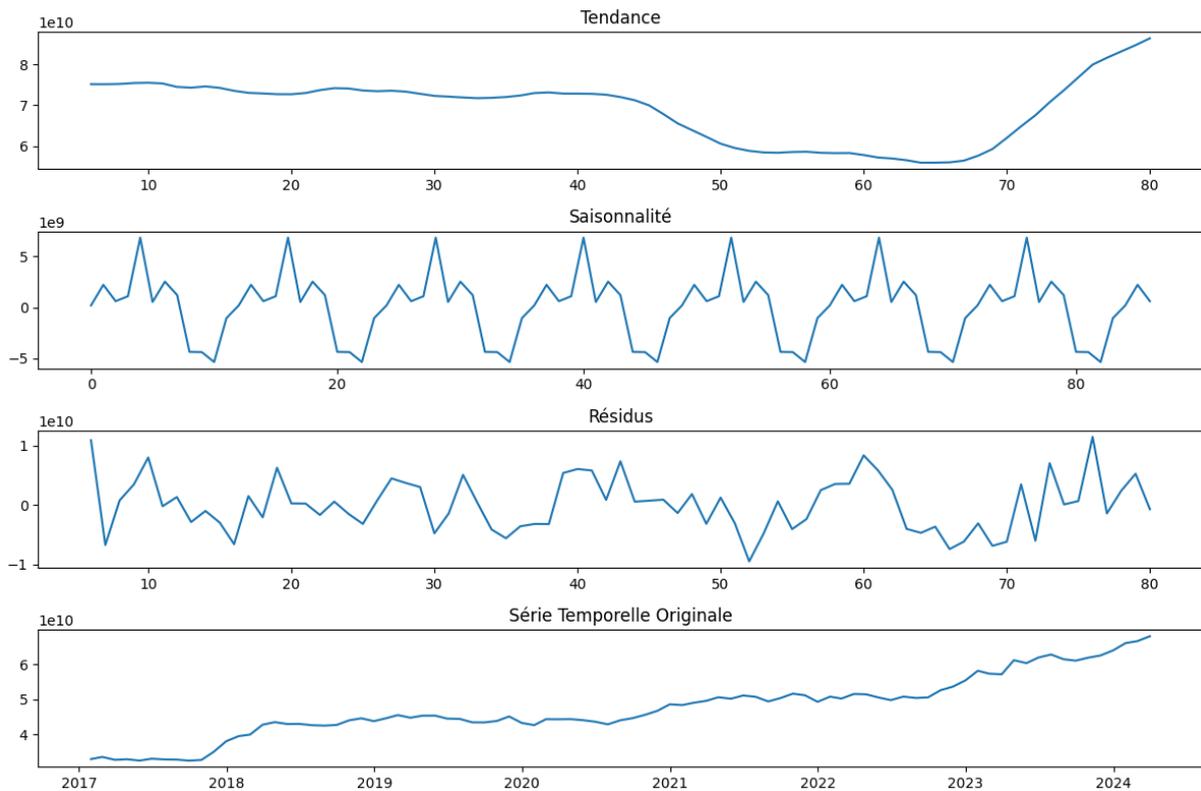


Figure N° 5- 19-Décomposition de la série temporelle du Marché GE

5.3.3 Test Stationnaire

L'analyse de la stationnarité est une étape importante dans l'analyse des séries temporelles. Une série temporelle est stationnaire si ses propriétés statistiques (comme la moyenne, la variance et la covariance) restent constantes au fil du temps. Beaucoup de méthodes de modélisation des séries temporelles, comme ARIMA, nécessitent que les données soient stationnaires.

Test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) : Un test statistique formel pour la stationnarité. Le test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) est une extension du test de Dickey-Fuller qui vise à vérifier la stationnarité d'une série temporelle en testant la présence d'une racine unitaire. La présence d'une racine unitaire indique que la série est non-stationnaire.

Test KPSS : Un test complémentaire pour vérifier la stationnarité de niveau. Le test KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) est utilisé pour tester la stationnarité aussi de niveau d'une série temporelle, complétant ainsi le test ADF. Contrairement au test ADF, où l'hypothèse nulle est la non-stationnarité, le test KPSS a pour hypothèse nulle que la série est stationnaire.

Hypothèses

	H0	H1
<i>ADF</i>	La série temporelle a une racine unitaire (non-stationnaire).	La série temporelle n'a pas de racine unitaire (stationnaire).
<i>KPSS</i>	La série temporelle est stationnaire (stationnarité de niveau).	La série temporelle n'est pas stationnaire (non-stationnaire).

Tableau N° 5- 3-Hypothèses des Tests de Stationnarité

Comparaison entre ADF et KPSS : Le tableau suivant compare les caractéristiques et les hypothèses des tests de stationnarité de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) et KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) :

Critères	Test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF)	Test KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)
Hypothèse nulle	La série a une racine unitaire (non-stationnaire)	La série est stationnaire
Hypothèse alternative	La série est stationnaire	La série n'est pas stationnaire
Utilisation	Tester la présence d'une racine unitaire	Tester la stationnarité de niveau
Sensibilité	Peut être sensible à la sélection des lags	Moins sensible à la sélection des lags
Interprétation	Rejeter H0 si p-value < 0.05 (série stationnaire)	Rejeter H0 si p-value < 0.05 (série non-stationnaire)

Tableau N° 5- 4 Comparaison des Tests de Stationnarité : ADF et KPSS

Le choix de la méthode pour tester la stationnarité dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature des données, l'objectif de l'analyse et les hypothèses que vous souhaitez tester.

Pour obtenir une évaluation complète de la stationnarité, on peut utiliser une approche combinée en effectuant à la fois le test ADF et le test KPSS, alors on obtient une évaluation plus robuste de la stationnarité de la série, ce qui est essentiel pour une analyse et une modélisation précise des séries temporelles.

Et Pour effectuer les tests de stationnarité en Python, on peut utiliser les bibliothèques `statsmodels` pour le test ADF et le test KPSS.

Interprétation des Résultats :

Marché PRI

```
Test ADF
Statistique ADF: -1.6730074533457788
p-value: 0.4450707454539478
Valeurs Critiques:
  1%: -3.509
  5%: -2.896
 10%: -2.585

Test KPSS
Statistique KPSS: 1.5373768683381632
p-value: 0.01
Valeurs Critiques:
 10%: 0.347
  5%: 0.463
 2.5%: 0.574
  1%: 0.739
```

Figure N° 5- 20 Les Résultats du test de stationnarité pour le marché PRI

Interprétation :

Test	Interprété	Décision
ADF	La statistique ADF est plus grande que toutes les valeurs critiques, et le p-value est supérieur à 0.05	On ne rejette donc pas l'hypothèse nulle de non-stationnarité.
KPSS	La statistique KPSS est plus grande que toutes les valeurs critiques, et le p-value est inférieur à 0.05.	On ne rejette donc pas l'hypothèse nulle de non-stationnarité.

Tableau N° 5- 5 Interprétation des Tests de Stationnarité du marché PRI

PRI est une série temporelle n'est pas stationnaire selon le test ADF et KPSS

Marché PRO

```

Test ADF
Statistique ADF: 0.0931144961270433
p-value: 0.9655878323913631
Valeurs Critiques:
  1%: -3.512
  5%: -2.897
 10%: -2.586

Test KPSS
Statistique KPSS: 1.3933360460165558
p-value: 0.01
Valeurs Critiques:
 10%: 0.347
  5%: 0.463
 2.5%: 0.574
  1%: 0.739
    
```

Figure N° 5- 21Les Résultat du test de stationnarité pour le marché PRO

Interprétation :

Test	Interprété	Décision
ADF	La statistique ADF est plus grande que toutes les valeurs critiques, et le p-value est supérieur à 0.05	On ne rejette donc pas l'hypothèse nulle de non-stationnarité.
KPSS	La statistique KPSS est plus grande que toutes les valeurs critiques, et le p-value est inférieur à 0.05.	On ne rejette donc pas l'hypothèse nulle de non-stationnarité.

Tableau N° 5- 6Interprétation des Tests de Stationnarité du marché PRO

PRO est une série temporelle n'est pas stationnaire selon le test ADF et KPSS

Marché PME

```

Test ADF
Statistique ADF: -3.124841048103938
p-value: 0.024768627689958227
Valeurs Critiques:
1%: -3.509
5%: -2.896
10%: -2.585

Test KPSS
Statistique KPSS: 0.41672813080257315
p-value: 0.06994477120578743
Valeurs Critiques:
10%: 0.347
5%: 0.463
2.5%: 0.574
1%: 0.739
    
```

Figure N° 5- 22Les Résultat du test de stationnarité pour le marché PME

Interprétation :

Test	Interprété	Décision
ADF	<p>La statistique ADF < -2.896 (5%)</p> <p>La statistique ADF > -3.509(1%).</p> <p>Le p-value est également inférieur à 0.05</p>	<p>Au niveau de signification de 5%, on peut rejeter l'hypothèse nulle.</p> <p>1%, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle.</p> <p>La p-value renforce le rejet de l'hypothèse nulle.</p>
KPSS	<p>La statistique KPSS < 0.463 (5%).</p> <p>La statistique KPSS > 0.739 (1%), donc</p> <p>Le p-value est inférieur à 0.05</p>	<p>On ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de stationnarité au niveau de signification de 5%.</p> <p>Au niveau de signification de 1%, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle.</p> <p>La p-value renforce le rejet de l'hypothèse nulle.</p>

Tableau N° 5- 7 -Interprétation des Tests de Stationnarité du marché PME

PME est une série temporelle stationnaire selon le test ADF et KPSS

Marché GE

```

Test ADF
Statistique ADF: -1.5707805747878254
p-value: 0.4982526588048988
Valeurs Critiques:
    1%: -3.514
    5%: -2.898
    10%: -2.586

Test KPSS
Statistique KPSS: 0.2144699073907395
p-value: 0.1
Valeurs Critiques:
    10%: 0.347
    5%: 0.463
    2.5%: 0.574
    1%: 0.739
    
```

Figure N° 5- 23-Les Résultat du test de stationnarité pour le marché GE

Interprétation :

Test	Interprété	Décision
ADF	La statistique ADF est supérieure à toutes les valeurs critiques et le p-value est supérieur à 0.05,	On ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de présence d'une racine unitaire
KPSS	La statistique KPSS est inférieure à toutes les valeurs critiques et le p-value est supérieur à 0.05	Rejeter l'hypothèse nulle de stationnarité.

Tableau N° 5- 8Interprétation des Tests de Stationnarité du marché GE

La série semble être non stationnaire selon le test ADF, tandis que le test KPSS n'offre pas suffisamment de preuves pour conclure à la stationnarité. Il est donc plus prudent de considérer la série comme non stationnaire dans ce cas.

Conclusion :

Toutes les séries étant non stationnaires selon les tests ADF et KPSS, cela suggère la présence probable de tendances, de saisons ou d'autres structures temporelles qui modifient les propriétés statistiques au fil du temps.

La nécessité de stationnariser les données avant la modélisation dépend du modèle spécifique utilisé. Par exemple, pour de nombreux modèles statistiques et économétriques tels que les modèles ARIMA, il est préférable, voire nécessaire, d'utiliser des séries stationnaires. Cependant, certains modèles comme les réseaux de neurones peuvent être appliqués à des séries non stationnaires.

Voici quelques approches courantes pour stationnariser une série temporelle :

- **Différenciation** : Calculer les différences entre chaque observation et l'observation précédente, une ou plusieurs fois, jusqu'à ce que la série devienne stationnaire.
- **Transformation logarithmique** : Appliquer un logarithme naturel à la série pour stabiliser la variance et réduire les tendances.
- **Décomposition** : Décomposer la série en ses composantes saisonnières, tendancielle et aléatoires, puis travailler avec les composantes résiduelles stationnaires.
- **Régression avec des variables explicatives** : Inclure des variables explicatives corrélées avec la série mais non stationnaires dans un modèle de régression pour éliminer leur effet.
- **Autres transformations** : Selon la nature spécifique des données, d'autres transformations comme la différenciation saisonnière ou la décomposition multiplicative peuvent être appropriées.

En appliquant la différenciation pour stationnarité les données des 3 marché PRI, PRO, GE

En python on utilise la méthode `diff()` de Pandas pour appliquer la différenciation aux données.

```
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.stattools import adfuller

def test_stationnarite_depot(data, column_name):
    # Appliquer la différenciation
    data['Diff'] = data[column_name].diff()

    # Supprimer les valeurs manquantes résultant de la différenciation
    data.dropna(inplace=True)

    # Validation de la stationnarité avec le test ADF
    result_adf = adfuller(data['Diff'])

    # Interprétation du test ADF
    if result_adf[1] < 0.05:
        interpretation = 'stationnaire'
    else:
        interpretation = 'non stationnaire'

    return interpretation
```

Figure N° 5- 24 -la différenciation pour Les quatre marchés

Voici le résultat :

```
LES données du marché PRI sont : stationnaire
LES données du marché PRO sont : stationnaire
LES données du marché PME sont : stationnaire
LES données du marché GE sont : stationnaire
```

Figure N° 5- 25-les Résultats de différenciation

Les 4 marchés sont deviennent stationnaires

En conclusion, transformer les séries temporelles non stationnaires en séries stationnaires est une étape cruciale dans l'analyse et la modélisation des données temporelles pour garantir des résultats fiables et significatifs.

5.3.4 Autocorrélation et Autocorrélation Partielle

L'autocorrélation partielle (PACF) est une mesure qui évalue la corrélation entre les valeurs d'une série temporelle à différents lags, en éliminant l'effet des lags intermédiaires. Contrairement à l'ACF, qui mesure la corrélation totale à chaque lag, la PACF identifie uniquement la corrélation directe entre une observation et ses lags, sans tenir compte des valeurs intermédiaires. Cette approche permet de mieux comprendre la contribution spécifique de chaque lag à la structure temporelle des données. En examinant les coefficients d'autocorrélation partielle, on peut identifier les lags significatifs qui influencent directement

les valeurs actuelles de la série temporelle. Les graphiques de PACF fournissent une visualisation claire de ces relations et aident à diagnostiquer la structure des données temporelles, en particulier pour identifier les modèles autorégressifs (AR) et choisir les lags appropriés à inclure dans les modèles de prévision.

Alors les graphiques d'autocorrélation (ACF) et d'autocorrélation partielle (PACF) permettent de comprendre la dépendance temporelle dans les données. Cela aide à identifier les lags significatifs et la structure des données.

Pour Les séries temporelles sont stationarisées en appliquant la différenciation avec $\text{diff}()$.

Marché PRI

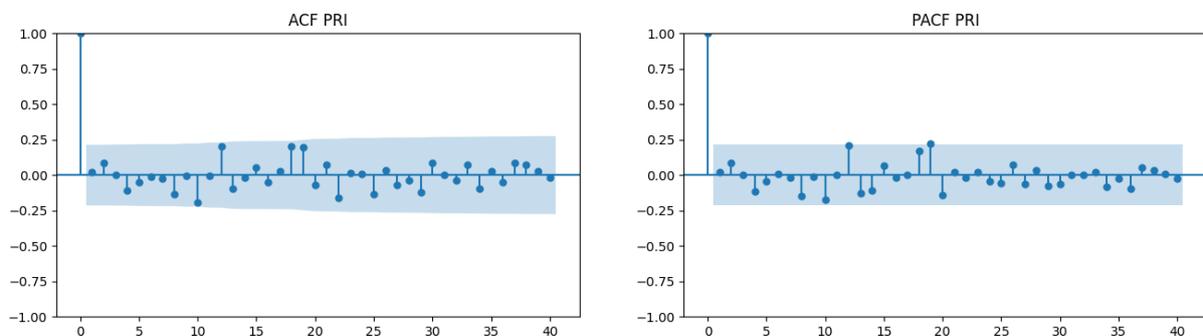


Figure N° 5- 26-Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché PRI

Marché PRO

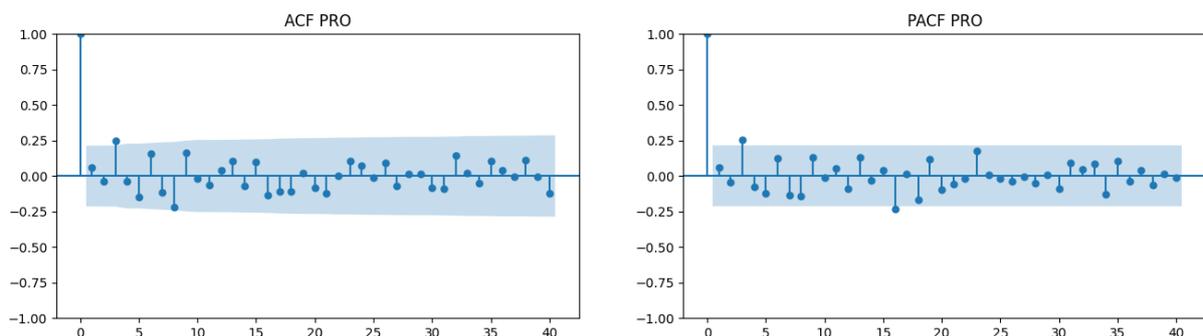


Figure N° 5- 27-Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché PRO

Marché PME

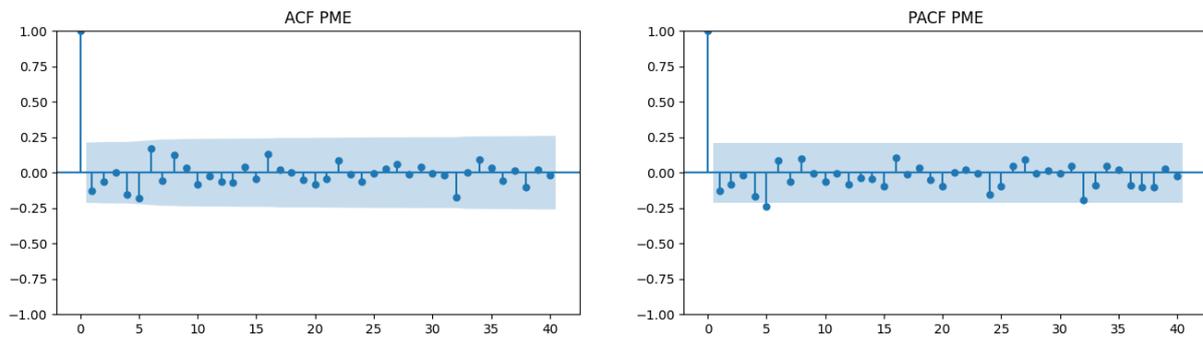


Figure N° 5- 28-Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché PME

Marché GE

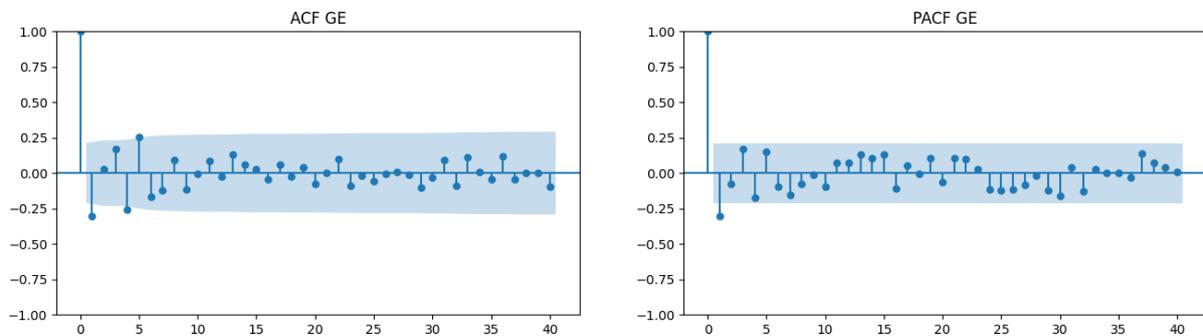


Figure N° 5- 29Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des mouvements du marché GE

Interprétation des résultats ACF et PACF:

ACF pour les 4 marchés :

Les graphiques ACF montre une forte autocorrélation au premier lag, ce qui est attendu après la différenciation.

Les autres lags oscillent autour de zéro et la plupart sont à l'intérieur de la zone de confiance, indiquant peu ou pas d'autocorrélation résiduelle.

PACF pour les 4 marchés :

Le premier lag est significatif, ce qui correspond au premier lag significatif en ACF.

Les autres lags sont majoritairement à l'intérieur de la zone de confiance, indiquant qu'il n'y a pas de corrélations partielles résiduelles importantes.

Conclusion

La majorité des lags pour ACF et PACF sont à l'intérieur de la zone de confiance.

Pour chaque marché, l'analyse ACF et PACF a montré qu'après différenciation, les séries ne présentaient pas de corrélation significative au-delà du premier lag. Cela signifie que la dépendance temporelle a été éliminée et les séries peuvent être considérées comme stationnaires, ce qui est une bonne condition pour appliquer des modèles ARIMA. Les données ne sont pas mauvaises ; elles sont simplement devenues stationnaires après le traitement, ce qui est l'objectif recherché.

L'analyse des fonctions d'autocorrélation (ACF) et d'autocorrélation partielle (PACF) est essentielle pour comprendre la structure des dépendances temporelles dans notre donnée. Ces graphiques aident à identifier les lags significatifs, ce qui est crucial pour la modélisation des séries temporelles, notamment dans le cadre des modèles ARIMA, les graphiques ACF et PACF vous aideront à identifier les ordres du modèle AR (p) et MA (q).

5.3.5 Test de causalité de Granger

Après avoir préparé les séries temporelles et identifié les dépendances temporelles à l'aide de l'autocorrélation, le test de causalité de Granger permet de vérifier si une série temporelle Granger-cause une autre série. Cela signifie que l'ajout d'informations passées d'une série à un modèle de régression de l'autre série améliore significativement la capacité du modèle à prédire les valeurs futures de cette série.

En utilisant le test de Granger après les étapes précédentes, on peut déterminer de manière plus rigoureuse et statistiquement fondée si les variations dans une série temporelle peuvent être expliquées par les variations dans une autre série temporelle, contribuant ainsi à notre compréhension des relations entre les quatre marchés des dépôts de la banque.

Le test de causalité de Granger est un outil utile pour explorer les relations de causalité prédictive entre les séries temporelles, en permettant de déterminer si une série temporelle peut être utilisée pour prédire une autre série temporelle, si une série temporelle, appelée X, Granger-cause une autre série temporelle, appelée Y, alors les informations passées de X devraient fournir une prédiction significativement meilleure de Y que les informations passées de Y seules.

Ainsi, la causalité de Granger implique une relation prédictive où les variations dans X prédisent les variations futures dans Y.

Hypothèses du test de Granger :

- Hypothèse nulle (H0) : Il n'y a pas de causalité de Granger entre X et Y.
- Hypothèse alternative (H1) : Il y a une causalité de Granger de X à Y.

Application de la causalité en python en utilisant la bibliothèque : `statsmodels.tsa.stattools`

```

series_to_test = [PRI.iloc[:, 4], PME.iloc[:, 4], GE.iloc[:, 4]]
series_PRI = PRI.iloc[:, 4]
data_names = ["PRO", "PME", "GE"]
max_lag = 1 # Nombre maximal de retards à tester
verbose = False # Pour supprimer les messages verbeux
significance_level = 0.05
for i, series in enumerate(series_to_test):
    print(f"Test de causalité de Granger de {data_names[i]} à PRI:")
    results = grangercausalitytests(pd.concat([series, series_PME], axis=1), max_lag, verbose=verbose)
    for lag in range(1, max_lag+1):
        p_value = results[lag][0]["ssr_ftest"][1]
        if p_value < significance_level:
            print(f" Retard {lag}: p-valeur = {p_value} (Causalité significative)")
        else:
            print(f" Retard {lag}: p-valeur = {p_value} (Pas de causalité significative)")

```

Figure N° 5- 30-Fonction du Test de causalité de Granger

Interprétation des résultats de la causalité :

Marché PRI

```

Test de causalité de Granger de PRO à PRI:
  Retard 1: p-valeur = 0.7098666667889442 (Pas de causalité significative)
Test de causalité de Granger de PME à PRI:
  Retard 1: p-valeur = 0.9999902322711752 (Pas de causalité significative)
Test de causalité de Granger de GE à PRI:
  Retard 1: p-valeur = 0.7091087064688422 (Pas de causalité significative)

```

Figure N° 5- 31Résultats du Test de causalité pour le marché PRI

Les p-valeurs est bien supérieure au seuil de significativité de 0.05, ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de causalité de Granger de la série PRO, PME ou GE vers la série PRI au retard 1.

Marché PRO

```

Test de causalité de Granger de PRI à PRO:
  Retard 1: p-valeur = 0.7098666667889442 (Pas de causalité significative)
Test de causalité de Granger de PME à PRO:
  Retard 1: p-valeur = 0.9999902322711752 (Pas de causalité significative)
Test de causalité de Granger de GE à PRO:
  Retard 1: p-valeur = 0.7091087064688422 (Pas de causalité significative)

```

Figure N° 5- 32Résultats du Test de causalité pour le marché PRO

Les p-valeurs est bien supérieure au seuil de significativité de 0.05, ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de causalité de Granger de la série PRI, PME ou GE vers la série PRO au retard 1.

Marché PME

```
Test de causalité de Granger de PRI à PME:  
Retard 1: p-valeur = 0.7098666667889442 (Pas de causalité significative)  
Test de causalité de Granger de PRO à PME:  
Retard 1: p-valeur = 0.3416844138578141 (Pas de causalité significative)  
Test de causalité de Granger de GE à PME:  
Retard 1: p-valeur = 0.7091087064688422 (Pas de causalité significative)
```

Figure N° 5- 33 Résultats du Test de causalité pour le marché PME

Les p-valeurs est bien supérieure au seuil de significativité de 0.05, ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de causalité de Granger de la série PRO, PRI ou GE vers la série PME au retard 1.

Marché GE

```
Test de causalité de Granger de PRI à GE:  
Retard 1: p-valeur = 0.5184857623297978 (Pas de causalité significative)  
Test de causalité de Granger de PRO à GE:  
Retard 1: p-valeur = 0.8127969516031153 (Pas de causalité significative)  
Test de causalité de Granger de PME à GE:  
Retard 1: p-valeur = 0.7214960441380138 (Pas de causalité significative)
```

Figure N° 5- 34 Résultats du Test de causalité pour le marché GE

Les p-valeurs est bien supérieure au seuil de significativité de 0.05, ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de causalité de Granger de la série PRO, PME ou PRI vers la série GE au retard 1.

Conclusion :

Chaque marché peut être considéré comme étant influencé principalement par ses propres facteurs internes et externes, et non par les mouvements des autres marchés. Par conséquent, lors de la modélisation et de la prédiction des mouvements futurs d'un marché spécifique, il est approprié de se concentrer uniquement sur son propre historique et ses caractéristiques internes, sans tenir compte des données des autres marchés. Cela simplifie le processus de modélisation et de prédiction et permet de construire des modèles plus adaptés à chaque marché individuel.

5.4 Modélisation et prédiction

Introduction

Dans cette section, nous nous concentrons sur la modélisation et la prévision des séries temporelles des dépôts bancaires pour quatre segments de marché distincts : PRI, PRO, PME et GE. Chaque segment représente un marché spécifique avec ses propres dynamiques, nécessitant une analyse approfondie pour développer des modèles prédictifs robustes. L'objectif est de capturer les tendances, les saisonnalités et les structures sous-jacentes de ces séries temporelles afin de fournir des prévisions précises pour chaque segment de marché.

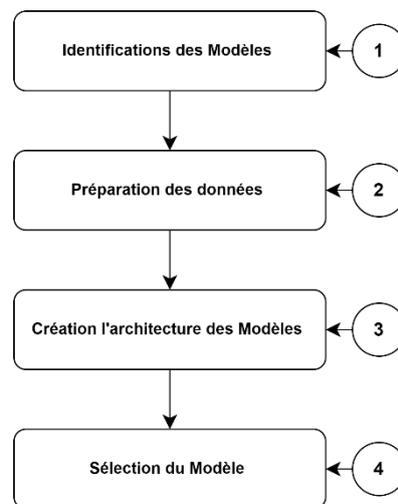


Figure N° 5- 35Proseccos e la modélisation et privions des séries temporelles

5.4.1 Identification des modèles

Pour atteindre l'objectif de modélisation et de prévision des séries temporelles, nous allons suivre un processus structuré en plusieurs étapes, en utilisant différents modèles. Voici un guide étape par étape basé sur la partie précédente de l'analyse des séries temporelles des différents marchés. Les modèles identifiés pour la modélisation sont les suivants :

- MA
- ARIMA
- SARIMA
- VAR
- RNN
- LSTM
- LSTM_BIDIRECTIONNEL

A. MA :

Effectivement, le modèle de moyenne mobile (MA) est spécifiquement conçu pour modéliser des relations linéaires entre les observations successives d'une série temporelle, en se concentrant sur les termes d'erreur successifs. L'ordre du modèle MA, noté MA(q), indique le nombre de termes d'erreur passés inclus dans le modèle.

Déterminez l'ordre du modèle MA en analysant la fonction d'autocorrélation partielle (PACF) de la série temporelle. Les pics significatifs dans la PACF suggèrent les retards à inclure dans le modèle MA.

Le modèle MA est un modèle univarié Utilise les données historiques d'une seule série temporelle, pour ajuster le modèle MA en estimant les paramètres du modèle, y compris la moyenne et les coefficients des termes d'erreur passés.

B. ARIMA :

ARIMA (p, d, q), (AutoRegressive Integrated Moving Average) est un modèle de prévision de séries temporelles qui combine à la fois des composantes autorégressives (AR) et des moyennes mobiles (MA), ainsi que la différenciation intégrée (I) des données pour rendre la série temporelle stationnaire.

(AR) : Cette composante capture la relation linéaire entre une observation et un certain nombre d'observations précédentes. L'ordre de l'AR, noté p indique le nombre d'observations précédentes incluses dans le modèle

(I) : La différenciation intégrée consiste à prendre la différence entre les observations successives afin de rendre la série temporelle stationnaire, c'est-à-dire d'éliminer les tendances et les motifs non stationnaires. Le paramètre d'ordre de différenciation, noté d, indique le nombre de différences successives nécessaires pour rendre la série temporelle stationnaire.

(MA) : Cette composante capture la dépendance entre une observation et un certain nombre d'erreurs de prédiction précédentes. L'ordre de MA, noté q, indique le nombre d'erreurs de prédiction précédentes incluses dans le modèle.

C. SARIMA

SARIMA (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average) est une extension du modèle ARIMA qui prend en compte les tendances saisonnières dans les données de séries temporelles. Comme ARIMA, SARIMA combine les composantes autorégressives (AR), intégrées (I) et de moyenne mobile (MA), mais ajoute également des composantes saisonnières.

La notation SARIMA est généralement écrite sous la forme SARIMA (p, d, q) (P, D, Q) s, où p, d, q, P, D, Q sont les paramètres AR, I, MA, SAR, SI et SMA respectivement, et s est la période saisonnière.

Le détail et l'explication sont notés dans la partie théorique

D. EXPONENTIELLE SMOOTHING

Le lissage des séries temporelles est une étape importante dans l'analyse des données, car il permet de mieux comprendre les tendances sous-jacentes en éliminant les variations aléatoires.

Les données de séries temporelles peuvent contenir beaucoup de bruit ou de fluctuations aléatoires qui masquent les tendances réelles. Le lissage permet de filtrer ce bruit pour révéler les tendances sous-jacentes plus clairement.

En lissant les données, il devient plus facile d'identifier les tendances à long terme, ce qui est essentiel pour comprendre la dynamique des dépôts pour chaque marché au fil du temps. Cela permet de prendre des décisions basées sur des informations plus fiables, de préparer les données pour des techniques de modélisation plus avancées, soit pour les modèles économétriques comme ARIMA ou les réseaux neuronaux.

Il existe plusieurs méthodes de lissage des séries temporelles, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients. Voici quelques méthodes couramment utilisées :

➤ **Lissage exponentiel simple (Simple Exponential smoothing)**

Le lissage exponentiel simple est une méthode qui applique un coefficient de lissage α aux données. Les valeurs récentes sont pondérées plus fortement que les valeurs anciennes, ce qui permet de suivre les tendances plus rapidement.

La bibliothèque `statsmodels` propose des fonctions pour le lissage exponentiel simple.

➤ **Lissage exponentiel double (double Exponential smoothing)**

Le lissage exponentiel double, également appelé méthode de Holt, prend en compte les tendances linéaires en ajoutant un terme de tendance au modèle. Cela permet de suivre non seulement le niveau des données, mais aussi leur tendance.

La bibliothèque `statsmodels` permet de mettre en œuvre cette méthode.

➤ **lissage exponentiel triple (Triple Exponential Smoothing ou Holt-Winters) :**

Le lissage exponentiel Holt-Winters est utilisé pour obtenir une représentation plus claire de la série temporelle en décomposant ses composants, ce qui facilite l'analyse et la prévision des tendances futures.

- **Simple Exponential Smoothing (SES)** : Pour les séries sans tendance ni saisonnalité.
- **Holt's Linear Trend Model** : Pour les séries avec tendance mais sans saisonnalité.
- **Holt-Winters Seasonal Model** : Pour les séries avec tendance et saisonnalité

E. VAR

VAR (Vector Autoregression) est un modèle statistique largement utilisé pour analyser et prévoir des séries temporelles multivariées. Contrairement aux modèles univariés comme ARIMA qui ne prennent en compte qu'une seule série temporelle à la fois, VAR permet de modéliser simultanément plusieurs séries temporelles qui peuvent être interdépendantes.

VAR est un modèle vectoriel car il traite les données sous forme de vecteurs. Chaque variable de la série temporelle est considérée comme une composante d'un vecteur, et les relations entre ces variables sont modélisées conjointement.

VAR a un ordre, noté p , qui indique le nombre de périodes précédentes à inclure dans le modèle pour chaque série temporelle. Par exemple, un modèle VAR (1) inclut les valeurs de chaque série temporelle à la période précédente.

F. GRU :

Ces modèles sont très efficaces pour traiter des données séquentielles, Ce qui les rend potentiellement appropriés pour notre série temporelle. Les GRU et LSTM, qui sont des variantes des RNN, sont capables de capturer des dépendances À long terme dans les données.

- **RNN :** Les RNN sont un type de réseau de neurones artificiels conçus pour traiter des données séquentielles ou temporelles.
- **LSTM :** Les LSTM sont une variante des RNN conçue pour surmonter le problème de la disparition du gradient, qui peut survenir lors de l'entraînement de RNN sur de longues séquences.
- **LSTM_Bidirectionnel:** sont une extension des LSTM qui permettent de prendre en compte à la fois l'information passée et future lors de la prédiction d'une séquence.

Voici un schéma récapitulatif sur les caractéristiques d'applications des différents modèles :

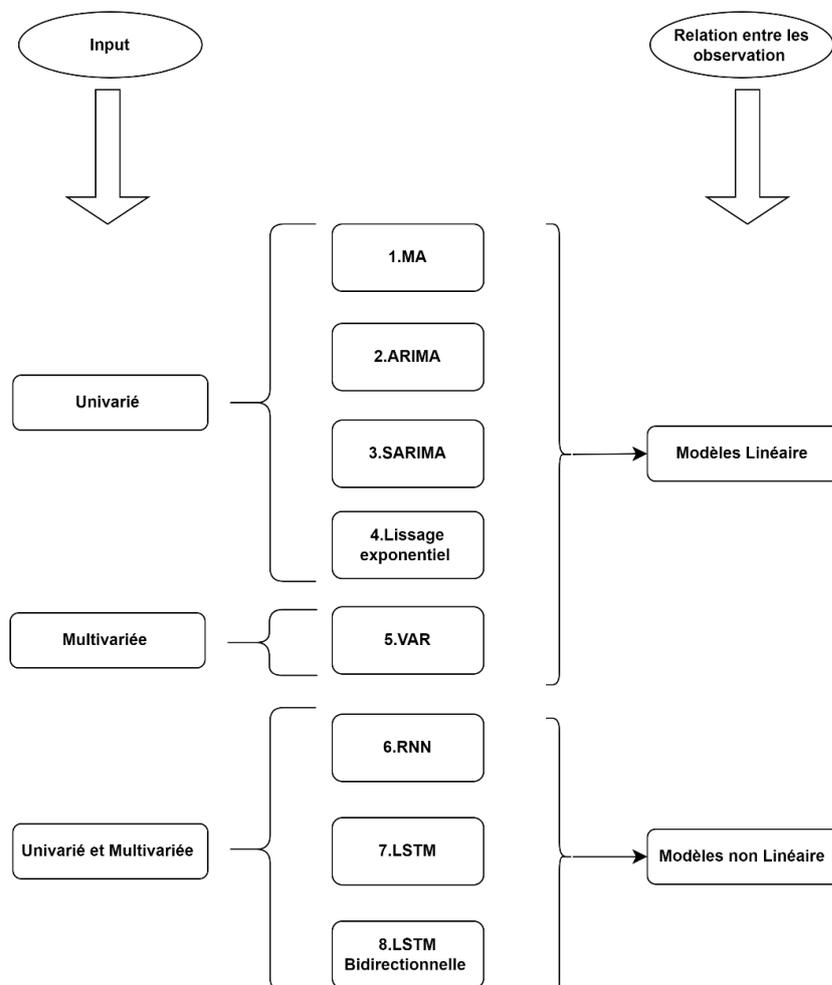


Figure N° 5- 36Schéma récapitulatif de l'application des modèles et leur ordre applicatifs

Justification du choix des modèles d'après l'analyse de chaque série (de chaque Marché) :

- **Marché PRI :**

Tendance linéaire prononcée suggère l'utilisation de MA, ARIMA.

Les modèles RNN et LSTM peuvent capturer les dépendances temporelles complexes et les tendances non linéaires dans les données.

- **Marché PRO :**

Tendance croissante régulière suggère l'utilisation de MA, ARIMA ou SARIMA.

Les modèles RNN et LSTM peuvent modéliser les variations irrégulières et les anomalies ponctuelles.

- **Marché PME :**

Fluctuations complexes suggèrent l'utilisation de MA, ARIMA ou SARIMA.

Les modèles RNN et LSTM peuvent capturer les variations non linéaires et les tendances fluctuantes.

- **Marché GE :**

Fluctuations irrégulières avec une tendance relativement stable suggèrent l'utilisation de VAR.

Les modèles RNN et LSTM peuvent modéliser les dépendances temporelles complexes et les variations non linéaires dans les données.

5.4.2 Préparation des données

La préparation des données est une étape fondamentale dans l'analyse de données et la modélisation, notamment lorsqu'il s'agit de séries temporelles. Cette phase consiste à manipuler, nettoyer et structurer les données brutes afin de les rendre appropriées pour l'analyse et la modélisation.

L'objectif principal de la préparation des données est de garantir que les données soient prêtes à être utilisées par les modèles d'analyse et de prévision,

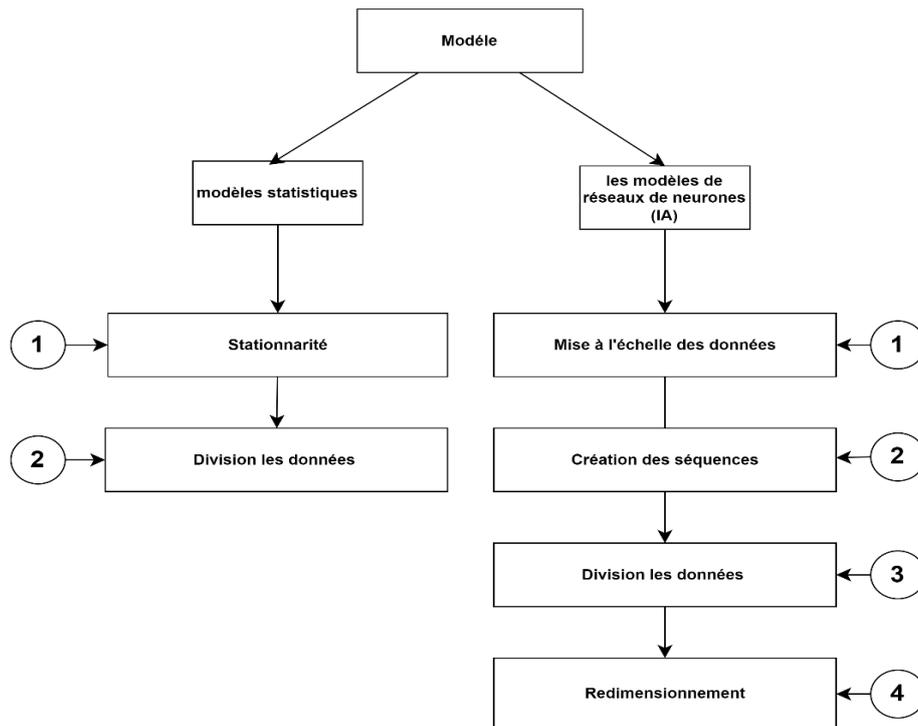


Figure N° 5- 37 Les différentes étapes de préparation des données pour chaque type de modèle

À la suite du processus d’analyse des données et à la sélection des modèles à utiliser, voici Les étapes finales pour chaque type des modèles accomplies avant de procéder à l’entraînement des modèles :

1) Les modèles Statistiques :

La colonne Modèle indique le nom du modèle utilisé, tandis que la colonne Input précise les ou les séries temporelles considérées comment entré du modèle.

- **Sélection des données**

Modèle	Input
MA	Historique de la somme des dépôts
ARIMA	Historique de la somme des dépôts
SARIMA	Historique de la somme des dépôts
Exponentiel smoothing	Historique de la somme des dépôts
VAR	Historique de la somme des dépôts et leurs Trois types

Tableau N° 5- 9 Types d'Entrées des modèles Statistique

Pour les modèles statistiques les étapes principales de la préparation des données consistent à vérifier et à rendre les données stationnaires, car ces modèles assument que la série temporelle est stationnaire. Cette stationnarité a déjà été vérifiée pour les quatre marchés dans l'étape précédente.

2) Les modèles IA :

En revanche, pour les modèles de réseaux de neurones récurrents et LSTM, les étapes de préparation des données incluent la mise à l'échelle, la création de séquences, la division des données et le redimensionnement.

- **Sélection des données :**

Modèle	Input
RNN	Historique de la somme des dépôts Et leurs Trois types (DAT, DAV, PREG)
LSTM	Historique de la somme des dépôts Et leurs Trois types (DAT, DAV, PREG)
LSTM_Bidirectionnelle	Historique de la somme des dépôts Et leurs Trois types (DAT, DAV, PREG)

Tableau N° 5- 10-Types d'Entrées des modèles IA

- **Mise à l'échelle :** consiste à normaliser les données pour les ramener à une échelle commune, ce qui facilite l'entraînement du modèle.
- **Création des séquences :** Les réseaux de neurones récurrents et LSTM nécessitent des séquences de données comme entrée. Cette étape consiste à transformer les données en séquences d'une longueur fixe.
- **Division des données :** la division des données en ensembles d'entraînement et de test est une étape cruciale dans la préparation des données pour les modèles de machine Learning. Dans notre application on utilise 90% des données pour l'entraînement et 10% pour le test C'est à dire 6 ans pour l'entrainement et une année pour le test.
- $\text{len}(X)$ renvoie le nombre total d'échantillons dans les données.
- En multipliant ce nombre par 0.9, vous obtenez 90% du total.
- **Redimensionnement :** Enfin, les données sont redimensionnées pour correspondre à la structure attendue par le modèle de réseau de neurones.

5.4.3 Entraînement et optimisation des modèles

Après la préparation des données, la prochaine étape est de créer les architectures des modèles que vous allez utiliser pour la prédiction. Voici un aperçu des différentes architectures de modèles qu'on utilise :

CHAPITRE V : PREVISION ET DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL DE STRESS TEST

✓ Le modèle Statique :

Les modèles statistiques reposent sur des paramètres spécifiques qui doivent être identifiés pour obtenir des prédictions précises.

Pour Identifier les paramètres des modèles MA, ARIMA, SARIMA :

On utilise la technique des boucles itératives pour tester toutes les combinaisons possibles de paramètres saisonniers et non saisonniers. Et sélectionner ceux qui minimisent les critères d'information tels que l'AIC (Akaike Information Criterion) et le BIC (Bayesian Information Criterion).

Pour identifier le type de lissage pour chaque série :

On utilise la compréhension et le prévoir les tendances et comportements des dépôts pour chaque marché, prenant en compte les spécificités de la tendance et de la saisonnalité identifiées. Voici le résumé des Types de Lissage Appliqués :

	Tendance	Saisonnalité	Type de Lissage
PRI	Croissance constante et prononcée	Saisonnalité régulière	Lissage Exponentiel Triple
PRO	Croissance régulière	Saisonnalité régulière	Lissage Exponentiel Triple
PME	Non linéaire avec variations	Forte saisonnalité	Lissage Exponentiel Triple
GE	Stabilité, baisse, puis reprise	Moins marquée mais présente non significative	Lissage Exponentiel Double (DES) ou triple

Tableau N° 5- 11-Analyse des Composants de la Prévision

Voici les résultats d'identification des paramètres des modèles statistiques pour chaque marché :

Marché PRI :

	Paramètres	Explication
MA	3	3 termes de moyenne mobile.
ARIMA	(1, 1, 1)	Un terme autorégressif, une différenciation d'ordre 1, et un terme de moyenne mobile.
SARIMA	L'ordre SARIMA: (2, 1, 2) L'ordre saisonnalité : (0, 0, 0, 12)	2 termes autorégressifs 1 terme de différenciation 2 termes de moyenne mobile N'y a pas de termes saisonniers dans le modèle SARIMA, mais la saisonnalité est ajustée sur une période de 12 mois.

CHAPITRE V : PREVISION ET DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL DE STRESS TEST

Lissage Exponentiel Triple	Trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12	'add' : Une tendance et saisonnalité aditif. Données ont une saisonnalité qui se répète chaque 12 mois.
----------------------------	--	--

Tableau N° 5- 12I-es paramètres des modèles statistiques pour le marché PRI

Le terme additif indique que les changements de niveau de la série temporelle sont constants au fil du temps.

Marché PRO :

	Paramètres	Explication
MA	3	3 termes de moyenne mobile.
ARIMA	(2, 1, 2)	2 termes autorégressifs, une différenciation d'ordre 1, et 2 termes de moyenne mobile.
SARIMA	L'ordre SARIMA: (2, 1, 0) L'ordre saisonnalité : (0, 0, 0, 12)	2 termes autorégressifs 1 terme de différenciation N'y a pas de termes saisonniers dans le modèle SARIMA, mais la saisonnalité est ajustée sur une période de 12 mois.
Lissage Exponentiel Triple	Trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12	'add' : Une tendance et saisonnalité aditif. Données ont une saisonnalité qui se répète chaque 12 mois.

Tableau N° 5- 13-les paramètres des modèles statistiques pour le marché PRO

Marché PME :

	Paramètres	Explication
MA	3	3 termes de moyenne mobile.
ARIMA	(1, 0, 0)	Un terme d'autorégressif, la série est stationnaire pas besoin de la différenciation.
SARIMA	Ordre SARIMA: (0, 1, 0) Ordre saisonnalité : (0, 0, 0, 12)	2 termes autorégressifs 1 terme de différenciation N'y a pas de termes saisonniers dans le modèle SARIMA, mais la saisonnalité est ajustée sur une période de 12 mois.
Lissage Exponentiel Triple	Trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12	'add' : Une tendance et saisonnalité aditif. Données ont une saisonnalité qui se répète chaque 12 mois.

Tableau N° 5- 14-les paramètres des modèles statistiques pour le marché PME

Marché GE :

	Paramètres	Explication
MA	3	3 termes de moyenne mobile.
ARIMA	(2, 1, 1)	Deux termes d'autorégressif, une différenciation d'ordre 1, et un terme de moyenne mobile.
SARIMA	Ordre SARIMA: (1, 1, 0) Ordre saisonnalité : (0, 0, 0, 12)	1 termes autorégressifs 1 terme de différenciation N'y a pas de termes saisonniers dans le modèle SARIMA, mais la saisonnalité est ajustée sur une période de 12 mois.
Lissage Exponentiel Double	Trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12	'add' : Une tendance et saisonnalité aditif. Données ont une saisonnalité qui se répète chaque 12 mois.

Tableau N° 5- 15-les paramètres des modèles statistiques pour le marché GE

Les modèles IA :

Pour organiser et clarifier les paramètres utilisés dans les différents modèles d'apprentissage automatique appliqués aux quatre marchés, nous avons divisé les informations en deux tableaux distincts. Le premier tableau 'Paramètres d'architecture des modèles' détaille les paramètres d'architecture des couches pour chaque modèle, tandis que le second tableau 'Paramètres d'entraînement des modèles' présente les paramètres d'entraînement, y compris la compilation et les adaptations spécifiques pour chaque modèle.

Le choix des hyperparamètres a été fait à l'aide de techniques de recherche d'optimisation, permettant de déterminer les meilleurs paramètres minimisant l'erreur.

Pour les données d'entrée, nous travaillons principalement avec les données historiques des sommes des dépôts. Les résultats obtenus en utilisant les données historiques de différents types n'étaient pas aussi bons

Voici les paramètres d'architecture détaillés pour chaque modèle utilisé dans notre analyse de prévision pour Les 4 marchés :

Modèle	Paramètres d'architecture	
	Couche	Paramètres
VAR		
RNN	SimpleRNN(1ère couche)	(Unit =128, return_sequences=False) Input_shape=(X_train.shape[1], X_train.shape[2])
	Dropout, SimpleRNN(2ème couche)	0.2 (Unit=64, return_sequences=False)
	Droupout	0.2
	Dense (couche de sortie)	1, Fonction d'activation='relu'
LSTM	LSTM (1 ère couche)	Unit=128, return_sequences=True (Input_shape=(X_train.shape[1], X_train.shape[2])
	Dropout	0.3
	LSTM (2 ème couche)	Unit=64, return_sequences=False
	Dropout Dense	0.3 1, Fonction d'activation='relu'
LSTM_Bid	Bidirectional	Unit=128, return_sequences=True (Input_shape=(X_train.shape[1], X_train.shape[2])
	Dropout	0.3
	Bidirectional	Unit=64, return_sequences=False
	Dropout Dense	0.3 1, Fonction d'activation='relu'

Tableau N° 5- 16-Paramètres d'Architecture des Modèles de Prévision

Les paramètres d'entraînement des différents modèles sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Modèle	Paramètres Entraînement	
	Compilation	Adaptations
VAR		
RNN	Optimiseur = Adam learning_rate=0.001 Fonction de perte= mean_squared_error	epochs=200, batch_size=16 verbose=1
LSTM	Optimiseur = Adam learning_rate=0.001 Fonction de perte= mean_squared_error	epochs=200, batch_size=16 verbose=1
LSTM_Bid	Optimiseur = Adam learning_rate=0.001 Fonction de perte= mean_squared_error	epochs=300, batch_size=16 verbose=1

Tableau N° 5- 17-Paramètres d'Entraînement des Modèles de Prévision

5.4.4 Résultats et Evaluation

a. Sélection du Modèle

Pour sélectionner le meilleur modèle pour chaque marché, nous utilisons les métriques RMSE (Root Mean Square Error) et MSE (Mean Square Error).

MSE (Mean Square Error) : Il s'agit de la moyenne des carrés des différences entre les valeurs prédites par le modèle et les valeurs réelles. Plus le MSE est faible, plus le modèle est précis.

RMSE (Root Mean Square Error) : Il s'agit de la racine carrée du MSE. Le RMSE exprime l'erreur moyenne en unités de la variable cible, ce qui peut être plus intuitif. Il se calcule comme suit :

Pour chaque marché, une sélection des modèles a été effectuée pour évaluer leur performance en termes de RMSE et MSE.

Marché PRI :

	RMSE	MSE
MA	0.08391	0.08391
ARIMA	0.03134	0.00098
SARIMA	0.04631	0.00215
VAR	0.72654	0.07189
Exponentielle smoothing	0.03789	0.00144
RNN	0.08591	0.00738
LSTM	0.05298	0.00281
LSTM_Bidirectionnelle	0.04573	0.00209

Tableau N° 5- 18-Performance des Modèles pour Marché PRI

Marché PRO :

Modèle	RMSE	MSE
MA	0.06586	0.00433
ARIMA	0.19207	0.03689
SARIMA	0.10202	0.01041
VAR	0.40119	016095
Exponentielle smoothing	0.12721	0.01618
RNN	0.06928	0.00480
LSTM	0.05560	0.00309
LSTM_Bidirectionnelle	0.04348	0.00189

Tableau N° 5- 19-Performance des Modèles pour Marché PRO

Marché PME :

	RMSE	MSE
MA	0.08742	0.00764
ARIMA	0.07100	0.00504
SARIMA	0.62057	0.38511
VAR	0.80405	1.09173
Exponentielle smoothing	0.10844	0.01175
RNN	0.19479	0.03792
LSTM	0.05365	0.00287
LSTM_Bidirectionnelle	0.08166	0.00667

Tableau N° 5- 20-Performance des Modèles pour Marché PME

Marché GE :

	RMSE	MSE
MA	0.77745	0.00599
ARIMA	0.43454	0.18882
SARIMA	0.60498	0.36600
VAR	0.54456	0.96626
Exponentielle smoothing	0.64266	0.41302
RNN	0.20736	0.04300
LSTM	0.26550	0.07049
LSTM_Bidirectionnelle	0.45802	0.20978

Tableau N° 5- 21-Performance des Modèles pour Marché GE

Suite à l'évaluation basée sur différentes métriques et en vue de passer à la prochaine étape des tests de résistance, il a été décidé de retenir les modèles suivants pour chaque marché :

- Pour le marché PRI : ARIMA
- Pour le marché PRO : LSTM_bidirectionnel
- Pour le marché PME : LSTM
- Pour le marché GE : RNN

b. Visualisation des résultats :

Ces graphiques permettent de mieux comprendre le comportement des modèles en comparant les valeurs réelles aux valeurs prédites, en observant les courbes d'apprentissage, et en analysant la relation entre les valeurs réelles et les prédictions. Les visualisations suivantes offrent un aperçu détaillé de la précision et de la stabilité des modèles prédictifs.

Nous commençons par afficher un graphique linéaire (ou une courbe de tendance) ainsi qu'un graphique à barres pour comparer les valeurs réelles et prédites pour le marché PRI avec le modèle ARIMA."

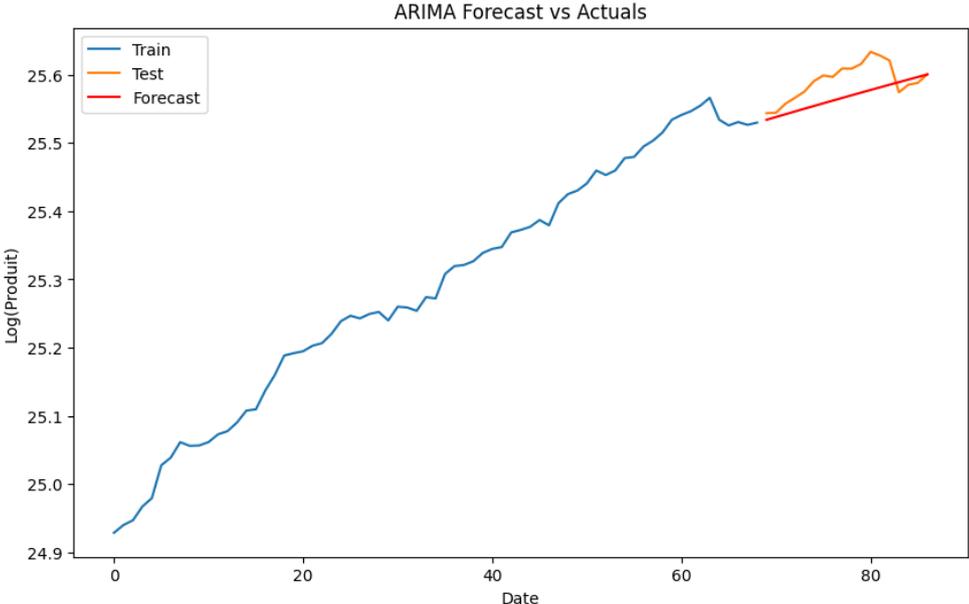


Figure N° 5- 38-Prévisions du modèle ARIMA pour le marché PRI

Marché PRO : LSTM_Bidirectionnelle

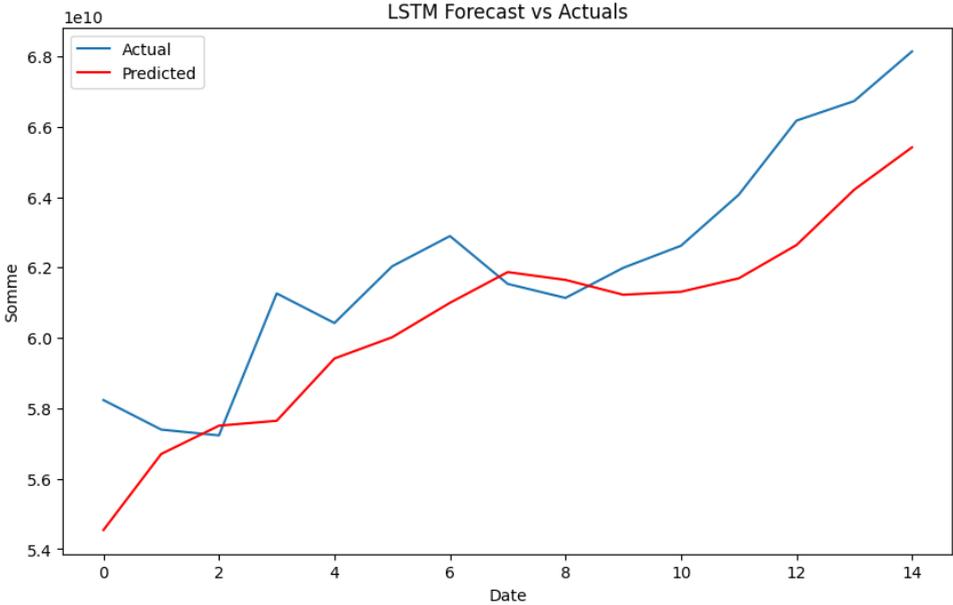


Figure N° 5- 39-Prévisions du modèle LSTM_Bidirectionnelle pour le marché PRO

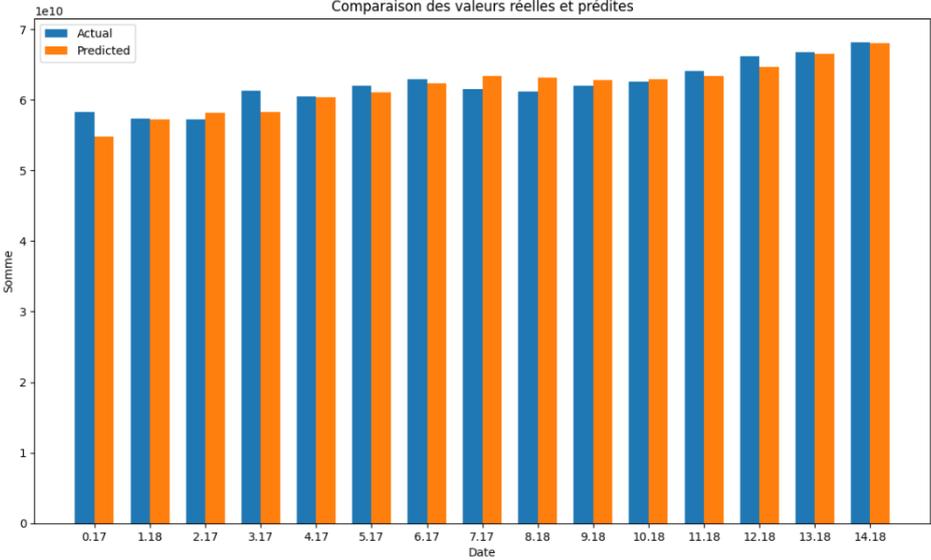


Figure N° 5- 40-Comparaison des valeurs réelles et prédites du marché PRO

Marché PME : LSTM

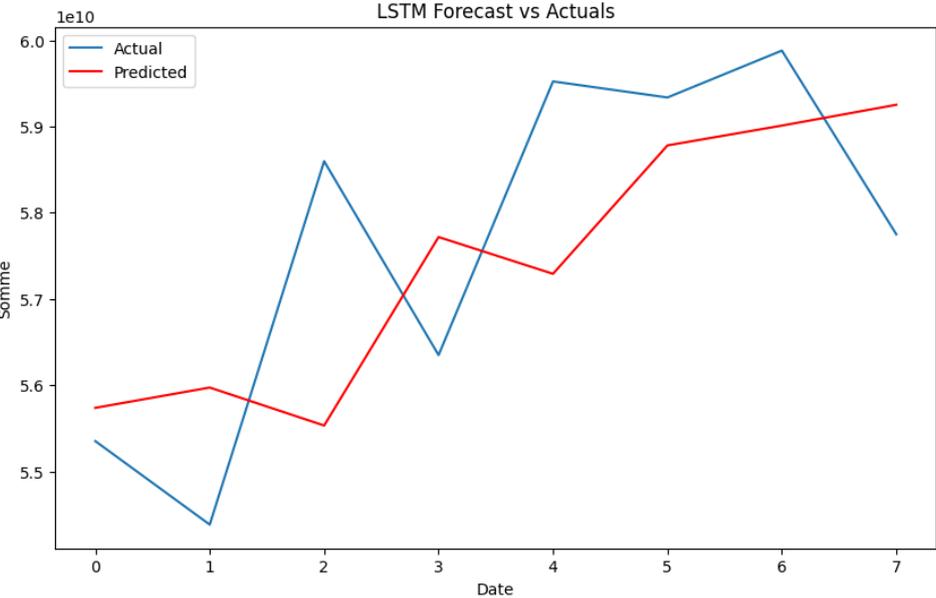


Figure N° 5- 41-Prévisions du modèle LSTM pour le marché PME

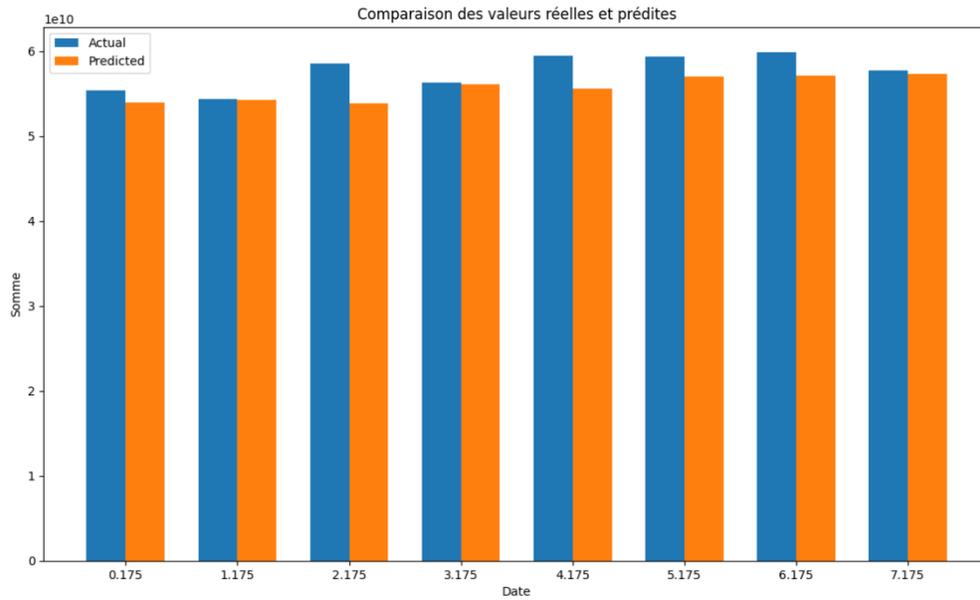


Figure N° 5- 42-Prévisions du modèle LSTM pour le marché PME

Marché GE

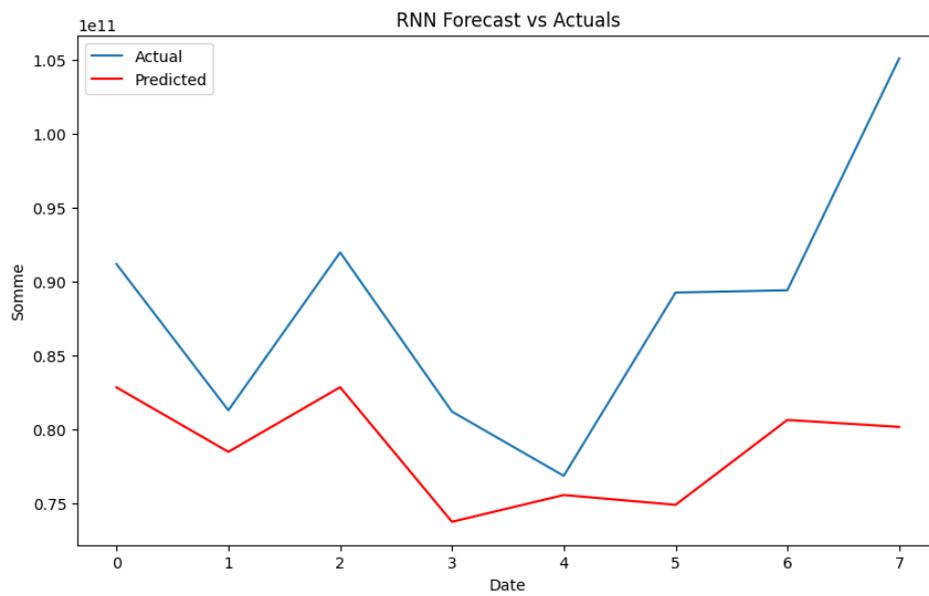


Figure N° 5- 43-Prévisions du modèle RNN pour le marché GE

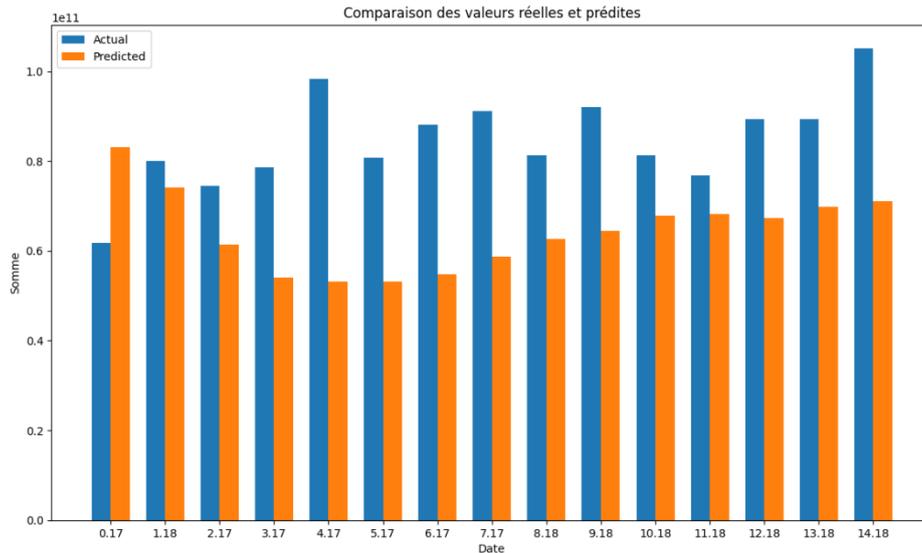


Figure N° 5- 44-Prévisions du modèle RNN pour le marché G

c. Résultat des Prévisions :

Nous avons utilisé les modèles sélectionnés pour chaque marché afin de prévoir la demande des 12 prochains mois. Les modèles ont été entraînés sur les données historiques de la société générale, et les prévisions ont été générées en fonction de ces modèles.

Les résultats de ces prédictions ont été enregistrés dans un fichier Excel nommé "marché_(modèle_sélectionné).xlsx" pour être utilisés dans la phase de visualisation."

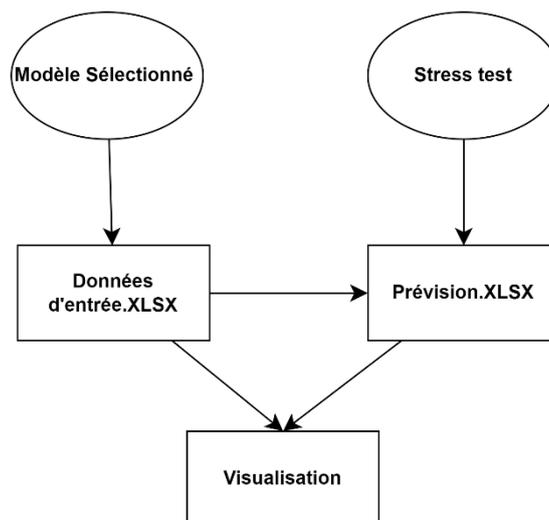


Figure N° 5- 45-Processus de Prévision

En peux conclusion de cette partie , l'évaluation des modèles prédictifs pour les différents marchés a permis de sélectionner des approches adaptées à chaque contexte spécifique. Les résultats obtenus, consignés dans des fichiers Excel dédiés à chaque marché et modèle, fournissent une base solide pour une analyse approfondie de la précision et de la stabilité des prévisions. Ces insights seront essentiels pour orienter les décisions stratégiques futures de l'entreprise en matière de gestion de la demande et de planification opérationnelle.

5.5 Définition des Scénarios de Stress

Dans le cadre des stress tests et des simulations financières, l'utilisation de scénarios hypothétiques est essentielle pour évaluer la résilience des institutions financières face à des situations potentiellement adverses. Le terme "hypothétique" fait référence à des situations ou des scénarios qui n'ont pas encore eu lieu dans la réalité, mais qui sont imaginés pour évaluer les réactions des variables financières dans de telles circonstances.

Les scénarios que j'ai décrits sont élaborés en combinant des tendances économiques observées, des politiques potentielles et des dynamiques spécifiques à l'Algérie. Ils sont construits sur la base d'hypothèses et de conjectures, en se fondant sur des informations actuelles et des projections réalistes provenant du rapport de la Banque Mondiale sur l'Algérie.

Chaque marché est défini par une catégorie de clients, et pour chacun de ces marchés, nous avons défini un scénario distinct. Ces scénarios sont élaborés en fonction des perspectives économiques et des risques détaillés dans le rapport de la Banque Mondiale, afin de créer des stress tests réalistes pour évaluer les dépôts bancaires dans différents segments de marché (PRI, PRO, PME, GE).

Scénario 1 : Croissance Économique Forte et Stable

Grâce au système de prévision International Futures (IFs), l'Algérie devrait bénéficier d'une croissance modeste mais stable de son produit intérieur brut (PIB), avec un taux moyen de croissance estimé à 1,8 % entre 2020 et 2040. Cette croissance est soutenue par des investissements accrus dans l'agriculture et l'industrie, ainsi que par des augmentations salariales, renforçant ainsi l'économie algérienne.

Explication : Cette situation est prévue entraîner une augmentation des dépôts dans tous les segments de marché (GE, PRO, PRI, PME), stimulée par une confiance accrue et des liquidités disponibles.

Méthodologie d'estimation :

Hypothèse de base : Les dépôts augmentent proportionnellement à la croissance du PIB.

Estimation de l'impact : En 2024, le PIB de l'Algérie devrait atteindre 234 milliards de dollars, contre 215,4 milliards en 2023, soit une augmentation de 8,64 %. Pour 2025, une croissance supplémentaire est prévue, portant le PIB à 245 milliards de dollars, ce qui représente une augmentation de 4,70 % par rapport à 2024.

$$\text{Pourcentage d'augmentation du PIB} = \frac{\text{Nouveau PIB} - \text{Ancien PIB}}{\text{Ancien PIB}} \cdot 100$$

Pour 2024 :

$$\text{Pourcentage d'augmentation du PIB en 2024} = \frac{234 - 215.4}{215.4} \times 100 \approx 8.64\%$$

Pour 2025 :

$$\text{Pourcentage d'augmentation du PIB en 2025} = \frac{245 - 234}{234} \times 100 \approx 4.70\%$$

≈ 4.70%

D'après l'estimation de la Banque Mondiale peut estimer que l'augmentation du PIB pourrait se traduire par une augmentation des dépôts des PME dans une fourchette approximative de 4% à 11% en 2024 et de 3% à 9% en 2025, en fonction de divers facteurs économiques et comportementaux.

Marché	Impact	
	2024	2025
PRI	+9%	+7%
PRO	+8%	+6%
PME	+11%	+9%
GE	+10%	+8%

Tableau N° 6- 1-Impacts estimés du scénario 01 sur les marchés

Scénario 2 : Pression Inflationniste Persistante

La persistance de l'inflation due à l'augmentation des prix des matières premières et à l'incapacité de stabiliser les prix réduit les marges bénéficiaires et le pouvoir d'achat. Cette situation entraîne une diminution des dépôts dans les segments de marché (GE, PRO, PRI, PME) en raison de la pression sur les liquidités et de la diminution des investissements.

Croissance Économique Modérée : 4.2% en 2024, 3.9% en 2025.

Méthodologie d'estimation :

- **Hypothèse de base :** Les dépôts diminuent proportionnellement à la pression inflationniste.
- **Impact sur les dépôts des GE :** Diminution en raison de la pression sur les marges bénéficiaires.
- **Impact sur les dépôts des PRO :** Diminution en raison de la réduction des revenus réels.
- **Impact sur les dépôts des PRI :** Diminution en raison de la diminution du pouvoir d'achat.
- **Impact sur les dépôts des PME :** Diminution en raison des difficultés financières accrues.

Marché	Impact	
	2024	2025
PRI	-1%	-1%
PRO	-2%	-1%
PME	-3%	-2%
GE	-3%	-2%

Tableau N° 6- 2-Impacts estimés du scénario 02 sur les marchés

Scénario 3 : Réduction des Exportations et Baisse des Prix des Hydrocarbures

La baisse des prix des hydrocarbures et des recettes d'exportation entraîne une réduction de la balance commerciale excédentaire, affectant négativement les liquidités et la confiance des investisseurs. Cette situation réduit les dépôts dans les segments de marché (GE, PRO, PRI, PME) en raison de la diminution des revenus et de la demande.

Croissance Économique Faible : 2.5% en 2024, 2.0% en 2025.

Méthodologie d'estimation :

- **Hypothèse de base :** Les dépôts diminuent proportionnellement à la baisse des revenus nationaux.
- **Impact sur les dépôts des GE :** Diminution en raison de la baisse des recettes et des investissements.
- **Impact sur les dépôts des PRO :** Diminution en raison de la diminution des activités professionnelles.
- **Impact sur les dépôts des PRI :** Diminution en raison de la diminution du pouvoir d'achat.
- **Impact sur les dépôts des PME :** Diminution en raison de la baisse de la demande et des revenus.

Marché	Impact	
	2024	2025
PRI	-4%	-3%
PRO	-3%	-2%
PME	-4%	-3%
GE	-5%	-4%

Tableau N° 6- 3-Impacts estimés du scénario 03 sur les marchés

Scénario 4 : Réformes Structurelles et Diversification Économique

Les réformes structurelles et la diversification économique réduisent la dépendance aux hydrocarbures, améliorant l'environnement des affaires et stimulant l'entrepreneuriat. Cette situation augmente les dépôts dans les segments de marché (GE, PRO, PRI, PME) en raison de la confiance accrue, de la stabilité économique et de l'accès facilité aux financements.

Méthodologie d'estimation :

- **Hypothèse de base** : Les dépôts augmentent proportionnellement à la diversification économique et à l'amélioration de l'environnement des affaires.
- **Impact sur les dépôts des GE** : Augmentation en raison de l'amélioration de l'environnement économique.
- **Impact sur les dépôts des PRO** : Augmentation grâce à de meilleures opportunités économiques.
- **Impact sur les dépôts des PRI** : Augmentation en raison de l'amélioration des conditions de vie.
- **Impact sur les dépôts des PME** : Augmentation grâce à un accès facilité au financement et à une demande accrue.

Marché	Impact	
	2024	2025
PRI	7%	6%
PRO	6%	5%
PME	8%	7%
GE	7%	6%

Tableau N° 6- 4-Impacts estimés du scénario 04 sur les marchés

Ces scénarios pour 2025 tiennent compte des projections économiques et des tendances spécifiques à l'Algérie, telles que décrites dans le rapport de la Banque Mondiale et RAPPORT BIENNAL DE L'ALGÉRIE. Ils illustrent comment les différents segments de marché pourraient réagir aux conditions économiques prévues et à leur impact sur les dépôts bancaires

5.6 Résultats du stress

Nous présentons les résultats de nos analyses de scénarios de croissance économique pour les marchés PRI, PRO, PME, et GE. Les graphiques ci-dessous illustrent les prévisions de demande pour les 12 prochains mois en utilisant les modèles prédictifs sélectionnés pour chaque marché, comparées aux prévisions sous différents scénarios de stress.

→ Résultat du scénario 1

En appliquant le scénario 1 de stress relatif Sur les 4 marchés, nous obtenons les graphiques Ci-dessous :

Marché GE :

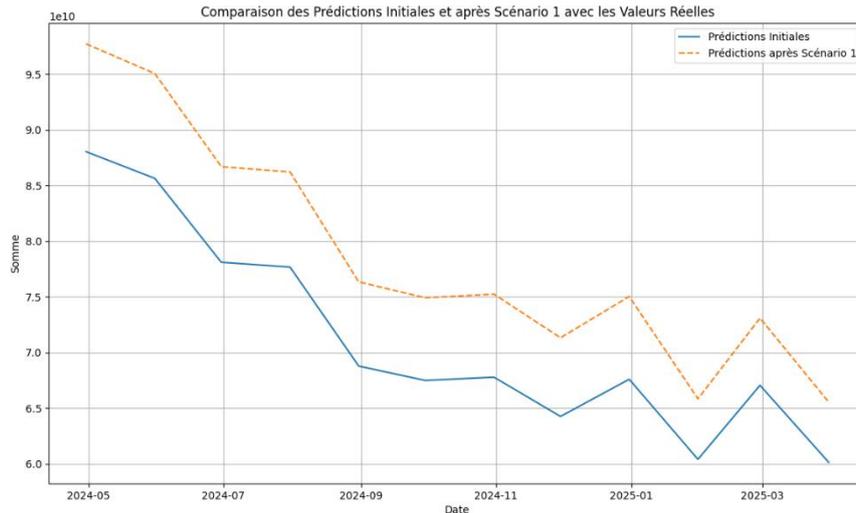


Figure N° 6- 1-Le prévisionnel du marché GE et le prévisionnel stressé

Pour le marché GE, le graphique montre une augmentation de 10 % en 2024 et de 8 % en 2025 sous le scénario de stress. La demande augmente significativement en 2024, avec une modeste baisse en 2025, ce qui reflète une robustesse initiale face aux conditions économiques adverses, avant une stabilisation.

Marché PME :

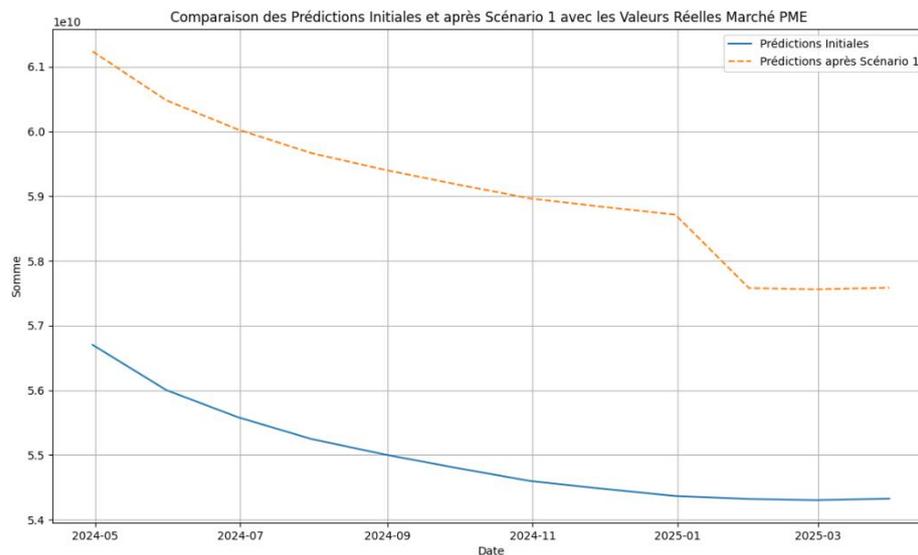


Figure N° 6- 2-Le prévisionnel du marché PME et le prévisionnel stressé

Le graphique du marché PME révèle une augmentation de 11 % en 2024 et de 9 % en 2025 sous le scénario de stress. Cette forte hausse en 2024, suivie d'une légère diminution en 2025, démontre la résilience des PME, bien que la demande ralentisse légèrement l'année suivante.

Marché PRO

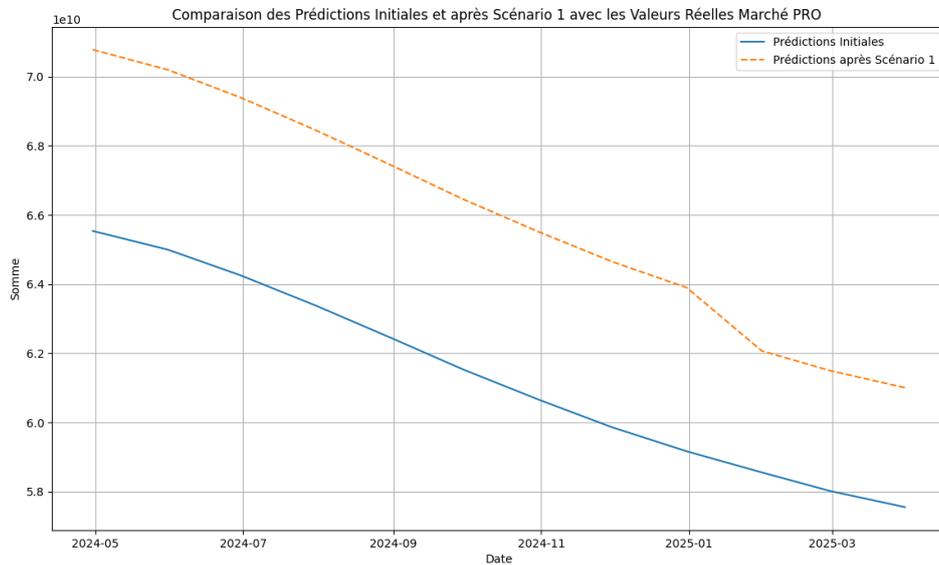


Figure N° 6- 3-Le prévisionnel du marché PRO et le prévisionnel stressé

Pour le marché PRO, le graphique indique une hausse de 8 % en 2024 et de 6 % en 2025 sous le scénario de stress. La croissance est plus prononcée en 2024, avec une légère baisse en 2025, montrant une stabilisation de la demande après l'impact initial du stress.

Marché PRI

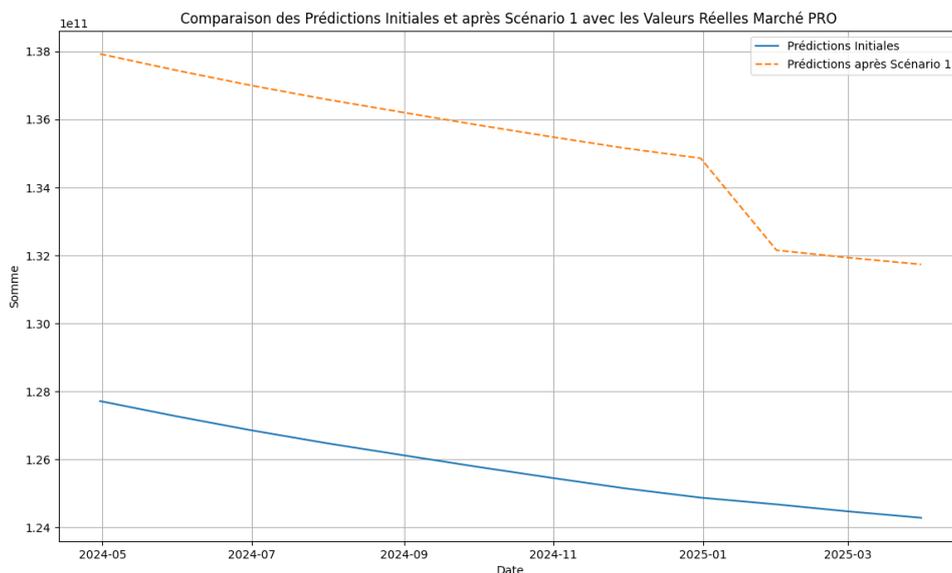


Figure N° 6- 4-Le prévisionnel du marché PRI et le prévisionnel stressé

Le graphique du marché PRI montre une augmentation de 9 % en 2024 et de 7 % en 2025 sous le scénario de stress. On observe une hausse notable en 2024, suivie d'une légère diminution de

la croissance en 2025, indiquant un ralentissement de la demande malgré des conditions économiques défavorables.

→ Conclusion de l'application des scénarios

Suite à notre analyse détaillée des scénarios de stress, nous avons observé de manière significative l'impact de ces derniers sur les dépôts de la SGA, répartis en quatre marchés distincts : PRI, PRO, PME, et GE. Dans chacun de ces scénarios de stress, pris individuellement et conjointement, la SGA doit estimer les soldes BA et les coefficients de liquidité de déterminer si elle se trouve dans une situation de déficit de liquidité.

Lorsque le coefficient de liquidité d'un marché est inférieur à 100 %, cela indique que la SGA manque de ressources liquides pour faire face à ses échéances financières spécifiques à ce marché. Dans de telles situations, la SGA doit envisager des mesures de recapitalisation et utiliser les méthodes de refinancement décrites dans la partie État de l'art.

Cette analyse a permis de mettre en évidence les vulnérabilités spécifiques de chaque marché face aux scénarios de stress, fournissant ainsi des insights précieux pour renforcer la gestion des liquidités et assurer la stabilité financière de l'organisation.

Malgré des pourcentages d'augmentation apparemment modestes dans les prévisions sous stress, l'impact sur les dépôts et la liquidité bancaire est significatif. Les résultats montrent une augmentation de la demande allant de 6 % à 11 % en 2024, suivie d'une légère baisse de la croissance en 2025 pour tous les marchés (PRI, PRO, PME, GE). Ces augmentations, bien que petites en termes de pourcentages, se traduisent par des volumes substantiels de dépôts supplémentaires. Cette augmentation des dépôts influence directement le solde des BA (bilans bancaires) et les coefficients de liquidité de la banque. Un afflux plus important de dépôts, même modéré, peut renforcer les ressources liquides de la banque, améliorant ainsi sa capacité à faire face à ses engagements financiers. Par conséquent, les banques doivent ajuster leur gestion des liquidités et envisager des stratégies de refinancement adéquates pour maintenir la stabilité financière.

Les scénarios de stress révèlent non seulement la résilience des différents segments de marché face aux conditions économiques adverses, mais aussi l'importance cruciale de surveiller et de gérer les dépôts et la liquidité bancaire. Une gestion proactive et stratégique est essentielle pour naviguer avec succès dans des environnements économiques incertains et garantir la stabilité à long terme de la banque

5.7 Présentation de l'outil

Dans notre projet, nous avons développé une plateforme interactive de visualisation des résultats de prévision de liquidité en utilisant Power BI, avec une intégration du langage DAX et du HTML pour une personnalisation avancée de l'interface utilisateur. Power BI est un outil de Business Intelligence (BI) développé par Microsoft, qui offre une suite complète de fonctionnalités pour l'analyse et la visualisation des données.

L'intégration du langage DAX dans Power BI nous a permis de créer des calculs personnalisés et des métriques avancées pour évaluer la santé financière de l'entreprise. Grâce à DAX, nous avons pu effectuer des analyses complexes et obtenir des insights précieux à partir de nos données de liquidité.

En outre, l'utilisation du HTML nous a permis de personnaliser l'interface utilisateur de notre application visuelle pour offrir une expérience optimale aux utilisateurs. Nous avons pu intégrer des éléments interactifs et des fonctionnalités de navigation pour faciliter l'exploration des données et la prise de décision.

Power BI offre également la possibilité de créer des visualisations dynamiques et des tableaux de bord interactifs, ce qui nous a permis de présenter nos résultats de prévision de manière claire et intuitive. Les utilisateurs peuvent explorer les données, filtrer les informations et comparer différents scénarios de stress avec facilité grâce aux fonctionnalités avancées de Power BI.

En résumé, l'utilisation de Power BI avec l'intégration du langage DAX et du HTML nous a permis de développer une plateforme de visualisation des résultats de prévision de liquidité puissante et conviviale. Cette plateforme offre aux décideurs une meilleure compréhension de la situation financière de l'entreprise et les aide à prendre des décisions éclairées pour l'avenir.

5.8 Explication du choix

Dans l'explication du choix de Power BI pour notre application de visualisation des résultats de prévision de liquidité, plusieurs points ont été pris en considération :

1. Facilité d'intégration de l'outil : Power BI offre une intégration facile avec les données de la Société Générale Algérienne (SGA), ce qui nous a permis de connecter rapidement nos sources de données et de commencer à visualiser les résultats de prévision.
2. Variété des mesures et des visualisations : Power BI propose une large gamme de mesures et de visualisations personnalisables, adaptées aux besoins spécifiques de la banque. Cette variété nous permet d'analyser les résultats de prévision sous différents angles et de choisir les visualisations les plus pertinentes pour chaque modèle de présentation.
3. Limitations d'accessibilité dans le réseau SGA : En raison des limitations d'accès aux Framework de programmation comme Python dans le réseau de la SGA, Power BI s'est avéré être une solution idéale pour développer notre application visuelle. Son environnement de

développement convivial et son déploiement sur le cloud ont permis de contourner ces limitations et de fournir un accès facile à l'application à travers le réseau interne de la SGA.

En résumé, le choix de Power BI pour notre application de visualisation des résultats de prévision de liquidité s'est appuyé sur sa facilité d'intégration, sa variété de mesures et de visualisations, ainsi que sur sa capacité à surmonter les limitations d'accessibilité dans le réseau de la SGA. Cette décision nous a permis de développer une plateforme de visualisation puissante et accessible pour les décideurs de la SGA.

5.9 Fonctionnalités

Dans notre application, nous avons inclus plusieurs fonctionnalités pour offrir une expérience utilisateur complète et enrichissante. Voici un aperçu des principales fonctionnalités, organisées selon les trois pages principales de l'application :

Avant de plonger dans les différentes pages de l'application, il est important de souligner les mesures calculées que nous avons intégrées sont basées sur une analyse approfondie des données Prévisionnée et stressé et celons le besoin du SGA.

(a) Page d'Accueil :

Sur la page d'accueil de notre application, les utilisateurs sont accueillis par un tableau de bord interactif leur offrant la possibilité de choisir entre les prévisions de liquidité sans stress et les prévisions stressées. Cette fonctionnalité leur permet de sélectionner le type de données qu'ils souhaitent explorer en fonction de leurs besoins spécifiques. En cliquant sur les onglets correspondants, ils peuvent accéder aux différentes sections de l'application pour analyser les résultats des prévisions dans des conditions normales ou sous différents scénarios de stress.

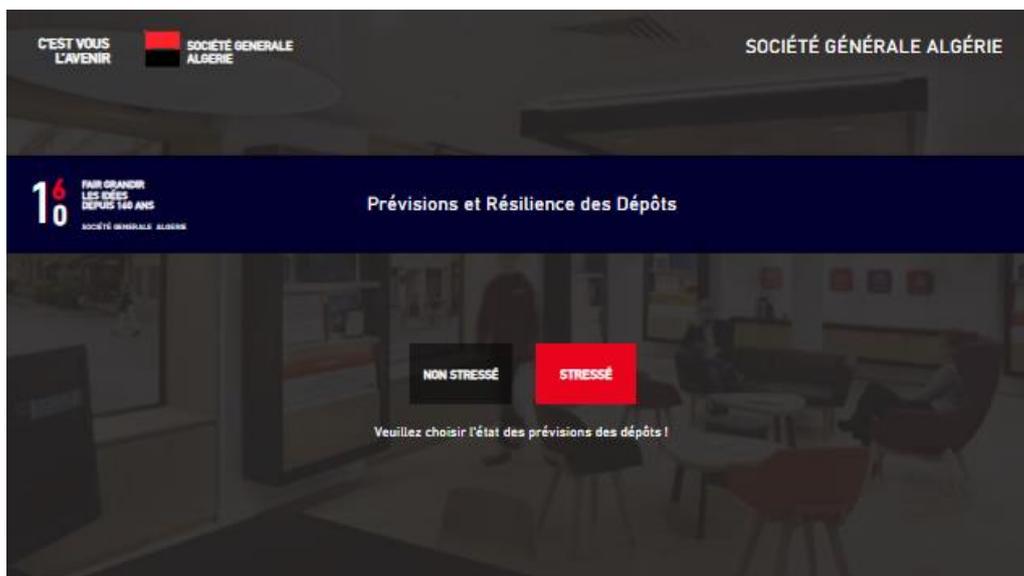


Figure N° 7- 1-- Page d'accueil

(a) Page des Prévisions Stressées :

Dans la Page des Prévisions Stressées, les utilisateurs ont accès à plusieurs analyses et mesures dynamiques pour évaluer les résultats des prévisions dans des conditions normales. Voici les fonctionnalités principales de cette page :

Filtrage par Date : Les utilisateurs peuvent sélectionner une plage de dates spécifique pour visualiser les prévisions sur une période donnée. Ce filtre leur permet d'analyser les tendances au fil du temps et de comparer les performances financières sur différentes périodes.

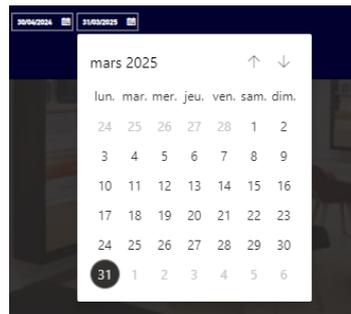


Figure N° 7- 2– Choix de la date de prévision

Filtrage par Scénario : Les utilisateurs ont la possibilité de choisir parmi quatre scénarios prédéfinis pour évaluer les prévisions de liquidité. On sélectionne un scénario et voit au même temps les résultats dans des conditions normales, ce qui permet de comparer les performances des différents scénarios avec les prévisions de base.



Figure N° 7- 3– Choix de scénario

Filtrage par Marché : Les utilisateurs peuvent également filtrer les données par marché spécifique pour analyser les prévisions de liquidité pour des segments particuliers de l'activité de la SGA. Ce filtre leur permet de visualiser les performances par marché et d'identifier les tendances spécifiques à chaque segment.

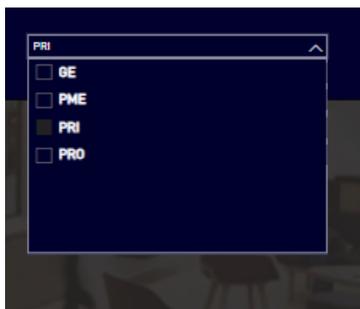


Figure N° 7- 4– Choix du marché

Analyses Dynamiques : La page offre une variété d'analyses dynamiques, telles que des graphiques interactifs, des tableaux de bord dynamiques et des indicateurs clés de performance. Les utilisateurs peuvent explorer les données en utilisant ces outils pour obtenir des insights approfondis sur la liquidité de la SGA et identifier les facteurs qui influent sur sa santé financière.



Figure N° 7- 5-Analyse des Dépôts Stressé

Dans la Page des Prévisions sans Stress, une fonctionnalité clé est la génération dynamique des prévisions en fonction des choix de l'utilisateur. Voici comment cela fonctionne :

Choix du Marché et du Scénario : Les utilisateurs commencent par sélectionner un marché spécifique et un scénario de prévision dans les filtres disponibles.

Mise à Jour Automatique des Résultats : Une fois que l'utilisateur a fait ses sélections, les résultats des prévisions de liquidité sont mis à jour automatiquement. Les visualisations, graphiques et tableaux de bord se réajustent pour refléter les nouvelles données basées sur le marché et le scénario choisis.

Visualisations Dynamiques : Les utilisateurs peuvent voir les changements en temps réel grâce à des visualisations interactives. Par exemple :

- **Graphiques En courbe :** Est une courbe comparative illustrant les tendances des dépôts prévisionnés et stressés au fil du temps pour un marché et le scénario sélectionnés.



Figure N° 7- 6Tendances des Dépôts Prévisionnés et Stressés

- **Graphiques à Barres :** Comparant les différents Scénario du chaque marché sélectionné.

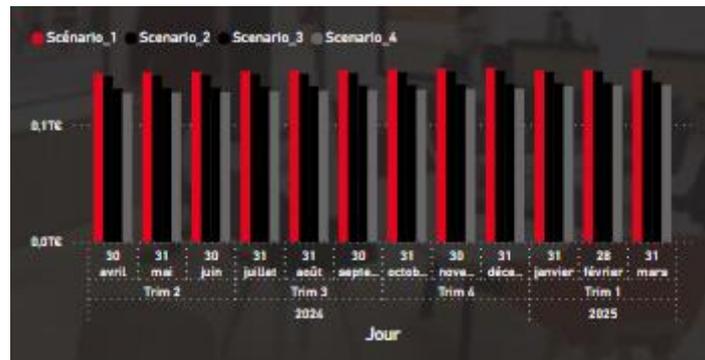


Figure N° 7- 7 -Comparaison des Scénarios pour Chaque Marché

Tableaux de Bord Dynamiques : Affichant Les prévision des dépôts pour chaque selon le filtre de scénario appliqués.

Année	Mois	Jour	Valeur Filtrée
2025	mars	31	145852094839,96
2024	décembre	31	145525532816...
2025	février	28	145288107673,87
2024	novembre	30	144961614949,09
2025	janvier	31	144725904464,91
2024	octobre	31	144399485449,53
2024	septembre	30	143839140186,52
2024	août	31	143280575033,45
2024	juillet	31	142723785868,12
2024	juin	30	142168768572,78
2024	mai	31	141615519034,09
2024	avril	30	141064033143,17

Figure N° 7- 8-Détail des Dépôts par Marché

- **Inducteurs** : Les inducteurs affichent plusieurs mesures : la somme totale, la valeur minimale avec sa date, la valeur maximale avec sa date, la moyenne et la médiane.

(b) Page des Prévisions sans Stress :

Dans cette section, les utilisateurs peuvent explorer les résultats des prévisions de liquidité dans des conditions normales, sans facteurs de stress externes.



Figure N° 7- 9-Analyse des Dépôts sans stress

Nous avons inclus une variété de visualisations interactives pour permettre aux utilisateurs d'analyser les tendances et les métriques clés de liquidité. Les principales fonctionnalités de cette page sont :

- **Filtres Dynamiques :**

Filtrage par Date

Filtrage par Marché (Type de Dépôts)

- **Visualisations Interactives :**

Graphiques à l'anneau : Affichent le pourcentage de chaque marché parmi le total des dépôts. Cette visualisation permet de voir la part de chaque marché dans le contexte global.

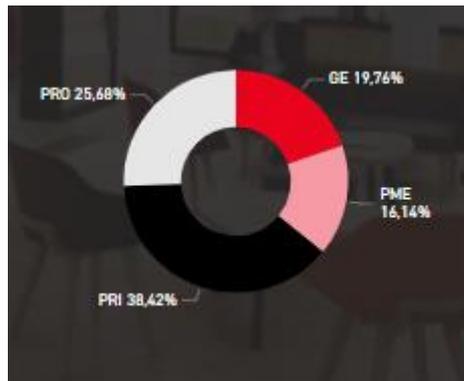


Figure N° 7- 10-Répartition des Dépôts par Marché

Graphiques En courbe : Affichent les tendances des dépôts pour chaque marché sélectionné.

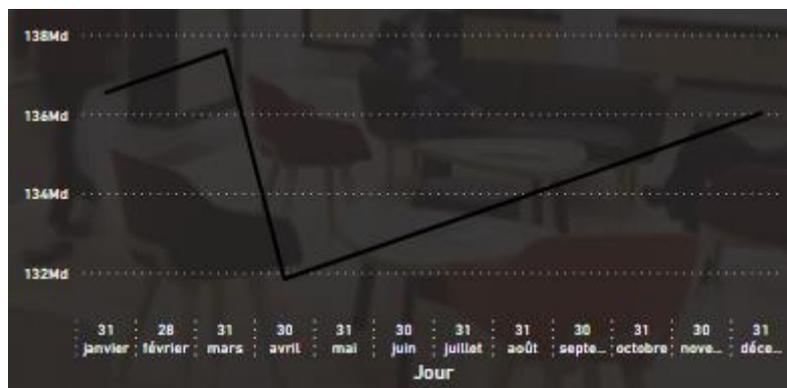


Figure N° 7- 11-Évolution des Dépôts par Marché

Une courbe supplémentaire affiche le total des dépôts pour tous les marchés combinés, permettant une vue d'ensemble.

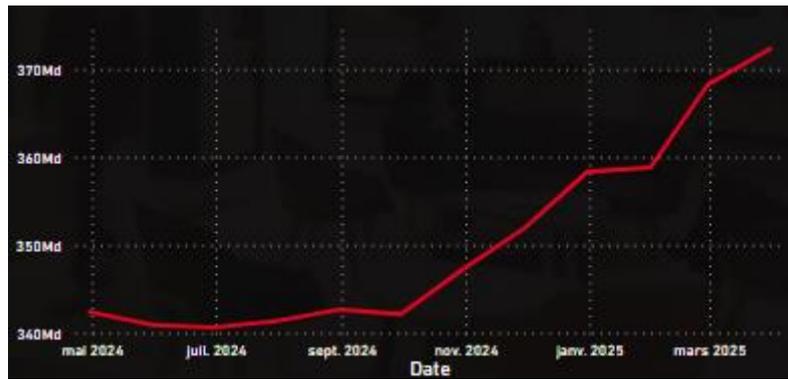


Figure N° 7- 12-Total des marché Combiné

Tableaux : afficher les valeurs des dépôts du marché sélectionné

Année	Mois	Jour	Dépôt
2025	mars	31	137596315886,75
2025	février	28	137064252522,52
2025	janvier	31	136533872136,70
2024	décembre	31	136005170856,26
2024	novembre	30	135478144812,23
2024	octobre	31	134952790139,75
2024	septembre	30	134429102978,05
2024	août	31	133907079470,51
2024	juillet	31	133386715764,60
2024	juin	30	132868008011,95
2024	mai	31	132350952368,31
2024	avril	30	131835544993,62

Figure N° 7- 13-Détail des Dépôts par Marché

Exploration Interactive : Les utilisateurs peuvent interagir avec les visualisations pour explorer les données plus en détail. En cliquant sur différents éléments des graphiques, ils peuvent voir des informations spécifiques et obtenir des insights supplémentaires.

Conclusion

En conclusion, notre application visuelle représente une avancée significative dans la manière dont la SGA peut analyser et gérer sa liquidité. Elle offre une vue d'ensemble claire et détaillée des données financières, soutenant ainsi la stabilité et la résilience financière de l'entreprise face aux défis économiques et réglementaires.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion Générale

Après avoir scruté en profondeur le paysage de la liquidité et du risque bancaire, ainsi que l'impact de l'intelligence artificielle dans la finance, ce projet de développement d'un outil de stress-test pour la SGA se distingue comme une avancée stratégique dans la gestion proactive des risques financiers adaptée à une institution leader du secteur bancaire privé en Algérie. En intégrant des méthodologies avancées de prévision et d'analyse des séries temporelles spécifiquement calibrées pour les réalités locales, notre travail vise à renforcer la résilience et la stabilité de la SGA face à des conditions économiques souvent volatiles.

Malgré ces avancées, des défis persistent quant à l'adoption généralisée de telles pratiques sophistiquées dans le contexte bancaire algérien. Il est crucial de continuer à promouvoir l'utilisation des stress tests de liquidité comme norme de gestion des risques, en adaptant les meilleures pratiques internationales aux spécificités locales et aux besoins uniques de la SGA. Cette initiative soulève ainsi des questions essentielles sur la manière dont les innovations technologiques et les approches analytiques avancées peuvent non seulement protéger les institutions financières contre les crises potentielles, mais aussi soutenir une croissance économique durable et inclusive en Algérie, où la SGA joue un rôle central dans cette dynamique.

En conclusion, ce projet représente une étape significative vers une gestion plus efficace et proactive des risques financiers en Algérie, positionnant la SGA à l'avant-garde de l'innovation et de la résilience dans le secteur bancaire national. L'outil de stress-test de la liquidité développé pour la SGA constitue non seulement une réponse aux défis actuels de gestion des risques, mais également une plateforme pour anticiper les défis futurs. En s'appuyant sur des modèles d'apprentissage automatique et des scénarios de stress élaborés, cet outil permet à la SGA de mieux évaluer et prévoir les impacts potentiels de crises financières, économiques, ou même de chocs externes imprévus.

L'engagement envers l'innovation et la rigueur analytique démontre également la volonté de la SGA de maintenir une position de leadership dans un environnement financier de plus en plus complexe et compétitif. En intégrant des pratiques avancées de gestion des risques, la SGA se dote des outils nécessaires pour naviguer avec agilité à travers les fluctuations économiques tout en assurant la protection des intérêts de ses clients et de l'économie nationale.

Cependant, le chemin vers une adoption généralisée de ces pratiques reste parsemé de défis, notamment la nécessité de renforcer les capacités locales en matière d'analyse de données et de technologies avancées. En investissant dans le développement continu de ses capacités internes et en favorisant un environnement réglementaire propice à l'innovation, la SGA peut non seulement se préparer aux défis à venir, mais aussi jouer un rôle catalyseur dans la promotion d'une culture de gestion des risques robuste et proactive au sein du secteur financier algérien.

Ainsi, ce projet ne se limite pas à une application technique mais représente une stratégie globale pour renforcer la stabilité financière, soutenir la croissance économique et positionner la SGA comme un leader de confiance dans le paysage bancaire algérien.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- [1] <https://www.economie.gouv.fr/facileco/banque> « définition de la banque »
- [2] 6BENMAZOUZ, Kamel. Le Rôle de la fonction Gestion Actifs-Passifs (ALM) dans la gestion des risques financiers d'une banque. Djadid el iktissad 2018, vol. 13, no 1, p. 142.
- [3] M. Levasseur, Gestion de trésorerie. Economica, 1979.
- [4] Akhtar Siddique et Iftekhar Hasan, « Stress Testing: Approaches, Methods and Applications », Risk Books, 2013.
- [5] J. Cao, Z. Li, and J. Li, "Financial time series forecasting model based on ceemdan and lstm," Physica A : Statistical mechanics and its applications, vol. 519, pp. 127–139, 2019.
- [6] 1 Comité de Bâle, « Les principes de saine gestion et de surveillance du risque de liquidité », Suisse, Septembre 2008.
- [7] Autorité des marchés financiers, ligne directrice sur la gestion du risque de liquidité, en ligne.
- [8] Henri JACOB, Antoine SARDI « Management des risques bancaires », Edition AFGES ,
- [9] A. BENTHAMI, "La bancarisation et la liquidité des banques : cas du maroc," Revue Internationale des Sciences de Gestion, vol. 2, no. 3, 2019.
- [10] Joël BESSIS « Gestion des risques et gestion actif-passif des banques », Edition Dalloz, Paris 1995, L'environnement réglementaires
- [11] Jean-David Fermanian (Crest-Ensa), « les stress tests : de la théorie à la pratique »
- [12] John HULL, « Gestion des risques et institutions financières », édition PEARSON, Paris.
- [13] AMF, « Utilisation des stress-tests dans le cadre de la gestion des risques : Guide pédagogique pour les sociétés de gestion de portefeuille », 2017, Approche de stress test
- [14] MATTHEW.T-J, HILBERS.P, SLACK.G, Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls, PP 6_24
- [15] Stanford University - CS229 Machine Learning .
- [16] Banque Mondiale. (2023). Algérie Rapport de Suivi de la Situation Économique : Poursuivre l'effort de diversification, Automne 2023.
- [17] K. Kosmidou and C. Zopounidis, "Bank asset liability management techniques : an overview," Fuzzy Sets In Management, Economics And Marketing, pp. 255–268, 2001.
- [18] Razzak, F. (2020). Deep Learning for financial banking stress-test analytics.
- [19] Malik, N., Singh, P. V., & Khan, U. (2018). Can banks survive the next financial crisis? An adversarial deep learning model for bank stress testing.
- [20] Mario QUAGLIARIELLO, « Stress-testing the Banking System, Methodologies and Applications », Cambridge University Press, 2009.

ANNEXES

Chapitre A

Eléments et Vocabulaire

1. Les termes **créances** et **dettes** désignent, de la façon la plus générale, les droits à recevoir (du point de vue du créancier) et les obligations à verser (du point de vue du débiteur) une somme convenue entre les parties. Elles peuvent être matérialisées par un support détenu par le créancier (reconnaissance de dette) ou simplement enregistrées dans la comptabilité des agents.
2. Les mots "**prêts**" et "**emprunts**" sont pratiquement aussi communs que "créances" et "dettes" (cf. plus loin). Parfois, le terme "dette" est remplacé par celui d'engagement, notamment lorsqu'il s'agit de banques.
3. Les **billets** sont des reconnaissances de dettes d'un type très particulier émises par les Banques centrales puisque
4. Les **dépôts** sont des sommes mises à la disposition des banques par des agents non financiers ou par d'autres banques.
5. Les **prêts** et **crédits** sont des créances non négociables. Les origines de ce type de créance sont très variables.
6. **Découvert** ou **avance en compte** : c'est en quelque sorte l'inverse du dépôt
7. **Escompte** ou **prise en pension** : une entreprise peut obtenir de sa banque un prêt moyennant remise à celle-ci d'un effet de commerce représentatif d'une créance commerciale

Chapitre A

Eléments et Vocabulaire

8. Les termes **créances** et **dettes** désignent, de la façon la plus générale, les droits à recevoir (du point de vue du créancier) et les obligations à verser (du point de vue du débiteur) une somme convenue entre les parties. Elles peuvent être matérialisées par un support détenu par le créancier (reconnaissance de dette) ou simplement enregistrées dans la comptabilité des agents.
9. Les mots "**prêts**" et "**emprunts**" sont pratiquement aussi communs que "créances" et "dettes" (cf. plus loin). Parfois, le terme "dette" est remplacé par celui d'engagement, notamment lorsqu'il s'agit de banques.
10. Les **billets** sont des reconnaissances de dettes d'un type très particulier émises par les Banques centrales puisque
11. Les **dépôts** sont des sommes mises à la disposition des banques par des agents non financiers ou par d'autres banques.
12. Les **prêts** et **crédits** sont des créances non négociables. Les origines de ce type de créance sont très variables.
13. **Découvert** ou **avance en compte** : c'est en quelque sorte l'inverse du dépôt
14. **Escompte** ou **prise en pension** : une entreprise peut obtenir de sa banque un prêt moyennant remise à celle-ci d'un effet de commerce représentatif d'une créance commerciale

Chapitre B

Prévisionnel de trésorerie

Pourcentage de Réserve obligatoire (P)		3%	3%	3%	3%	3%
	Mois	-----	-----	-----	-----	-----
Dépôt DZD (X)		-----	-----	-----	-----	-----
	dont corporate	-----	-----	-----	-----	-----
	GE	-----	-----	-----	-----	-----
	PME	-----	-----	-----	-----	-----
	dont retail	-----	-----	-----	-----	-----
	PRO	-----	-----	-----	-----	-----
	PRI	-----	-----	-----	-----	-----
Crédits DZD (Y)		-----	-----	-----	-----	-----
	dont corporate	-----	-----	-----	-----	-----
	GE	-----	-----	-----	-----	-----
	PME	-----	-----	-----	-----	-----
	dont retail	-----	-----	-----	-----	-----
	PRO	-----	-----	-----	-----	-----
	PRI	-----	-----	-----	-----	-----
Excédent/déficit en ressources clientèle (A=X-Y)		-----	-----	-----	-----	-----
Actifs de trésorerie		-----	-----	-----	-----	-----
Réserves Doblignation (B=P*X)		-----	-----	-----	-----	-----
Excédent placé		-----	-----	-----	-----	-----
	Excédent placé a <1 mois (INTERBANCAIRE)	-----	-----	-----	-----	-----
	Autre placements	-----	-----	-----	-----	-----
	portefeuille de tradings de titres	-----	-----	-----	-----	-----
	Investiment FNI (10 ans)	-----	-----	-----	-----	-----
	Emprunt National	-----	-----	-----	-----	-----
	Portefeuille de couverture AFS	-----	-----	-----	-----	-----
Totale Excédent placé (C)		-----	-----	-----	-----	-----
Autre Actifs de trésorerie		-----	-----	-----	-----	-----
	Caisses DZD + DAB	-----	-----	-----	-----	-----
	dont Excédent oisif	-----	-----	-----	-----	-----
	Trésorerie public	-----	-----	-----	-----	-----
	CCP	-----	-----	-----	-----	-----
	Scellés BA	-----	-----	-----	-----	-----
Totale autre actifs de Trésorerie D		-----	-----	-----	-----	-----
Totale actifs de trésorerie (E=C+D)		-----	-----	-----	-----	-----
Ressource de Trésorerie		-----	-----	-----	-----	-----
	Emprunt SRH*	-----	-----	-----	-----	-----
	Emprunt interbancaire	-----	-----	-----	-----	-----
	Résultats net (moyenne/mois précédent)	-----	-----	-----	-----	-----
Totale Ressources de trésorerie G		-----	-----	-----	-----	-----
Flux exceptionnel de trésorerie		-----	-----	-----	-----	-----
Sortie de fond exceptionnel prévus		-----	-----	-----	-----	-----
	dont siège social	-----	-----	-----	-----	-----
	Autres	-----	-----	-----	-----	-----
Variation des Compte de Régularisation		-----	-----	-----	-----	-----
	Distribution des dividende	-----	-----	-----	-----	-----
	Apports des font exceptionnel	-----	-----	-----	-----	-----
	Gestion F.P devise	-----	-----	-----	-----	-----
	dont remboursement titre d'obligation	-----	-----	-----	-----	-----
Totale Flux exceptionnel (F)		-----	-----	-----	-----	-----
Evolution de la trésorerie prévisionnelle (H)		-----	-----	-----	-----	-----
	Solde BA	-----	-----	-----	-----	-----
	Solde BA hors RO	-----	-----	-----	-----	-----
Coefficients de Liquidité à un mois prévisionnel		-----	-----	-----	-----	-----

Chapitre C

Application des scénarios 02 sur les quatre marchés:

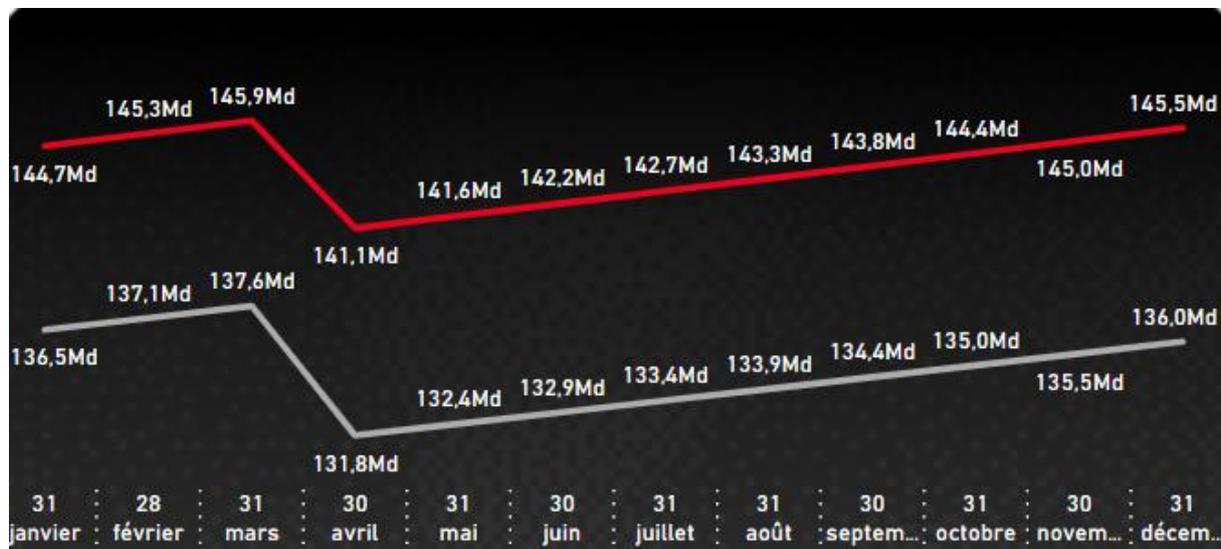


Figure C-1Le prévisionnel du marché PRI et le prévisionnel stressé par le scénario 2

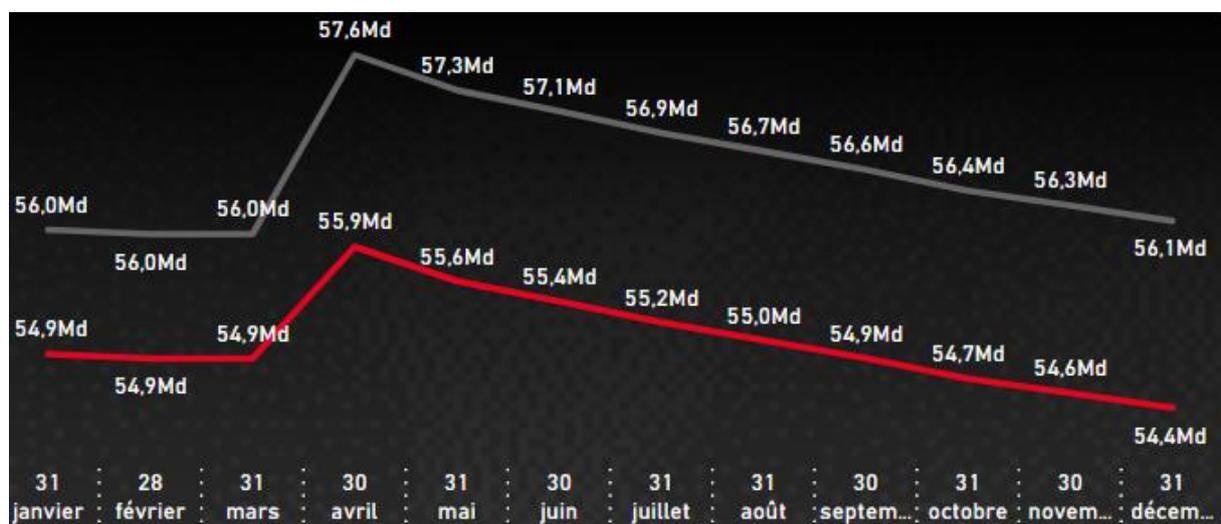


Figure C-2Le prévisionnel du marché PME et le prévisionnel stressé par le scénario 2

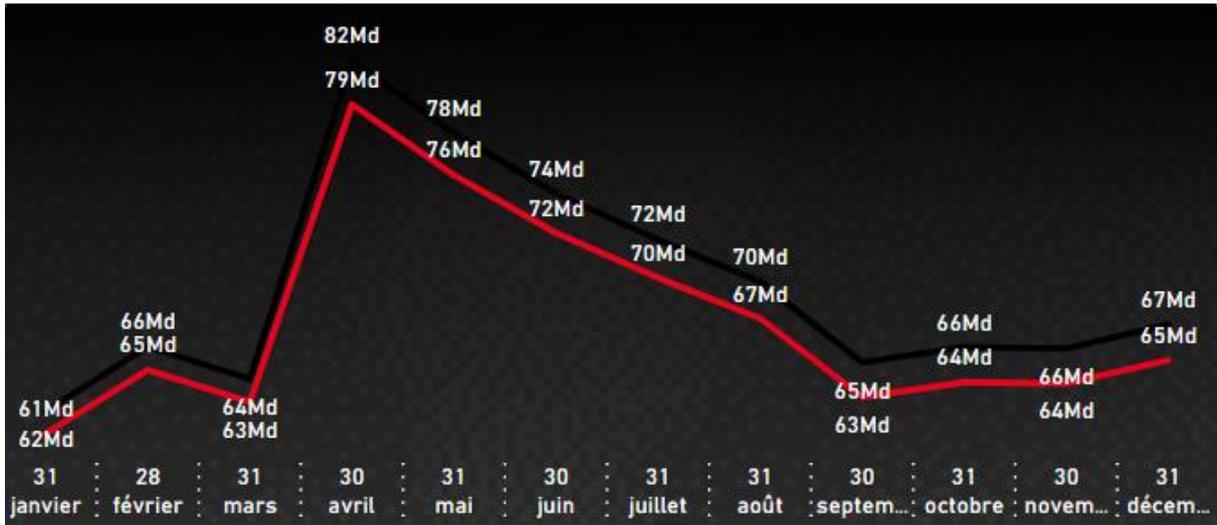


Figure C-3 Le prévisionnel du marché GE et le prévisionnel stressé par le scénario 2

Application des scénarios 03 sur les quatre marchés:

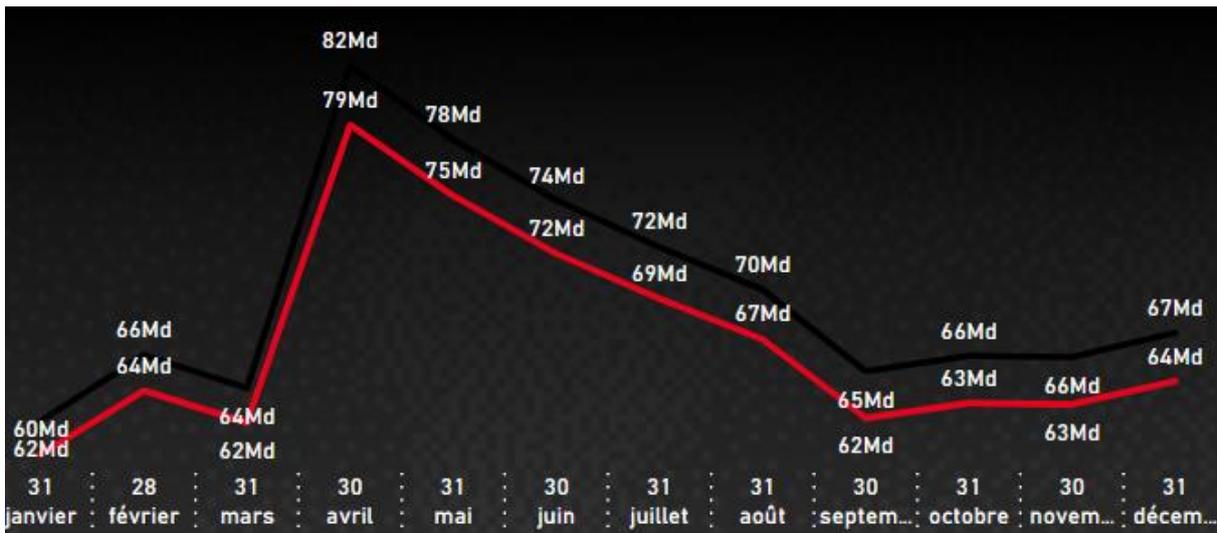


Figure C-4 -Le prévisionnel du marché GE et le prévisionnel stressé par le scénario 3

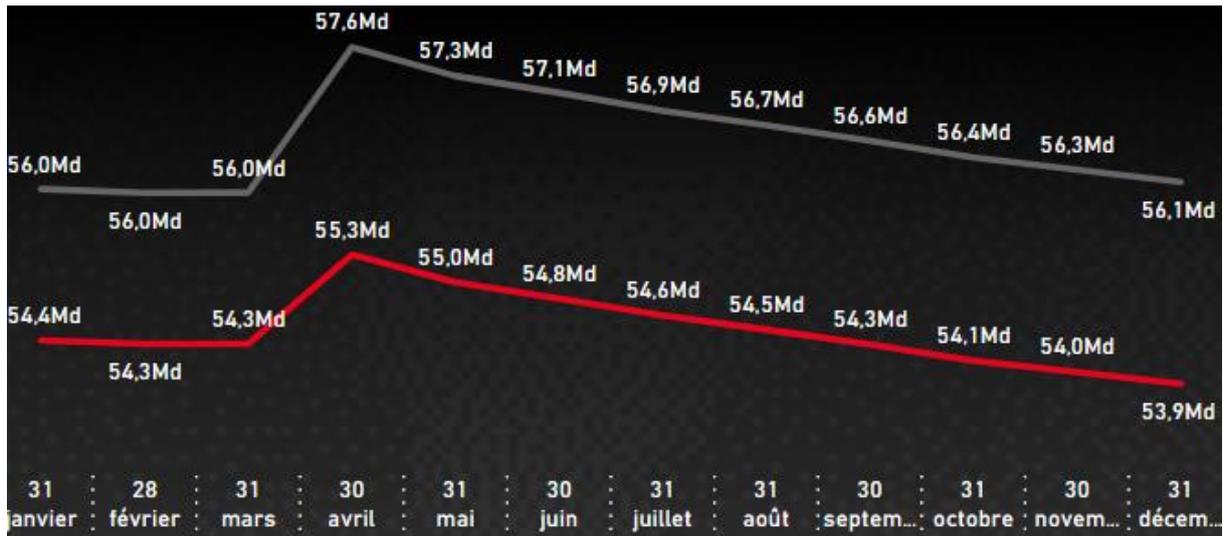


Figure C-5 Le prévisionnel du marché PME et le prévisionnel stressé par le scénario 3

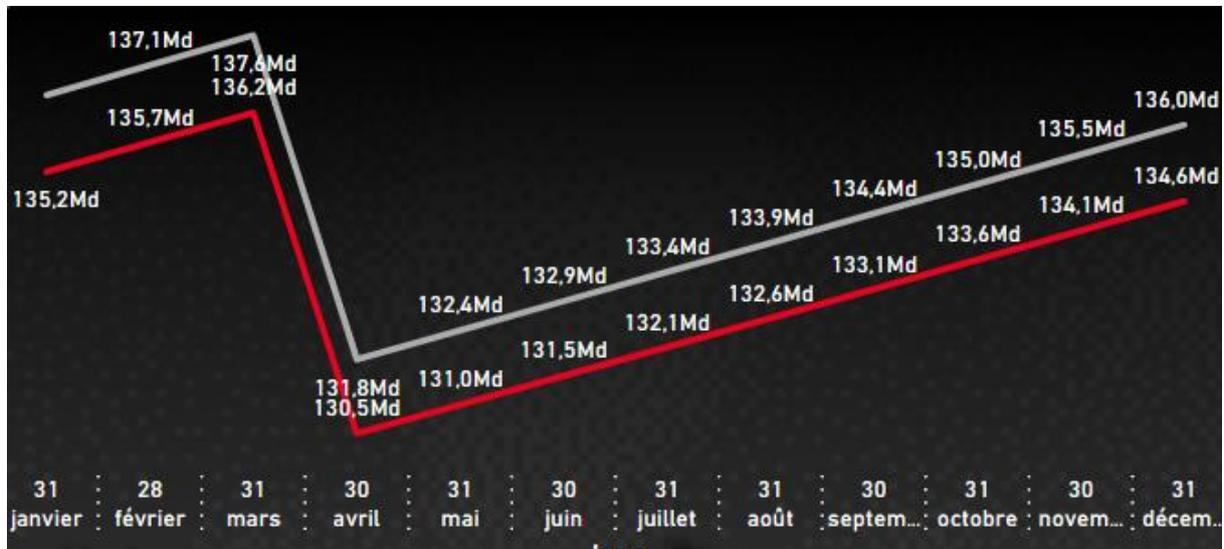


Figure C-6 Le prévisionnel du marché PRI et le prévisionnel stressé par le scénario 3

Application des scénarios 04 sur les quatre marchés:

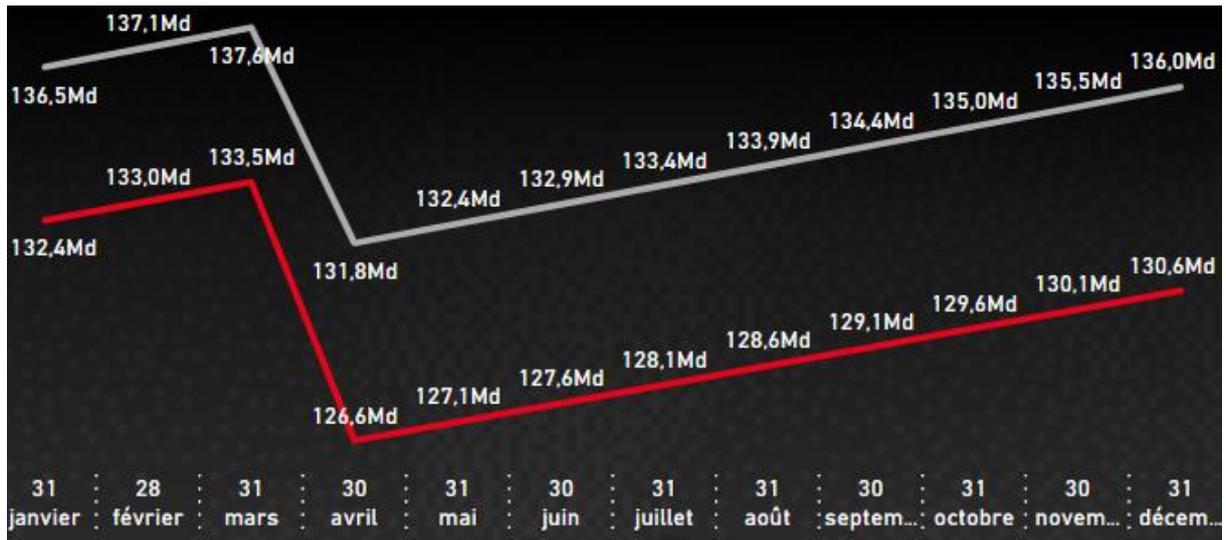


Figure C-7 Le prévisionnel du marché PRI et le prévisionnel stressé par le scénario 4

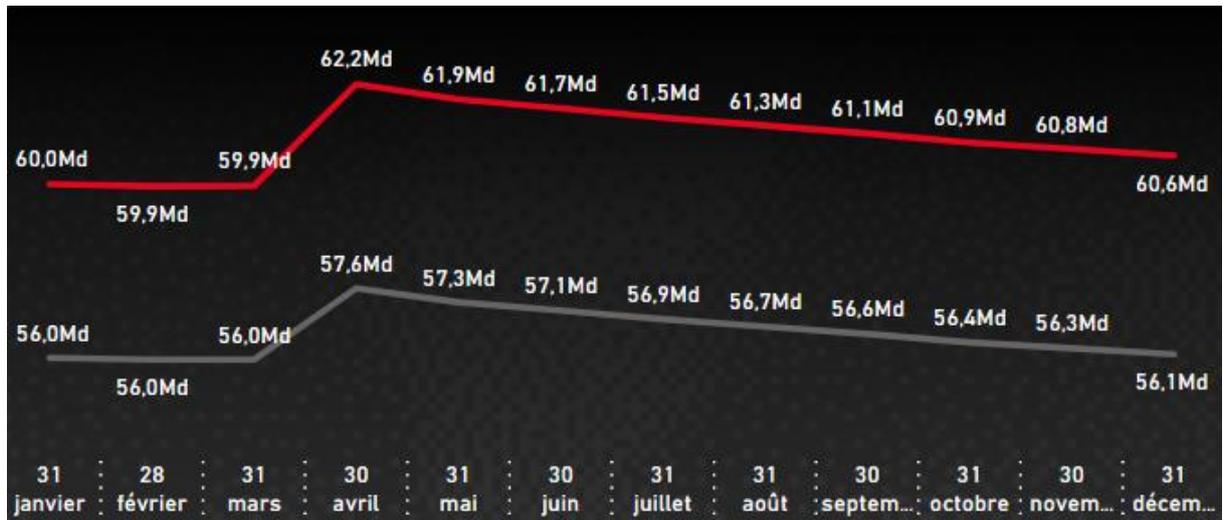


Figure C-8 Le prévisionnel du marché PME et le prévisionnel stressé par le scénario 4

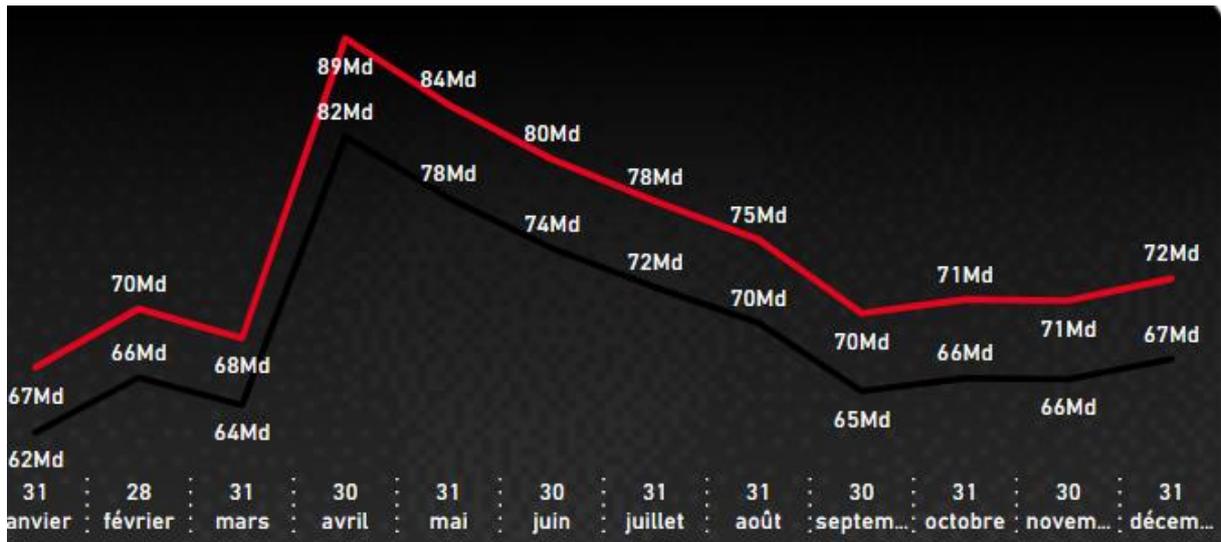


Figure C-9 Le prévisionnel du marché GE et le prévisionnel stressé par le scénario 4

Chapitre D

Présentation des outils utilisés

SAP BusinessObjects Nous avons utilisé SAP BusinessObjects pour l'extraction de données. SAP BusinessObjects est une suite de logiciels d'intelligence d'affaires (Business Intelligence) développée par SAP, une entreprise allemande spécialisée dans les solutions logicielles pour les entreprises. Cette suite offre une gamme complète d'outils et de fonctionnalités pour la collecte, l'analyse et la visualisation des données, permettant aux organisations de prendre des décisions éclairées basées sur des informations pertinentes et précises.

DBeaver Un autre outil utilisé pour l'extraction des données est DBeaver. DBeaver est un outil de gestion de bases de données universel et gratuit. Il fournit une interface graphique conviviale pour se connecter, naviguer, consulter et gérer différentes bases de données, qu'il s'agisse de bases de données relationnelles (comme MySQL, PostgreSQL, Oracle, SQL Server, etc.) ou de bases de données NoSQL (comme MongoDB, Cassandra, Redis, etc.).

Python En tant que data scientists, nous avons choisi le langage de programmation Python. Python est un langage de programmation interprété, polyvalent et de haut niveau. Créé par Guido Van Rossum et publié pour la première fois en 1991, Python est devenu l'un des langages de programmation les plus populaires au monde en raison de sa simplicité, de sa lisibilité et de sa flexibilité.

Google Colab Le travail collaboratif est essentiel lorsqu'on travaille à deux. Google Colab offre un avantage majeur en permettant la collaboration en temps réel. Google Colab est un environnement de développement basé sur le cloud qui permet d'exécuter du code Python dans un navigateur web. Il est principalement utilisé pour l'apprentissage automatique, l'analyse de données et la recherche.

DAX Pour effectuer des calculs avancés et des analyses de données, nous avons utilisé DAX (Data Analysis Expressions). DAX est un langage de programmation utilisé dans Power BI, Excel et d'autres applications de Microsoft. Il permet de créer des formules et des expressions pour calculer et analyser des données de manière efficace.

Power BI Pour la visualisation des données et l'analyse interactive, nous avons utilisé Power BI. Power BI est une suite de services logiciels et d'applications pour l'intelligence d'affaires qui permet de connecter, visualiser et analyser des données avec une efficacité et une rapidité accrues.

HTML Pour les besoins de présentation et de documentation, nous avons utilisé HTML (HyperText Markup Language). HTML est le langage standard utilisé pour créer et

structurer des pages web. Il permet de présenter les informations de manière claire et organisée, facilitant ainsi la communication des résultats et des analyses effectuées.