

Advanced Topics of Econometrics

MASTER 2 FINANCE DATA

**PREVISION DU SPREAD OAT BUNDS 10 HORIZON 3 ANS**

Dayan KOFFI

UNIVERSITE DE RENNES

# Table des matières

I.	ANALYSE DES SÉRIES TEMPORELLES .....	5
1.	<b>Présentation et choix des variables</b> .....	5
2.	<b>Test de racines unitaires sur nos séries</b> .....	6
a.	<i>Intuitions graphiques</i> .....	6
b.	<i>Test de présence de racine unitaires</i> .....	11
3.	<b>Correction de la non-stationnarité</b> .....	14
II.	MODELISATION ECONOMETRIQUE : SVAR.....	16
1.	<b>Choix du VAR utilisé</b> .....	16
2.	<b>Choix du VAR optimal</b> .....	17
3.	<b>Conditions de restrictions</b> .....	18
III.	PRÉVISION .....	24
1.	Préparation des données .....	24
a.	<i>Prévision in sample</i> .....	25
b.	Prévision out-sample .....	27
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	29
	ANNEXE.....	30
	BIBLIOGRAPHIE .....	31

# INTRODUCTION

Depuis la crise de la dette souveraine européenne, le spread entre les taux d'intérêt des obligations d'État françaises et allemandes à dix ans s'est imposé comme un indicateur central de la perception du risque souverain. Il reflète la prime exigée par les investisseurs pour détenir de la dette française plutôt que celle de l'Allemagne, considérée comme l'actif sans risque de référence dans la zone euro. L'évolution de ce spread est donc au cœur de la stabilité financière et de la soutenabilité des finances publiques.

Dans ce contexte, le spread franco-allemand à dix ans est devenu un thermomètre de la stabilité financière européenne. Lorsque ce spread s'élargit, il signale une montée de l'inquiétude des investisseurs vis-à-vis de la situation économique française ou de la soutenabilité de sa dette publique. À l'inverse, un resserrement du spread traduit un regain de confiance et une perception moindre du risque. Comprendre les déterminants de ce différentiel de taux est donc essentiel, non seulement pour les décideurs politiques et les autorités budgétaires, mais également pour les acteurs financiers et les investisseurs institutionnels.

Le but de ce projet est précisément de modéliser et de prédire l'évolution du spread OAT–Bund à dix ans afin de mieux comprendre les mécanismes économiques et financiers qui influencent la prime de risque souverain française. L'objectif n'est pas seulement descriptif : il s'agit aussi de construire un outil économétrique capable d'anticiper les variations futures du spread à partir de variables macro-financières fondamentales. Ce travail s'inscrit ainsi à la croisée de l'analyse macroéconomique, de la finance publique et de l'économétrie appliquée.

Trois variables explicatives ont été retenues pour leur pertinence théorique et empirique :

Le ratio de dette publique sur PIB, indicateur du risque budgétaire et de la crédibilité de la politique fiscale ;

L'écart de croissance du PIB entre la France et l'Allemagne, mesurant la performance économique relative et la divergence structurelle entre les deux principales économies de la zone euro ;

La volatilité des marchés financiers, appréhendée à travers l'indice VSTOXX, qui reflète le degré d'aversion au risque global et l'incertitude des investisseurs.

Ces variables permettent d'intégrer les trois dimensions majeures du risque souverain : la solidité budgétaire, la compétitivité économique et les conditions financières internationales.

Leur combinaison offre une lecture complète des facteurs susceptibles d'influencer le spread franco-allemand à long terme.

Sur le plan méthodologique, le projet s'appuie sur un modèle vectoriel autorégressif structurel (SVAR), un cadre économétrique particulièrement adapté à l'analyse des interactions dynamiques entre plusieurs variables endogènes. Ce modèle permet non seulement de mesurer les relations de causalité entre les différentes composantes du système, mais aussi d'identifier les chocs structurels qui affectent simultanément la dette, la croissance, la volatilité et le spread souverain. En procédant à des décompositions de variance et à des fonctions de réponse impulsionnelle, le modèle SVAR permet d'évaluer l'ampleur et la durée des effets d'un choc économique sur le spread OAT–Bund.

Une telle approche offre une double contribution : d'une part, elle améliore la compréhension des mécanismes de transmission macro-financiers, en mettant en évidence comment une détérioration budgétaire ou un regain d'incertitude mondiale se répercute sur la prime de risque française ; d'autre part, elle fournit un outil de prévision utile pour les décideurs publics et les investisseurs, afin d'anticiper les tensions sur les marchés obligataires.

L'intérêt de cette étude dépasse donc la seule analyse statistique : elle répond à un enjeu concret de stabilité financière et de gouvernance économique. En effet, un écart trop marqué entre les taux souverains au sein de la zone euro menace la cohésion de l'Union monétaire et complique la mise en œuvre d'une politique monétaire commune. Par ailleurs, la capacité de prévoir l'évolution du spread OAT–Bund représente un levier stratégique pour la gestion active de la dette publique, la définition des politiques budgétaires et la surveillance du risque systémique.

Ainsi, la problématique centrale de ce projet peut être formulée de la manière suivante :

Dans quelle mesure le spread souverain français à dix ans peut-il être prédit à partir des fondamentaux macroéconomiques ? — dette publique, écart de croissance France-Allemagne et volatilité financière

Pour y répondre, l'étude s'appuie sur une base de données couvrant la période 2000–2023, période marquée par des épisodes contrastés de stabilité et de crise. Les techniques économétriques employées permettront d'estimer les liens de causalité, d'identifier les chocs structurels et de produire des prévisions du spread à moyen terme.

Ce travail s'inscrit ainsi dans une démarche de recherche appliquée visant à lier théorie économique et pratique financière, afin de mieux comprendre la formation du risque souverain français et d'anticiper ses évolutions futures dans un environnement économique en mutation.

## I. ANALYSE DES SÉRIES TEMPORELLES

Cette section détaille les étapes préparatoires dans l'analyse de nos séries.

### 1. Présentation et choix des variables

#### **Spread souverain français à 10 ans :**

Le spread correspond à la différence entre le taux d'intérêt des obligations d'État françaises à dix ans (OAT 10 ans) et celui du Bund allemand de même maturité. Il constitue la variable dépendante du modèle, c'est-à-dire l'indicateur à expliquer et à prévoir. Il traduit la prime de risque souveraine perçue par les investisseurs : plus il est élevé, plus la France est jugée risquée relativement à l'Allemagne. Son évolution dépend de nombreux facteurs économiques et financiers, parmi lesquels la situation budgétaire, la croissance économique et les conditions de marché.

$$Spread_{10\text{ ans}} = Taux\ 10y\ OAT - Taux\ 10y\ Bund$$

**L'écart entre les taux de croissance du PIB réel de la France et l'Allemagne :** Il mesure la performance économique et la capacité de l'économie française à générer des revenus et à stabiliser sa dette.

$$écart\ de\ taux = real\ gdp\ rate_{france} - real\ gdp\ rate_{allema\ gne}$$

**Le ratio dette/PIB :** La dette publique représente le stock total des engagements financiers de l'État, rapporté au produit intérieur brut. Elle constitue un indicateur fondamental de la soutenabilité budgétaire.

$$ratio\ D PIB = dette \frac{publique}{PIB} \times 100$$

**La volatilité financière (VSTOXX) :** L'indice VSTOXX mesure la volatilité implicite des options sur l'Euro Stoxx 50, souvent interprété comme un indice de peur ou de sentiment de risque des marchés européens.

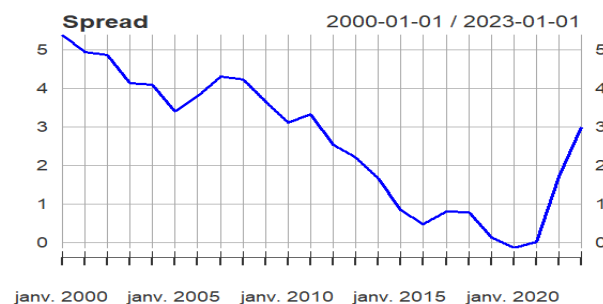
## **2. Test de racines unitaires sur nos séries**

L'analyse de la présence de racines unitaires est une étape fondamentale dans l'étude des séries temporelles, en particulier dans le cadre de la modélisation économétrique. Une série contenant une racine unitaire est non stationnaire, ce qui implique que ses caractéristiques statistiques, telles que la moyenne et la variance, changent au cours du temps. Cela peut biaiser les résultats des estimations et invalider les inférences statistiques si ces séries sont utilisées sans transformation préalable. Par conséquent, déterminer si nos séries sont stationnaires ou nécessitent une différenciation permet d'assurer la robustesse des modèles et d'éviter les relations fallacieuses.

### *a. Intuitions graphiques*

**Spread :** L'observation graphique de cette série nous montre de façon intuitive une non stationnarité du spread qui subit une forte baisse à partir de 2006 jusqu'en 2013 et ensuite une remontée depuis 2020 (conséquence des politiques post covid).

Nous sommes donc en présence d'une série avec tendance.

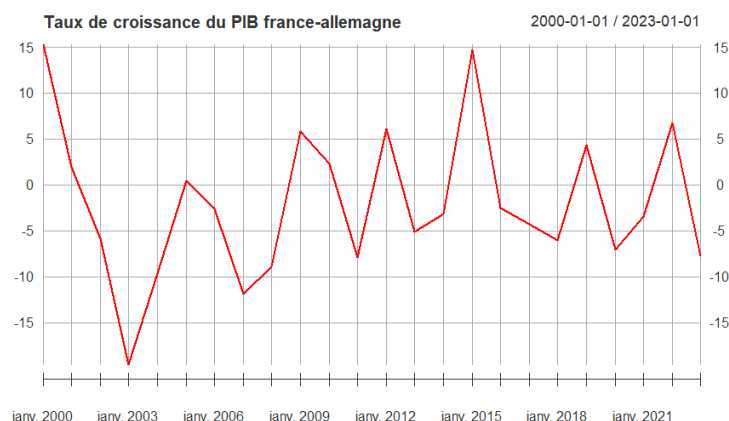


Plus en détails, le graphique présente l'évolution du spread, indicateur généralement défini comme l'écart entre les rendements des obligations souveraines françaises et celles de l'Allemagne. Cet écart reflète à la fois la prime de risque perçue sur la dette française et les anticipations de politique monétaire et de croissance. Au début des années 2000, le spread se situe à un niveau relativement élevé, supérieur à 5 %, traduisant une prime de risque plus importante et un contexte de taux longs historiquement supérieurs dans un environnement post-euro marqué par des différences structurelles de crédibilité budgétaire entre États membres. À partir de 2003, on observe une baisse progressive et continue du spread, qui passe en dessous de 3 % après 2009. Cette tendance reflète la désinflation, la stabilité monétaire instaurée par la BCE et la convergence des marchés financiers européens dans la première décennie de l'euro. Entre 2008 et 2012, une légère remontée est visible, correspondant à la crise financière mondiale puis à la crise des dettes souveraines européennes : les investisseurs exigent alors une prime plus élevée pour détenir des titres français face au risque perçu sur les dettes publiques de la zone euro. À partir de 2013, le spread poursuit sa décrue pour atteindre un point bas historique proche de zéro vers 2019–2020, dans un contexte de taux d'intérêt extrêmement bas et de politique monétaire ultra-accommodante de la BCE (programmes de rachats d'actifs et taux directeurs négatifs).

Cependant, à partir de 2021, on observe une hausse marquée du spread, qui remonte au-dessus de 3 % en 2023. Ce retournement s'explique principalement par le resserrement monétaire engagé par la BCE pour lutter contre la hausse de l'inflation consécutive à la crise sanitaire et à la guerre en Ukraine. La remontée des taux longs, combinée à des incertitudes budgétaires et géopolitiques, a provoqué un élargissement de l'écart de taux.

Ainsi, le graphique met en évidence la cyclicité du spread en lien direct avec la politique monétaire, les chocs macroéconomiques internationaux et la perception du risque souverain, soulignant le rôle de cet indicateur comme baromètre de la confiance des marchés financiers. À première vue cette série semble non stationnaire.

**Ecart entre les taux de croissance du PIB :**

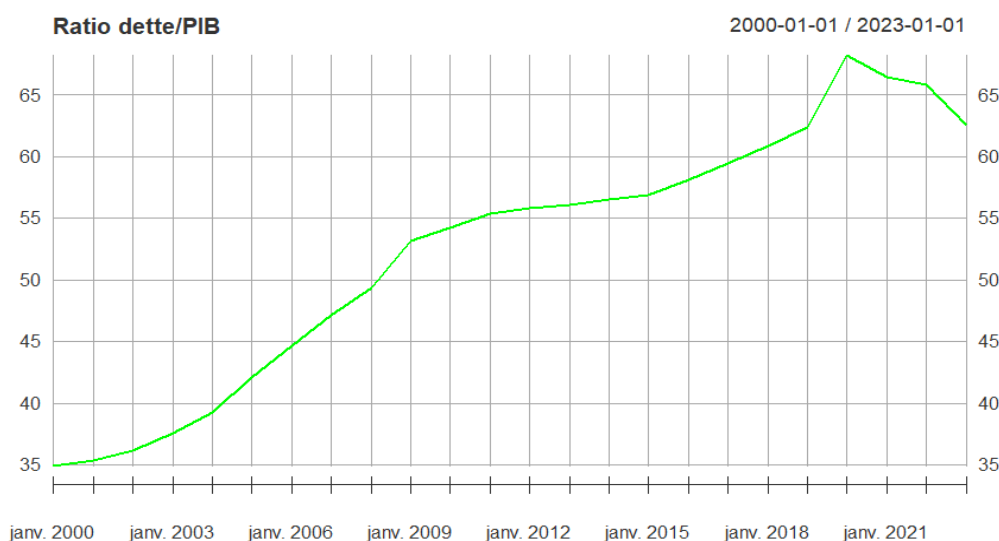


On observe une alternance marquée de cycles positifs et négatifs, traduisant les divergences conjoncturelles entre la France et l'Allemagne. Le pic initial autour des années 2000 de plus de 15 % correspond à la forte reprise allemande après la réunification et la fin du boom technologique français. La chute brutale jusqu'en 2003 d'environ -15 % s'explique par la stagnation de la croissance allemande et la mise en œuvre des réformes Hartz, alors que la France maintenait une activité plus stable. Le rebond temporaire vers 2006 reflète une phase de rattrapage avant la crise financière mondiale de 2008–2009, où le différentiel s'effondre à nouveau : l'Allemagne, plus exposée au commerce mondial, a subi une contraction rapide avant de rebondir plus fort grâce à ses exportations. Les pics successifs de 2011–2015 coïncident avec la crise de la dette en zone euro, durant laquelle la croissance française est restée atone tandis que l'Allemagne profitait de sa compétitivité industrielle et de taux bas. Le point haut de 2015 (15 %) traduit cette divergence maximale. Ensuite, entre 2016 et 2019, le différentiel se réduit, avant un nouveau creux marqué en 2020 dû à la pandémie de Covid-19, qui a affecté différemment les deux économies (choc plus sévère en France). Enfin, la reprise post-Covid (2021–2022) montre un dernier rebond, avant une rechute récente liée au ralentissement industriel allemand et aux tensions énergétiques provoquées par la guerre en Ukraine.

À première vue cette série est stationnaire.



## Ratio dette/PIB

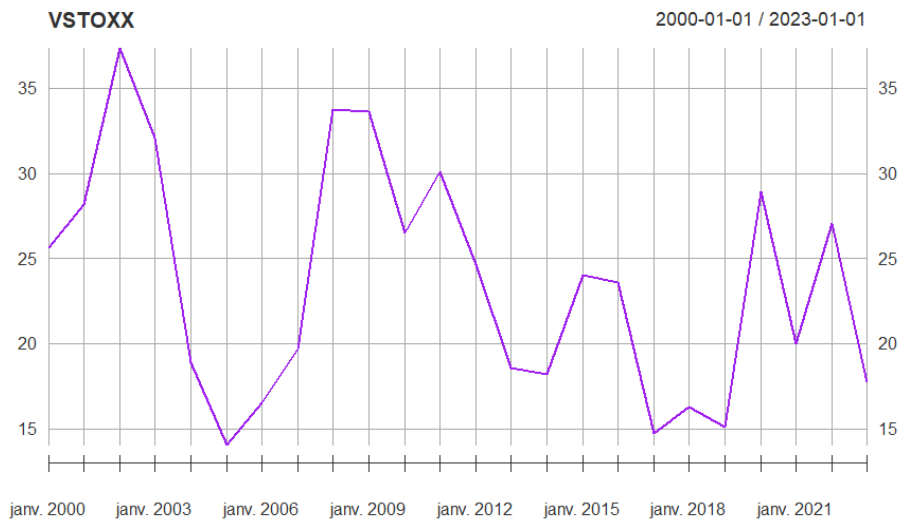


Nous observons l'évolution du ratio dette publique sur PIB en France entre 2000 et 2023. On constate une tendance globalement haussière sur la période, marquée par plusieurs phases distinctes correspondant aux grands événements économiques récents. Au début des années 2000, le ratio se situe autour de 35 % du PIB, traduisant une dette relativement contenue à la suite des ajustements budgétaires de la fin des années 1990 pour respecter les critères de Maastricht. À partir de 2003, la dette commence à croître de manière continue, atteignant environ 55 % en 2009, sous l'effet combiné d'une croissance économique modérée et d'une augmentation progressive des dépenses publiques. La crise financière mondiale de 2008–2009 provoque une forte accélération du ratio : la contraction du PIB et les mesures de relance adoptées pour soutenir les banques et l'économie réelle creusent le déficit public. Entre 2010 et 2018, la dette poursuit sa progression mais à un rythme plus modéré, reflétant la difficulté du gouvernement à réduire durablement le déficit structurel malgré la reprise économique et les politiques d'austérité européennes. Le ratio atteint un pic autour de 2020, dépassant 65 % dans ton graphique (en réalité plus de 115 % selon les données brutes), conséquence directe de la crise sanitaire du COVID-19 : le PIB s'est contracté tandis que les dépenses publiques ont fortement augmenté pour financer les dispositifs de chômage partiel, les aides aux entreprises et le soutien au système de santé. Enfin, à partir de 2021, on observe un léger repli du ratio, lié à la reprise de la croissance, à la hausse des recettes fiscales et à la normalisation progressive des finances publiques. Cette évolution met en évidence la forte sensibilité de la dette française

aux chocs macroéconomiques et la dépendance persistante des finances publiques à la conjoncture, malgré une capacité de résilience notable.

Au vu de l'observation graphique de la série du ratio dette/PIB on voit clairement qu'elle est non stationnaire. On a une tendance haussière claire. La série est à priori non stationnaire

### Volatilité (VSTOXX)



Il n'y a pas de tendance haussière ou baissière claire. De plus, la série oscille généralement entre 20 et 25. Intuitivement l'on peut dire que la volatilité est stationnaire.

Au début des années 2000, le VSTOXX atteint un premier sommet, dépassant 35 points autour de 2002, en lien avec l'éclatement de la bulle internet et le ralentissement économique européen. Après un repli jusqu'en 2006, l'indice bondit à nouveau en 2008–2009, à la suite de la crise financière mondiale provoquée par l'effondrement du marché des subprimes et la faillite de Lehman Brothers. Ce pic traduit la panique sur les marchés et l'envolée des primes de risque. Une nouvelle phase de tension apparaît en 2011–2012, lors de la crise des dettes souveraines dans la zone euro, notamment en Grèce, en Italie et en Espagne. L'indice redescend ensuite jusqu'en 2017–2018, période marquée par une stabilité macroéconomique relative et des conditions monétaires accommodantes de la Banque centrale européenne. En 2020, un nouveau pic est observé, conséquence directe de la crise du COVID-19, qui a provoqué une chute brutale des marchés et une incertitude sans précédent. Après cette envolée, le VSTOXX diminue progressivement, bien qu'il demeure supérieur à ses niveaux pré-pandémiques, traduisant une persistance des tensions géopolitiques et inflationnistes liées notamment à la guerre en Ukraine et à la hausse des prix de l'énergie.

Globalement, le graphique met en évidence que la volatilité financière en Europe est fortement corrélée aux grands chocs économiques mondiaux. Le VSTOXX constitue ainsi un indicateur pertinent pour mesurer la perception du risque sur les marchés européens, et par extension, l'incertitude macroéconomique pouvant influencer les variables réelles telles que la croissance ou l'inflation. La série semble stationnaire.

*b. Test de présence de racine unitaires*

L'analyse graphique des séries temporelles nous a offert une première intuition sur le caractère stationnaire ou non de nos séries. Le taux de croissance du PIB et la volatilité du VSTOXX semblent stationnaire, tandis que nous ne sommes pas sûr de cela pour le spread et le ratio dette/PIB. Toutefois, une analyse graphique reste subjective et ne permet pas de conclure formellement sur la stationnarité des séries. Afin de confirmer ou d'infirmer ces intuitions, nous procédons à une mise en place de tests de racines unitaires, en utilisant les tests de Dickey-Fuller (ADF) et Phillips-Perron (PP). Ces tests permettent de déterminer si les séries présentent une racine unitaire, et donc si elles nécessitent une transformation (par exemple, une différenciation processus DS) pour devenir stationnaires. Cette étape est essentielle pour garantir la validité des hypothèses et des résultats de notre modèle économétrique.

Test de Dickey-Fuller Augmenté

$$\begin{cases} H_0 : \text{Présence de racines unitaires (série non stationnarité)} \\ H_1 : \text{Absence de racines unitaires (série stationnaire)} \end{cases}$$

La règle de décision est telle que si la statistique du test ADF est inférieure à la valeur critique À un niveau de significativité donné (par exemple, 1 %, 5 % ou 10 %) alors rejette  $H_0$  et on conclut que la série est stationnaire.

.

## Spread

SPREAD			
seuil	1%	5%	10%
tstat	-1.135	1.0519	1.5768
tau3	-4.38	-3.60	-3.24
phi1	8.21	5.68	4.67
phi2	10.61	7.24	5.91

On s'aperçoit que la statistique de test (-1,135) est inférieure à -4,38 au seuil de 1,2 et 3%. Cela est également confirmé par les 2 autres modèles de vérification. On accepte l'hypothèse nulle, donc présence de racine unitaire concernant le spread. Il faudra donc différencier cette série.

## Ecart entre les taux de croissance du PIB de France et l'Allemagne

TAUX DE CROISSANCE DU PIB			
seuil	1%	5%	10%
tstat	-4.9531	-4.9531	12.3408
tau3	-4.38	-3.60	-3.24
phi1	8.21	5.68	4.67
phi2	10.61	7.24	5.91

La statistique de test (-4,9531) est inférieure à -4,38 au seuil de 1% et 5% ce qui est confirmé par les modèles drift et none, on rejette l'hypothèse nulle, donc absence de racine unitaire concernant l'écart entre les taux de croissance du PIB qui est donc stationnaire.

## Ratio dette-PIB

RATIO DETTE / PIB			
seuil	1%	5%	10%
tstat	-0.8436	2.2962	1.8311
tau3	-4.38	-3.60	-3.24
phi1	8.21	5.68	4.67
phi2	10.61	7.24	5.91

Puisque la statistique de test (-1.99) est supérieure aux valeurs critiques à 5% (-3.60). On ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de non-stationnarité. Donc le ratio dette-PIB n'est pas stationnaire.

## Vstox

VSTOXX			
seuil	1%	5%	10%
tstat	-3.1604	3.3686	4.9944
tau3	-4.38	-3.60	-3.24
phi1	8.21	5.68	4.67
phi2	10.61	7.24	5.91

Puisque la statistique de test (-3.16) est supérieure aux valeurs critiques à 5% (-3.60) et 10% (-3.24). On ne peut rejeter l'hypothèse nulle de non-stationnarité. On n'a pas les mêmes résultats pour le modèle sur le drift et None.

Après avoir effectué le test kpss on constate que la p-value < 0.5 donc la série est bien stationnaire

### 3. Correction de la non-stationnarité

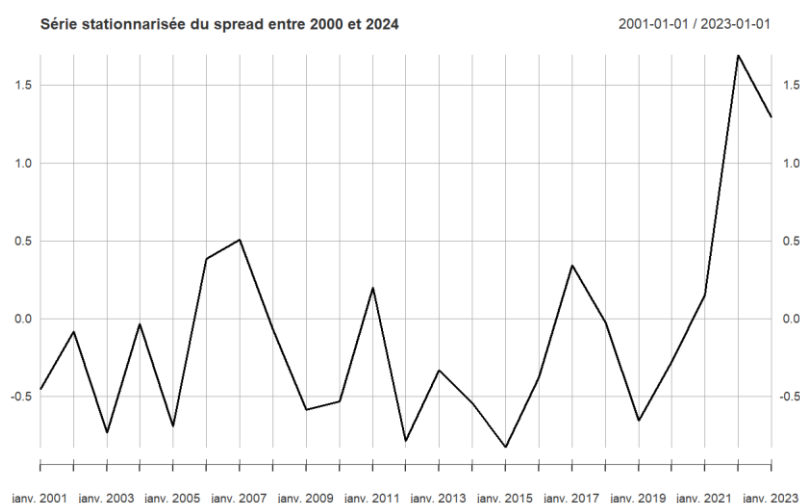
L'analyse de la stationnarité de nos séries temporelles à travers les tests de racines unitaires ADF a révélé que, parmi les variables étudiées, le spread, la dette publique en pourcentage du PIB et présentent des caractéristiques non stationnaires. L'écart entre les taux de croissance et l'indice de volatilité du VSTOXX se sont avérés stationnaires selon les résultats du test ADF. Dans cette section, nous procéderons à la correction de la non-stationnarité des séries non stationnaires afin de les rendre compatibles avec les hypothèses nécessaires à la modélisation économétrique. Pour ce faire, nous appliquerons une transformation par différenciation aux séries afin d'obtenir des nouvelles séries stationnaires. Cette étape est essentielle pour garantir la validité des résultats de notre modèle et éviter tout biais lié à la présence de racines unitaires.

Test KPSS sur le spread différencié d'ordre 1

Spread I(1)			
p-value	0,1		
seuils	1%	5%	10%

La p-value est au moins égale à 10%, la série est belle et bien stationnaire.

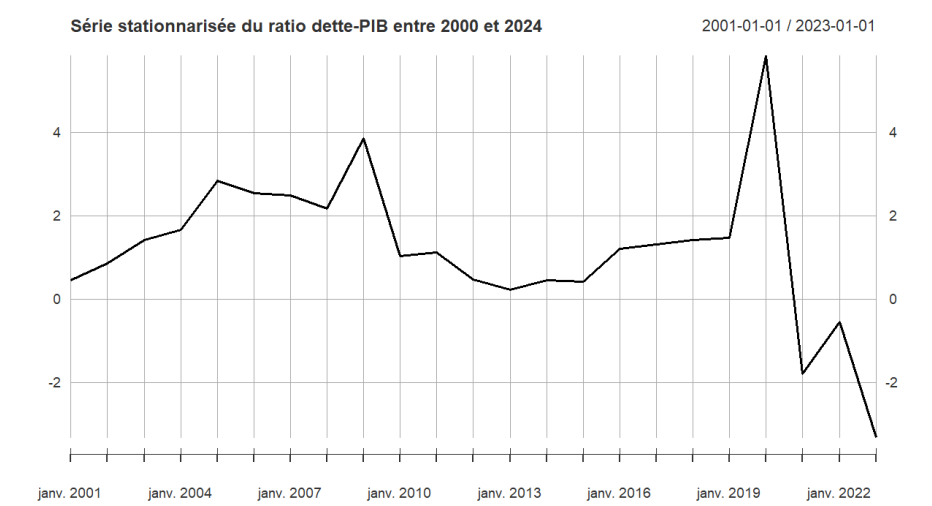
Le graphique ci-dessous confirme la stationnarité du spread.



Test KPSS sur le ratio dette-PIB différenciée

Ratio dette-PIB I(1)			
p-value	0,1		
seuils	1%	5%	10%

La p-value est au moins égale à 10%, la série est belle et bien stationnaire.  
 Le graphique ci-dessous confirme la stationnarité du ratio dette-PIB.



## II. MODELISATION ECONOMETRIQUE : SVAR

### 1. Choix du VAR utilisé

Les modèles VAR (Vector AutoRegressive) constitue une classe puissante d'outils économétriques permettant d'analyser les relations dynamiques entre plusieurs variables économiques. Les principales variantes de cette famille de modèles sont le VAR standard, le VAR structurel (SVAR) et le VECM.

Le VAR standard (ou VAR non restreint) repose sur une approche purement statistique. Chaque variable du système est expliquée par ses propres retards ainsi que par les retards des autres variables. Ce modèle est particulièrement utile pour identifier les interdépendances dynamiques entre les variables, sans imposer de structure théorique spécifique. Il est généralement plus adapté lorsque toutes les variables sont stationnaires.

Le VAR structurel (SVAR), quant à lui, introduit des restrictions issues de considérations théoriques (souvent macroéconomiques) afin d'identifier les chocs structurels à l'origine des fluctuations observées. Ces restrictions permettent d'établir des relations causales entre les variables et d'interpréter la manière dont un choc sur l'une d'entre elles se propage à travers le système économique. Le SVAR est particulièrement approprié lorsque le chercheur souhaite relier l'analyse empirique à un cadre théorique sous-jacent, notamment pour étudier les mécanismes de transmission des chocs.

Enfin, le VECM (Vector Error Correction Model) est utilisé lorsque les variables sont intégrées d'ordre 1 ( $I(1)$ ) et présentent des relations de cointégration, c'est-à-dire un équilibre de long terme entre elles. Ce modèle permet ainsi de combiner la dynamique de court terme avec les ajustements vers un équilibre de long terme. Dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour un modèle SVAR. Ce choix s'explique par la nature mixte de la stationnarité de nos variables : deux d'entre elles sont stationnaires, tandis que les deux autres ne le sont pas. Le recours à un modèle structurel permet donc de tenir compte de cette hétérogénéité tout en identifiant et interprétant les chocs structurels qui affectent simultanément le spread, la dette, la croissance et la volatilité.



## 2. Choix du VAR optimal

Le choix du nombre de retards (lags) dans un modèle VAR ou SVAR est une étape déterminante, car il influence à la fois la qualité de l'ajustement et la validité statistique du modèle. Un nombre de retards trop faible peut entraîner une omission d'effets dynamiques importants, tandis qu'un nombre trop élevé risque de réduire la puissance des tests et de surcharger le modèle.

Dans notre cas, les critères d'information usuels tels que le critère d'Akaike (AIC) et le critère de Schwarz (SC/BIC) ont été utilisés pour déterminer la longueur de retard optimale. L'ensemble de ces indicateurs suggère un nombre de retards égal à 1 cohérent avec nos données annuelles.

Cette sélection se justifie économétriquement par le fait qu'elle permet de capturer les effets dynamiques à court terme entre les variables, tout en évitant la perte de degrés de liberté liée à un excès de paramètres, et elle assure la stabilité du modèle (toutes les racines du polynôme caractéristique sont à l'intérieur du cercle unité).

### Tests de validation du modèle

- Test de Portmanteau (Portmanteau Test) : Il sert à détecter la présence d'autocorrélation des résidus dans le modèle VAR. L'absence d'autocorrélation est une condition essentielle pour garantir que le modèle est bien spécifié. L'autocorrélation des résidus peut indiquer que le modèle n'explique pas correctement la dynamique des données. Cela pourrait fausser les estimations des coefficients et les prévisions. On teste, en hypothèse nulle  $H_0$ , l'absence d'autocorrélation des résidus contre en hypothèse alternative  $H_1$ , la présence d'autocorrélation des résidus. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Test de Portmanteau			
p-value	2,20E-16		
seuils	1%	5%	10%

La p-value est très inférieure à 5%, on rejette donc l'hypothèse nulle ( $H_0$ ). Le résultat indique que le modèle n'est pas bien spécifié. Il n'explique pas entièrement la dépendance dans les données.

## -Test de Jacque Berra

	Test de Jacque-Berra			
	<i>écart de taux</i>	<i>vstoxx</i>	<i>ratio dette-PIB</i>	<i>spread</i>
p-value	0,7724	0,4513	0,5396	0.38

Ces p-values élevées signifient qu'on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de normalité pour les résidus de ces variables. Autrement dit, les résidus du modèle SVAR semblent suivre une distribution normale, ce qui est un résultat favorable pour les hypothèses du modèle.

### 3. Conditions de restrictions

Dans un modèle VAR standard, chaque variable est expliquée uniquement par ses propres retards et ceux des autres variables du système. Cependant, cette approche purement statistique n'impose pas de structure causale sous-jacente, ce qui limite son utilité pour tester des hypothèses économiques. Les SVAR surmontent cette limitation en imposant des restrictions spécifiques sur les relations entre les variables qui modélisent les interactions contemporaines et les chocs structurels.

Nous avons classé les variables du plus exogène au moins exogène selon leur rôle économique et leur impact anticipé dans le système.

Par exemple le VSTOXX est un indice de volatilité reflétant le sentiment et l'incertitude du marché, il influence souvent d'autres variables économiques sans être affecté instantanément par elles, il est donc considéré comme la variable la plus exogène.

Le ratio dette/PIB est un indicateur macroéconomique qui peut être influencé par des facteurs extérieurs (comme le VSTOXX) mais il influence aussi d'autres variables comme le PIB.

Le taux de croissance du PIB est déterminé par des facteurs économiques sous-jacents, et est affecté par les variables précédentes. Le spread obligataire est souvent la variable la plus sensible, réagissant aux chocs des autres variables, donc la plus endogène. Nous avons imposé des restrictions dans la matrice A du SVAR qui reflètent cet ordre, en autorisant des influences uniquement dans le sens des variables plus exogènes vers les plus endogènes, et en bloquant les effets inverses immédiats. Le bon ordre est aussi validé par l'observation : des fonctions de réponse impulsionnelle (les chocs exogènes produisent des effets conformes aux attentes), de

la décomposition de la variance (la part de variance expliquée par chaque variable correspond à son exogénéité), et par la robustesse des résultats à des variations raisonnables de l'ordre.

Des tests statistiques comme le Portmanteau et Jacque Berra confirme cet ordre en montrant quelles variables anticipent ou influencent les autres.

```
# Matrice A pour SVAR (ordre: vstoxx -> ratio_diff -> tc_pib -> spread_diff)
Amat <- diag(4)
Amat[2,1] <- NA # vstoxx -> ratio_dette
Amat[3,1] <- NA # vstoxx -> tc_pib
Amat[3,2] <- NA # ratio_dette -> tc_pib
Amat[4,1] <- NA # vstoxx -> spread
Amat[4,2] <- NA # ratio_dette -> spread
Amat[4,3] <- NA # tc_pib -> spread
```

Ces restrictions reflètent des hypothèses économiques solides.

VSTOXX : La variable la plus exogène, qui influence directement toutes les autres variables (ratio dette, taux de croissance PIB, spread). Cela signifie que les chocs sur la volatilité se propagent immédiatement sur les finances publiques, la croissance économique et la prime de risque (spread). C'est cohérent car les variations de risque perçu impactent rapidement ces grandeurs.

#### Ratio dette/PIB :

Influencé par VSTOXX mais influençant à son tour fortement la croissance économique (tc\_pib) et le spread. Cela traduit l'idée que l'endettement structurel des finances publiques a un impact direct plus rapide que le spread, mais reste influencé par le contexte de risque financier.

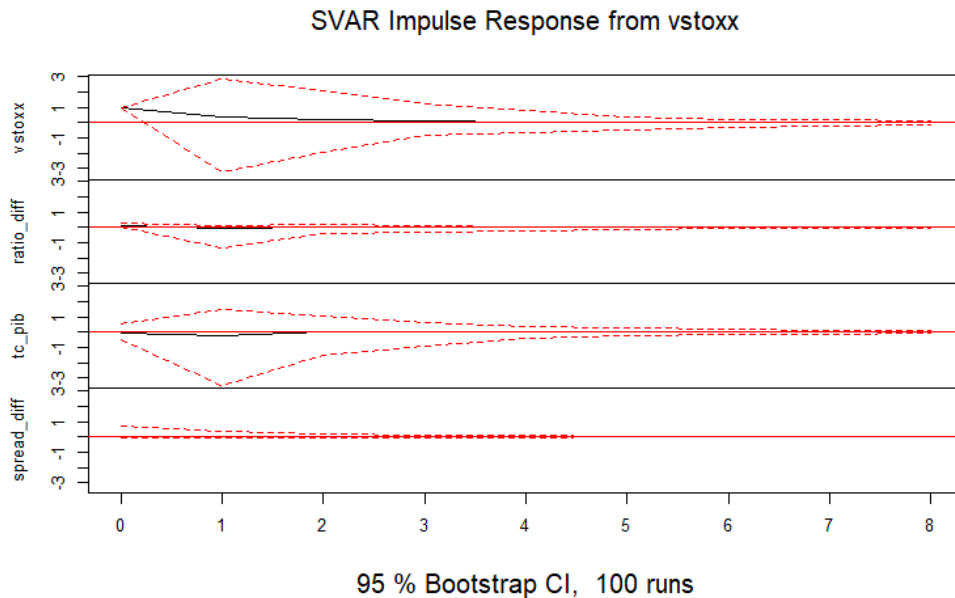
#### Taux de croissance du PIB (tc\_pib) :

Recevant des influences directes de VSTOXX et ratio dette, le PIB réagit à ces pressions ce qui influence en retour le spread. La croissance plus lente et plus structurelle affecte donc moins directement les variables exogènes.

#### Spread différenciée (spread\_diff) :

Plus endogène et sensible, il intègre les influences combinées venant des chocs de volatilité, du ratio de dette et de la croissance. Il modélise la prime de risque observable sur les marchés, résultat des ajustements simultanés des autres variables.

## Fonction de réponse impulsionnelle du SVAR à un choc sur la volatilité (VSTOXX)



### Présentation du résultat

La figure ci-jointe expose les réponses impulsionnelles de nos différentes variables macro-financières (volatilité VSTOXX, ratio dette/PIB différencié, taux de croissance du PIB différencié, spread obligataire différencié) à un choc positif sur le VSTOXX. Les estimations sont accompagnées d'un intervalle de confiance à 95 %, obtenu par bootstrap (100 simulations). VSTOXX : Comme attendu, un choc sur la volatilité financière génère initialement une hausse significative de VSTOXX, mais cette hausse s'atténue rapidement, ce qui illustre le caractère transitoire des chocs de risque perçu sur les marchés.

Ratio dette/PIB : La réaction du ratio différencié à un choc de volatilité demeure modérée et de courte durée, principalement contenue dans les bandes de confiance. Cela suggère que la dette publique, agrégée sur l'économie française, est relativement peu sensible aux variations instantanées de la volatilité des marchés.

Taux de croissance du PIB : On observe un effet négatif modéré immédiatement après le choc VSTOXX : la hausse de l'incertitude financière tend à brider la croissance économique, conformément aux préceptes macroéconomiques selon lesquels une incertitude accrue se traduit par une réduction temporaire de la demande globale.

Spread obligataire : Le spread réagit significativement et positivement. Immédiatement après le choc de VSTOXX, le spread s'élève, ce qui reflète une augmentation de la prime de risque exigée par les investisseurs sur la dette publique française. Cet effet s'estompe progressivement par la suite, traduisant une résorption partielle du choc.

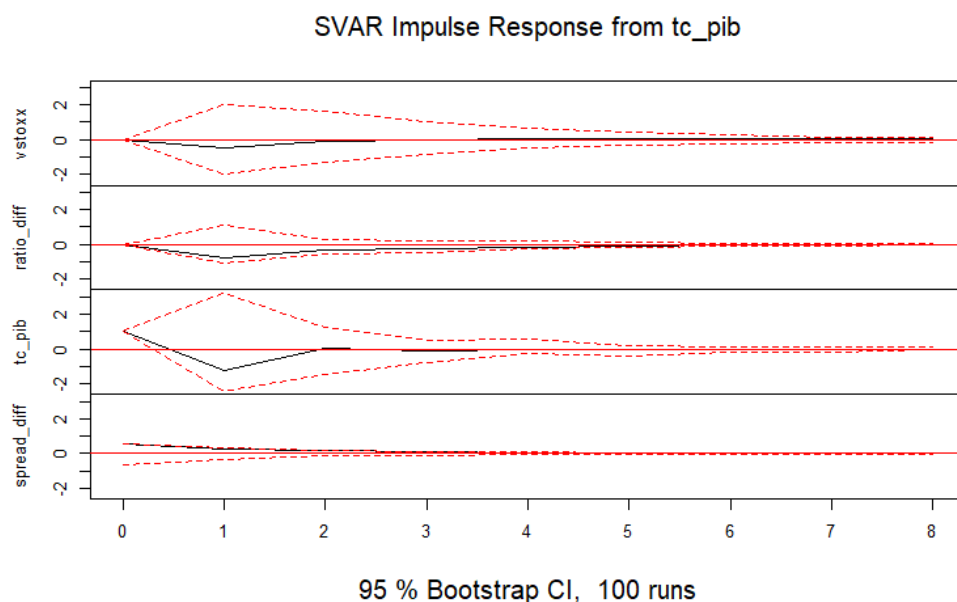
L'intervalle de confiance (ligne pointillée rouge) indique que, pour toutes les variables, la réponse impulsionnelle demeure majoritairement incluse dans la bande, sauf pour le spread où la réaction initiale est statistiquement significative.

Le choix d'un bootstrap à 100 répétitions apporte robustesse à cette estimation.

L'effet du choc de volatilité est donc jugé significatif sur le spread, transitoire sur le PIB, et peu pertinent sur le ratio d'endettement à court terme.

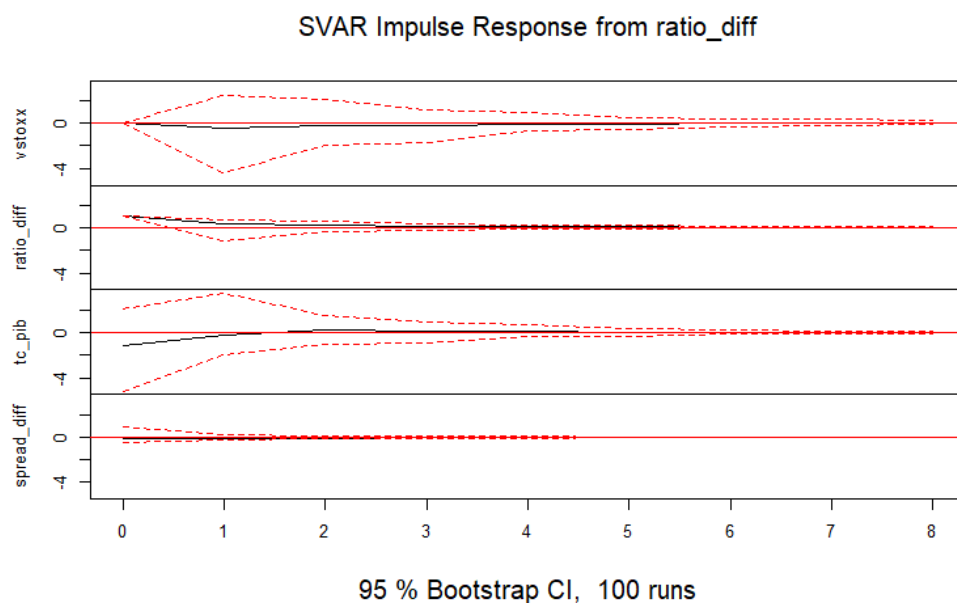
Ces résultats confortent l'ordre choisi dans la modélisation structurelle : la volatilité de marché est effectivement la variable exogène principale, ses chocs se transmettent aux spreads (prime de risque), influencent temporairement la croissance, et affectent très marginalement la trajectoire de la dette publique française. Cela confère un sens économique au modèle et valide le choix des restrictions contemporaines imposées.

## Fonction de réponse impulsionnelle du SVAR à un choc sur le taux de croissance du PIB



Un choc positif de croissance du PIB entraîne rapidement une hausse temporaire du PIB, suivie d'un retour vers la moyenne. Les autres variables (*vstox*, *ratio\_diff*, *spread\_diff*) montrent peu de réactions significatives : leurs réponses restent dans l'intervalle de confiance. Cela suggère qu'une surprise positive de croissance a surtout un effet sur elle-même, mais se transmet très peu aux primes de risque, à la volatilité ou à la dynamique de la dette publique française à court terme. L'impact d'un choc de PIB est ainsi principalement autorégressif sur la période analysée.

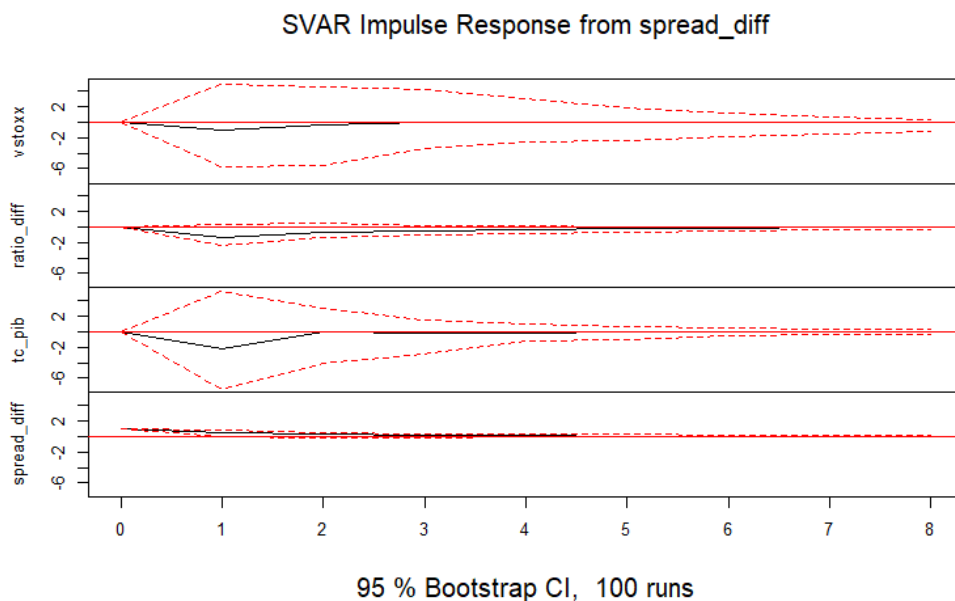
## Fonction de réponse impulsionnelle du SVAR à un choc sur ratio dette/pib stationnaire



Un choc positif sur le ratio dette/PIB différencié a un effet très limité sur les autres variables : la réponse de VSTOXX et du spread reste faible et contenue dans les intervalles de confiance, indiquant une absence d'impact significatif. Le ratio dette/PIB réagit fortement à son propre choc, ce qui est attendu. Le taux de croissance du PIB subit un léger ajustement négatif, non significatif statistiquement.

Globalement, les résultats montrent que le ratio dette/PIB, dans ce modèle, n'engendre pas de réactions durables ou marquées sur les marchés financiers (volatilité, spread) ni sur la dynamique de croissance. La transmission des chocs de la dette publique vers les autres variables semble faible à court et moyen terme. Cela suggère que, dans cette configuration, la dette publique française joue un rôle peu central dans la propagation des chocs macro-financiers sur la période étudiée.

Fonction de réponse impulsionnelle du SVAR à un choc sur spread stationnaire.



Un choc positif de croissance du PIB entraîne rapidement une hausse temporaire du PIB, suivie d'un retour vers la moyenne. Les autres variables (vstox, ratio\_diff, spread\_diff) montrent peu de réactions significatives : leurs réponses restent dans l'intervalle de confiance. Cela suggère qu'une surprise positive de croissance a surtout un effet sur elle-même, mais se transmet très peu aux primes de risque, à la volatilité ou à la dynamique de la dette publique française à court terme. L'impact d'un choc de PIB est ainsi principalement autorégressif sur la période analysée.

### III. PRÉVISION

Dans cette dernière étape, nous aborderons le cœur même de la problématique de ce travail : la prévision du spread souverain français sur 2024, 2025 et 2026. L'objectif est de fournir des estimations fiables pour les années 2024 et 2025 permettant d'anticiper l'évolution future de cette variable clé. Pour ce faire, nous avons adopté une approche méthodologique structurée en trois étapes principales. Tout en commençant par la préparation de la base de données. Ensuite, une prévision in-sample (2000-2023) et enfin la prévision out sample pour 2026.

#### 1. Préparation des données

Nos séries étant désormais toutes stationnaires, la première étape a consisté à préparer notre base de données pour les analyses de prévision. Nous avons partitionné notre jeu de données en deux ensembles distincts.

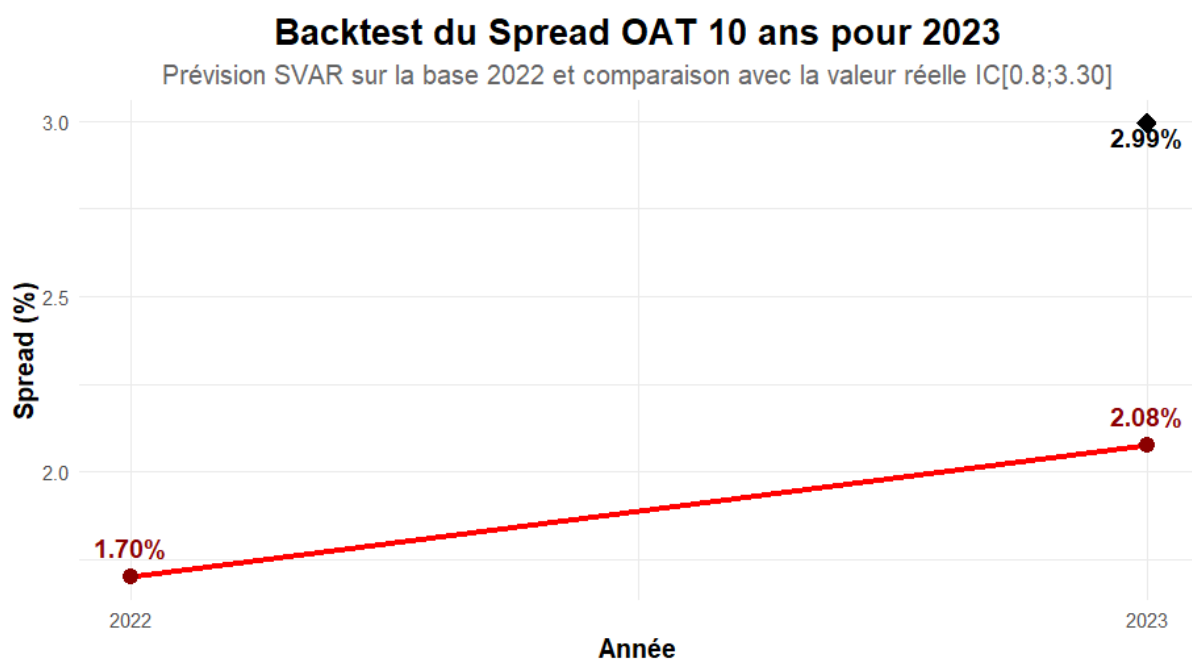
Premièrement un ensemble d'entraînement (train) couvrant la période de 2000 - 2022 qui est utilisé pour construire et calibrer notre modèle. Cette période permet au modèle d'apprendre les dynamiques structurelles et les interactions entre les variables étudiées. Un ensemble de test couvrant la période de 2024 à 2026 qui sera cette fois ci réservé à l'évaluation de la performance du modèle en comparant ses prévisions aux valeurs réelles, assurant ainsi une validation indépendante. Cette séparation est essentielle pour évaluer la capacité prédictive de notre modèle et garantir ainsi que les prévisions ne sont pas influencées par les données futures. En d'autres termes, elle permet de reproduire les conditions réelles d'une prévision, où seules les données passées sont disponibles au moment de la construction du modèle. De plus, cette démarche nous permet d'évaluer la capacité du modèle à capter les dynamiques économiques sur une période non incluse dans l'ensemble d'entraînement. En anticipant les valeurs de l'ensemble de test, nous mesurons la précision des prévisions et identifions d'éventuelles lacunes dans le modèle. Enfin, cette approche facilite la mise en place d'une méthodologie rigoureuse pour passer à la phase de prévision out-sample, où le modèle sera utilisé pour prévoir les valeurs de 2025 et au-delà.



a. Prévision in sample

Pour évaluer la performance et la robustesse de notre modèle SVAR, une prévision dite « insample » a été réalisée sur la période disponible [2000-2022], et plus particulièrement pour l'année 2023. Le principe d'une prévision insample consiste à utiliser toutes les données historiques disponibles pour estimer le modèle et à mesurer la capacité du modèle à reproduire, via la dynamique VAR, les valeurs effectivement observées à l'intérieur de l'échantillon, ici la valeur réel du spread en 2023 (2.99). Cette démarche est une étape classique et indispensable pour juger la qualité d'ajustement du modèle avant toute anticipation out-of-sample.

Concrètement, le modèle SVAR a été estimé sur les données jusqu'en 2022, puis utilisé pour produire une prévision du spread OAT pour 2023 soit un bactesting. Cette prévision insample est illustrée par le graphique ci-joint :



La trajectoire rouge indique la prédiction issue du modèle, tandis que la valeur noire marque la donnée réellement observée. Pour quantifier rigoureusement l'incertitude de la prévision, un intervalle de confiance statistique à 95 % a été calculé : [0.80 % ; 3.30 %]. Cette bande de confiance intègre l'ensemble des incertitudes inhérentes à la dynamique des variables et à l'erreur de prédiction estimée par le modèle sur la période concernée.

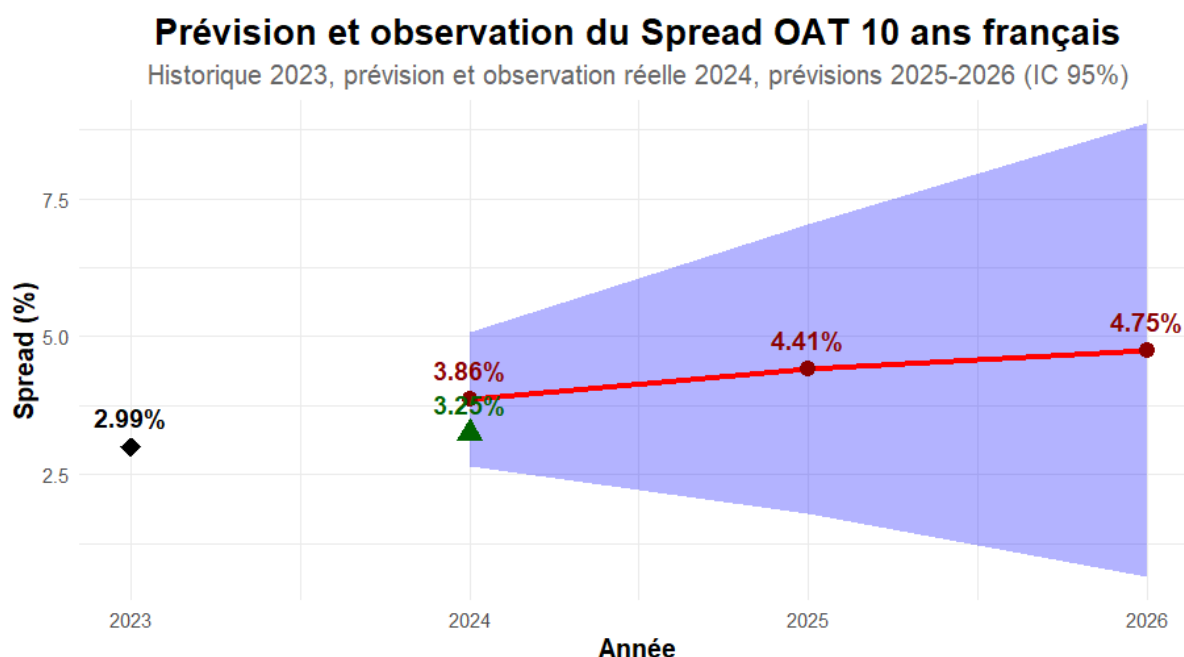
Le résultat observé est particulièrement satisfaisant : la valeur réelle du spread en 2023 (2.99 %) se situe nettement à l'intérieur de l'intervalle de confiance généré par le SVAR. Ce constat indique que, malgré une prévision centrale légèrement sous-estimée par rapport à la réalité, le modèle rend compte de l'amplitude plausible des fluctuations du spread et reproduit les dynamiques structurelles de la période. La présence de la valeur observée dans l'intervalle valide statistiquement la cohérence du modèle et confirme que l'ajustement VAR à la structure passée des données offre une base solide pour l'analyse et la prévision.

Cette divergence met en lumière la nécessité d'affiner la modélisation du spread souverain. Plusieurs pistes d'amélioration peuvent être envisagées, notamment l'introduction de variables explicatives additionnelles permettant de mieux capturer les facteurs qui influencent la dynamique du spread, tels que les indices de risque politique, la politique monétaire ou certaines variables internationales. Par ailleurs, une re-spécification du modèle, en particulier à travers un choix plus optimal du nombre de retards, pourrait accroître la pertinence des prévisions insample. Une analyse approfondie des résidus du modèle pourrait également révéler des dynamiques non capturées, telles qu'une autocorrélation résiduelle ou la présence de volatilité conditionnelle, impliquant d'éventuels ajustements (transformation GARCH, ajout de variables exogènes, etc.).

Malgré ses limitations, le modèle VAR utilisé ici restitue fidèlement la tendance structurelle du spread OAT 10 ans dans l'échantillon de calibration, ce qui plaide en faveur de son utilisation comme outil de prévision. Toutefois, ces résultats rappellent l'importance d'améliorer la précision du modèle, notamment avant toute prévision hors-échantillon ambitieuse (ex : anticipation du spread pour les années à venir), afin de garantir la robustesse des prévisions et la pertinence de l'analyse économique qui en découle.

En somme, la prévision insample permet ici de tester la pertinence du modèle avant son utilisation prospective : le SVAR s'avère capable de prévoir la trajectoire du spread dans des bornes raisonnables, tout en rendant visibles les incertitudes associées. Cette étape donne ainsi confiance dans la robustesse des projections futures, tout en rappelant l'importance de toujours s'appuyer sur l'intervalle de confiance pour toute interprétation économique et financière.

## b. Prédiction out-sample



Dans cette section, nous analysons la prédiction out-of-sample appliquée au spread OAT 10 ans français. Contrairement à la prédiction insample, qui vise à tester la capacité du modèle à reproduire les valeurs de la période d'estimation, la prédiction out-of-sample consiste à projeter le spread au-delà de l'horizon couvert par les données historiques. Plus concrètement, le modèle VAR a été estimé sur l'ensemble des données disponibles de 2000 à 2022, afin de bien intégrer les dynamiques économiques observées et les relations structurelles entre les variables explicatives du spread.

Sur cette base, le modèle a servi à générer des prévisions pour la période 2024 à 2026, c'est-à-dire des années pour lesquelles nous ne disposons pas encore de valeurs réelles. Cette approche prospective repose sur l'hypothèse que les relations économiques et financières identifiées durant la période d'entraînement resteront stables dans le futur proche. Les résultats présentés traduisent la capacité du modèle à prolonger la dynamique du spread sous ces hypothèses, tout en tenant compte de l'incertitude associée aux scénarios anticipés.

La démarche out-of-sample permet ainsi d'évaluer la pertinence du modèle VAR pour l'aide à la décision et l'anticipation des risques de financement souverain, en simulant l'évolution du

spread dans des conditions non directement observées. Les projections obtenues doivent néanmoins être interprétées avec prudence, car elles restent conditionnées à la stabilité des relations modélisées et à l'absence de chocs structurels majeurs susceptibles de modifier l'équilibre économique observé sur la période passée.

La bande bleue autour des prévisions sur ce graphique représente l'intervalle de confiance à 95 %, qui s'élargit à mesure que l'horizon de prévision s'étend. Cela traduit une augmentation naturelle de l'incertitude : en effet, puisque nos données s'arrêtent en 2023, le modèle doit extrapoler de plus en plus loin d'une base connue, et chaque année supplémentaire augmente l'erreur de prévision et la marge d'incertitude.

On observe que pour 2024, la prévision centrale (3.86 %) surestime légèrement la réalité, mais la valeur observée (3.25 %) demeure bien dans la bande d'incertitude. Cette validation est un signe positif : le modèle SVAR n'est pas totalement déconnecté de la dynamique réelle, même si la prévision "centrale" n'est pas parfaite.

Pour 2025 et 2026, le modèle anticipe une poursuite de l'augmentation du spread, mais l'intervalle de confiance s'élargit fortement, illustrant la difficulté croissante à prédire avec précision à long terme. Cet élargissement est typique de tous les modèles statistiques : plus la prévision s'éloigne de la dernière donnée connue, plus l'incertitude cumulée est grande.

Au final, le graphique montre que, malgré ces limites, la trajectoire anticipée par le modèle reste compatible avec les dynamiques historiques, et que l'intégration de l'intervalle de confiance est essentielle : elle permet de relativiser les écarts entre prévision et observation, de tenir compte des risques d'aléas macrofinanciers.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

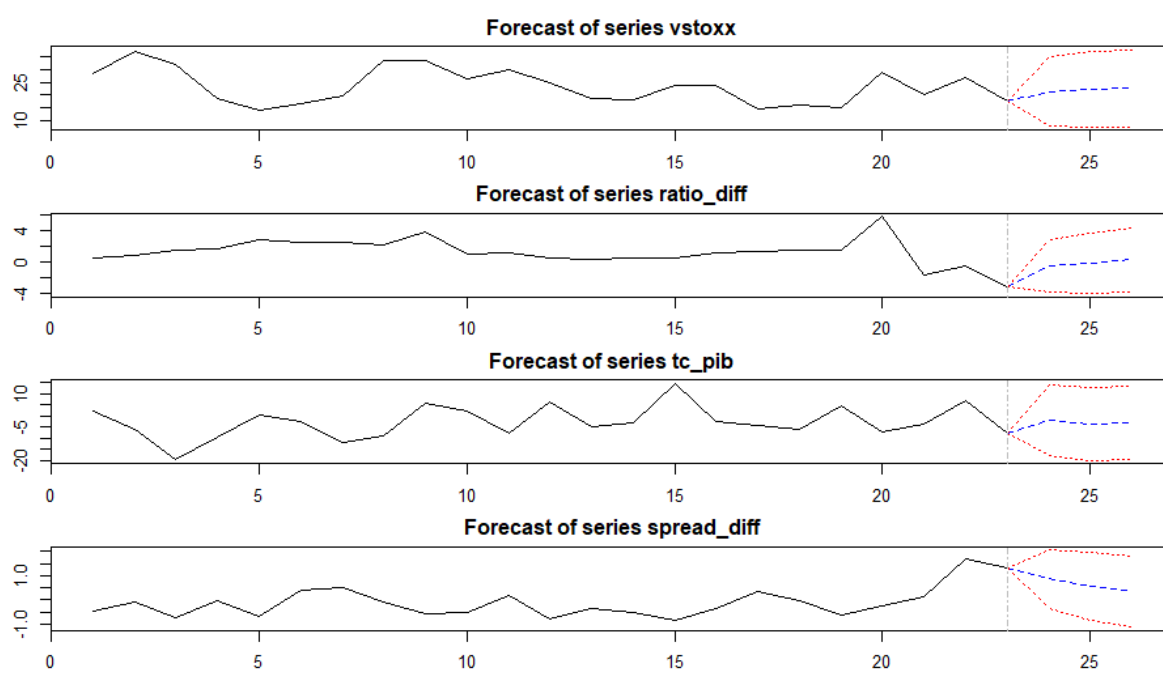
Ce travail a permis de mettre en lumière la capacité et les limites d'un modèle SVAR pour la prévision du spread souverain français à partir de variables macroéconomiques. Les étapes méthodiques de préparation des données, validation et prévision ont montré que le modèle capture effectivement une partie des relations dynamiques entre les indicateurs économiques et le spread. Le modèle saisit bien les interactions économiques fondamentales, en particulier les effets des variables macroéconomiques françaises sur l'évolution du spread OAT. Cependant, l'analyse in-sample a révélé des écarts parfois substantiels entre les valeurs prédites et observées.

Pour remédier à cette limitation, il serait pertinent d'élargir le modèle en incorporant un spectre plus large de variables allemandes, telles que les indicateurs financiers spécifiques au Bund allemand, la politique budgétaire et monétaire allemande, ainsi que des chocs macroéconomiques propres à son économie. Cette extension permettrait de mieux capter l'interdépendance franco-allemande, qui est au cœur de la formation du spread, et d'affiner la précision des prévisions tant in-sample qu'out-of-sample.

Malgré ces axes d'amélioration, le modèle actuel reste un outil précieux pour comprendre les mécanismes à l'œuvre et nourrir la réflexion économique. Il fournit une plateforme analytique solide, qui, une fois enrichie, pourrait considérablement renforcer l'aide à la décision en matière de gestion des risques souverains et de politique budgétaire. En particulier, en intégrant une dimension plus internationale, le modèle pourrait mieux anticiper les tensions sur la dette souveraine dans un contexte européen volatil, ce qui est crucial pour anticiper les coûts de financement et orienter les stratégies publiques.

En conclusion, le modèle SVAR, tout en montrant des performances encourageantes, appelle à un enrichissement méthodologique centré sur une approche comparative franco-allemande pour mieux refléter la réalité économique du spread et apporter une contribution encore plus pertinente au pilotage budgétaire et financier.

## ANNEXE



## BIBLIOGRAPHIE

<https://tradingeconomics.com/france/government-bond-yield>

[STOXX.COM](https://stxxx.com)

[APIs Taceconomics](#)

Sims, C. A. (1980). "Macroeconomics and Reality." *Econometrica*, 48(1), 1-48.

Hamilton, J. D. (1994). Time Series Analysis. Princeton University Press.

Diebold, F. X. (2017). Econometric Modeling of Economic Time Series. W. W. Norton & Company.