



**NEXIASEARCH**

# Stress test climatique de la Perte en cas de défaut (LGD)

Joss LATAPIE GOULIAN

---

THINK SMART  ACT DIFFERENT

# TABLE DES MATIÈRES

• Introduction	3
• Scénarios NGFS	5
• Méthodologie adoptée	8
• Projection de la LGD par scénario	10
• Conclusion	12

# INTRODUCTION



Les effets du changement climatique, déjà observables et documentés dans les sources [1] et [2], pourrait compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins fondamentaux. En réponse à ce risque émergent, des accords internationaux, tels que les accords de Paris, ont été établis avec pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre et limiter le réchauffement climatique sous 1,5 °C en 2050 et 2°C en 2100.

Les entreprises, en grande partie, ressentiront les répercussions des événements climatiques et des politiques environnementales. En effet, celles dont les chaînes de valeur traversent des régions vulnérables, pourraient subir des impacts considérables en raison de l'augmentation des risques physiques liés directement aux phénomènes climatiques.

De même, les entreprises opérant dans des secteurs intensifs en CO<sub>2</sub> seront confrontées à un risque de transition, induit par des politiques de taxation du carbone visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Il devient donc essentiel pour les institutions bancaires qui financent ces entreprises d'intégrer ces risques émergents dans l'évaluation de leurs provisions.

Prenant conscience de ces enjeux, les régulateurs financiers, ont commencé à mettre en place des réglementations pour intégrer progressivement le risque climatique dans les pratiques des institutions financières. Ainsi, la Banque centrale européenne (BCE) [3] et les autorités de régulation en France [4] ont diffusé des attentes en matière de gestion des risques climatiques par les banques. Ces mesures incluent notamment l'évaluation des risques climatiques et la mise en place d'outils robustes de stress tests climatiques.

Cependant, l'implémentation de stress tests climatiques peut s'avérer problématique en raison de l'absence d'événements climatiques historiques significatifs impactant la solvabilité des entreprises. Des études antérieures [5] proposent de projeter la probabilité de défauts via l'impact des chocs climatiques sur la macroéconomie. Notre approche consiste à s'inspirer de cette méthode afin de réaliser un exercice similaire pour la LGD. Notre estimation de la LGD repose sur un modèle AutoRegressive Distributed Lag (ARDL) qui prend en compte les variables macroéconomiques et un retard de notre variable cible en entrée.

Dans cette note, nous nous concentrons sur trois scénarios climatiques proposés par le Réseau des banques centrales et des superviseurs pour le verdissement du système financier (NGFS): « Current Policies », « Below 2 degrees » et « Delayed Transition ». Nous projetons ainsi une méthodologie de projection de la LGD jusqu'en 2050 sur chacun des scénarios.

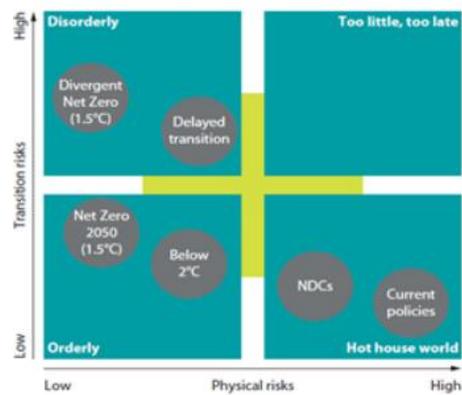
Nos résultats montrent que la mise en œuvre d'actions pro-environnementales suffisamment tôt, conduit à limiter significativement l'impact des événements climatiques sur la LGD à l'horizon 2050.

# Input NGFS

## *Les scénarios climatiques*

Face aux défis du changement climatique, le NGFS a développé des scénarios climatiques futurs (jusqu'en 2050), afin de fournir un cadre de référence commun permettant de faire des projections des variables responsables ou explicatives des risques physique et de transition.

Les caractéristiques des 6 scénarios utilisés dans cette étude sont présentées dans le schéma ci-dessous :



Dans cette étude, nous avons considéré 3 scénarios climatiques particuliers : « Below 2 °C », « Delayed transition » et « Current Policies ». Il s'agit des scénarios les plus utilisés dans la littérature.

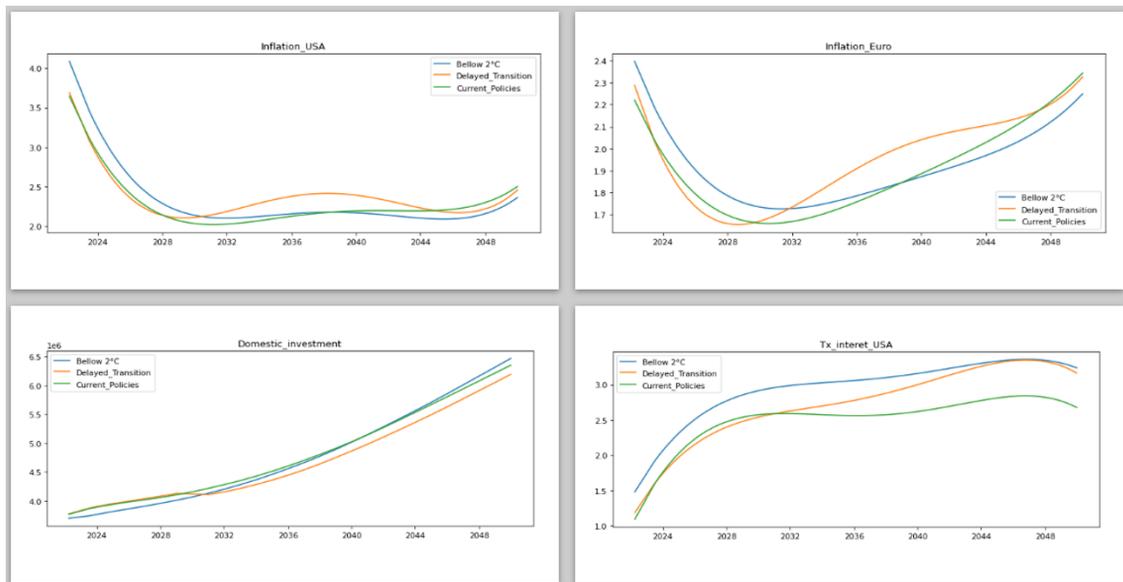
Le scénario « Current Policies » correspond à la situation où rien n'est fait de façon coordonnée et globale pour limiter le réchauffement climatique.

Le scénario « Below 2°C » correspond à la situation où les politiques climatiques sont mises en place assez tôt en vue de réduire les émissions de CO2 et de baisser la température mondiale.

Le scénario « Delayed transition » correspond à la situation où la transition commence avec un retard (après 2030) entraînant des incitations politiques plus fortes afin de limiter le réchauffement à moins de 2 °C d'ici 2100.

# Input NGFS

## *Prévisions des variables macroéconomiques*

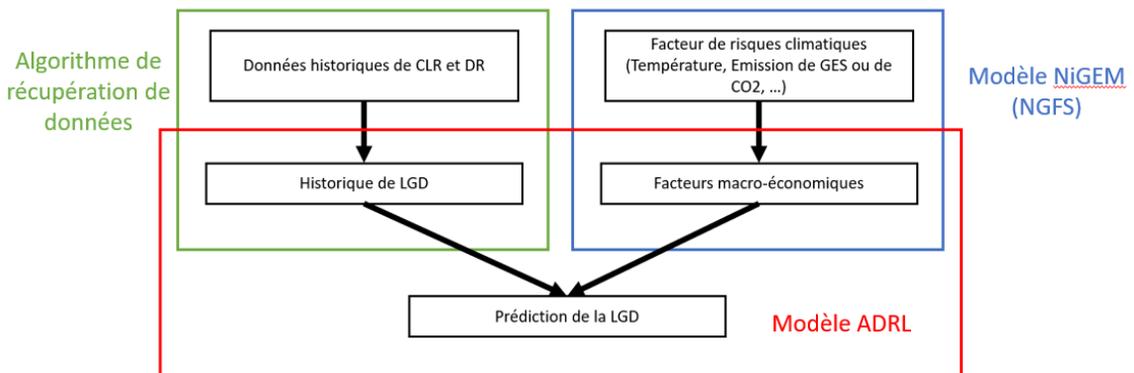


Afin d'expliquer et projeter la LGD par rapport à différents scénarios, une sélection de variables macro-économiques (elles-mêmes projetées par le NGFS) a été réalisée. Pour sélectionner ces variables explicatives, trois critères ont été utilisés : la faible multi-colinéarité entre elles, la forte corrélation avec la variable dépendante et la sensibilité de chacune avec la LGD. Pour des informations plus détaillées sur la sélection de ces variables, le lecteur peut se référer à l'annexe page 10. Ces variables sont par la suite utilisées dans un modèle ADRL, présenté en partie suivante.

Nous présentons ci-dessus les trajectoires, sous chacun des scénarios, des variables macroéconomiques les plus significatives de notre modèle: l'Investissement domestique, l'Inflation européenne, l'Inflation américaine et le Taux d'Intérêt américain. Il s'agit de la déclinaison, par le NGFS, de ces scénarios ou chocs climatiques associés en impacts macroéconomiques. Ces prévisions sont utilisées dans cette étude pour projeter la LGD.

- **Investissement Domestique** : les courbes de prévision montrent que, sous les trois scénarios, l'Investissement domestique augmente globalement au fil du temps. Cependant, des variations significatives entre les scénarios existent. Les décisions pro-environnementales impactent négativement l'investissement domestique, comme le montrent les valeurs prises par « Below 2°C » avant 2030 ou « Delayed Transition » après 2030, par rapport au scénario « Current Policies ».
- **Taux d'Intérêt américain** : globalement, les taux d'intérêt américain se situent à des niveaux plus élevés en 2050 par rapport à 2020, quel que soit le scénario. Comme pour l'investissement domestique, la mise en œuvre des politiques en faveur du climat est responsable d'une augmentation plus forte du taux d'intérêt américain. Ainsi, les valeurs sous les scénarios « Below 2 °C » et « Delayed Transition » augmentent de manière plus rapide dès le début des mesures environnementales (2020 pour « Below 2 °C » et 2030 pour « Delayed Transition » ), dépassant largement celles du scénario « Current Policies » dans les deux cas.
- **Inflation** : qu'elle soit européenne ou américaine, l'inflation présente une première phase de forte décroissance jusqu'en 2028 environ. Sur cette période, le scénario « Below 2°C », seul impacté par les politiques climatiques, présente des valeurs d'inflation très élevées par rapport à celles des autres scénarios. Le début de la transition climatique a donc tendance à faire croître l'inflation. Cette situation se confirme avec le scénario « Delayed Transition » à partir de 2030 où nous assistons également à une reprise de l'inflation plus prononcée en Europe qu'aux USA.

# Méthodologie adoptée



L'approche utilisée est représentée par le schéma ci-dessus. Plus précisément, elle se décline en 3 étapes :

## 1. Récupération des données de LGD et des variables macro-économiques

Les données historiques de LGD utilisées pour calibrer notre modèle sont issues du retraitement des taux de pertes attendues (CLR) et de défaut (DR) provenant de l'Agence de notation Moody's. La LGD se définit ici comme le rapport entre le taux de pertes attendues et le taux de défaut. Les données sont trimestrielles et couvrent la période allant de 1983 à 2020. Ces données concernent un portefeuille d'entreprises de tous secteurs, sans distinction géographique.

Les données macroéconomiques sont fournies par la FRED (Federal Reserve Economic Data). Seules les variables macroéconomiques projetées par le NGFS sont utilisées dans cette étude.

## 2. Modélisation de la LGD

Le modèle ADRL (AutoRegressive Distributed Lag) est retenu pour l'estimation de la LGD.

$$\ln\left(\frac{LGD_t}{1 + LGD_t}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{LGD_{t-1}}{1 + LGD_{t-1}}\right) + \beta_2 X_{1,t-1} + \beta_3 X_{2,t-1} + \dots + \beta_k X_{k-1,t-1} + \epsilon_t$$

Où

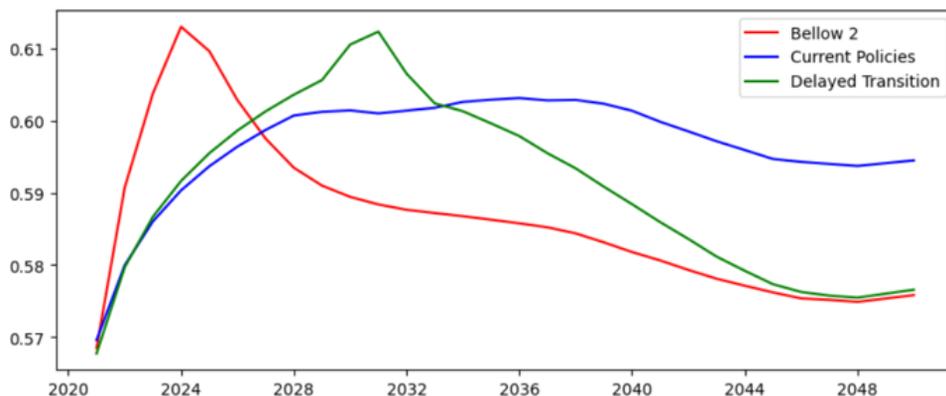
- LGD évaluée au moment t,
- $X_1, t-1, X_2, t-1, \dots, X_{k-1}, t-1$  sont les retards des variables macroéconomiques au moment t-1,
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  sont les coefficients de régressions,
- $\epsilon_t$  est l'erreur résiduelle au moment t.

Le lecteur peut se référer à l'annexe en page 14 pour davantage d'informations sur les statistiques du modèle.

## 3. Projection de la LGD jusqu'en 2050.

A partir du modèle obtenu à l'étape 2 et des prévisions des impacts des chocs climatiques sur les variables macroéconomiques d'ici à 2050, il devient possible de prédire la LGD jusqu'en 2050 selon les scénarios du NGFS.

# Projection de la LGD par scénario



## Scénario « Current Policies »

Nous notons une augmentation de la LGD de 7,5 % en 2050 par rapport à son niveau de 2021. Ceci est lié aux pertes plus ou moins élevées engendrées par les événements climatiques subis par les entreprises.

Deux observations majeures se dégagent sur ce scénario :

- **Augmentation initiale de la LGD** : nous constatons une première phase marquée par une augmentation de la LGD jusqu'en 2028. Cette augmentation s'explique par les conséquences environnementales des politiques actuelles, conduisant ainsi à une détérioration des capacités de recouvrement.
- **Stabilisation de la LGD** : par la suite, nous observons une stabilisation de la LGD autour la valeur de 2028, suggérant qu'en suivant les politiques actuelles, aucune amélioration significative n'est envisageable.

## Scénario « Below 2 Degrees »

Deux grandes phases se dégagent également de ce scénario :

- **Augmentation Initiale de la LGD** : dans cette phase, la LGD connaît une augmentation significative au début des prévisions, atteignant son pic en 2024, et restant supérieure aux autres prévisions jusqu'en 2026. Cette forte LGD est la conséquence directe de la mise en œuvre de décisions politiques environnementales robustes, au détriment des entreprises, impactant ainsi leurs revenus et donc leur capacité de remboursement en cas de défaut. Le pic de LGD peut en grande partie être attribué, à la fin de l'évolution technologique des entreprises dans leur processus de transition écologique.

- Diminution subséquente de la LGD : dans la seconde phase, la LGD diminue pour atteindre presque sa valeur initiale en 2044, se stabilisant ensuite à ce niveau jusqu'en 2050. Après la phase d'adaptation des entreprises aux directives environnementales, les changements technologiques leur permettent d'émettre moins de carbone et donc d'être moins assujetties au risque de transition. Le risque physique a quant à lui, été limité grâce à une réaction précoce.

### Scénario « Delayed Transition »

Dans ce scénario, nous identifions quatre phases distinctes:

- **Phase 2021-2026** : la LGD suit la même trajectoire que dans le scénario « Current Policies », en raison de l'absence de décisions politiques climatiques.
- **Phase 2026-2033** : la LGD augmente brutalement si bien que ses valeurs prises sont supérieures à celles prises par les autres scénarios, du fait de décisions politiques environnementales tardives. Ces décisions plus strictes que celles de « Below 2 Degrees », car visant un même objectif sur un horizon plus court, affectent davantage la LGD.
- **Phase 2033-2044** : la LGD diminue progressivement jusqu'à atteindre une valeur minimale. Cette évolution s'explique par la même raison évoquée pour « Below 2 Degrees ».
- **Phase 2044-2050** : la LGD se stabilise à une valeur minimale similaire à celle prédite par le scénario « Below 2 Degrees ». Dans ce scénario, le retard accumulé par rapport au scénario « Below 2 Degrees » est donc rattrapé, au détriment d'un risque de transition qui a été bien plus fort.

En analysant les courbes, les projections de LGD partagent beaucoup de similarités avec les projections de PD obtenues dans [5]. Rien de bien surprenant lorsqu'on suspecte une forte corrélation entre ces deux facteurs.

Il est presque évident de constater que le scénario le moins favorable en termes de LGD est celui des Politiques Actuelles en raison de l'impact du risque physique sur le long terme lié à l'absence d'action en faveur de la transition climatique. Nous pouvons également affirmer que le scénario le plus favorable en termes de LGD cumulée est celui de "Below 2 Degrees". En effet, malgré l'augmentation soudaine et brutale en début de période de la LGD liée au risque de transition, la baisse du risque physique positionne ce scénario comme étant le plus favorable. Le scénario "Delayed Transition" est comme attendu, plus impactant sur la LGD que celui de "Below 2 Degrees". En effet, les prises de décisions tardives, bien que permettant d'atteindre les mêmes objectifs environnementaux à terme, sont responsables d'un impact du risque de transition accru sur la LGD.

# CONCLUSION

Ce travail constitue un cadre de réflexion pour les méthodologies potentielles d'intégration du risque climatique dans les modèles de crédit. Les réflexions menées et les approches mises en œuvre peuvent fournir un soutien précieux aux équipes de modélisation des banques, tant dans le contexte de la projection des paramètres de risque, notamment dans le cadre de la réglementation IFRS 9, que lors d'exercices de stress tests climatiques.

Nos résultats mettent en évidence une augmentation du risque de perte en cas de défaut due aux risques physiques et de transition.

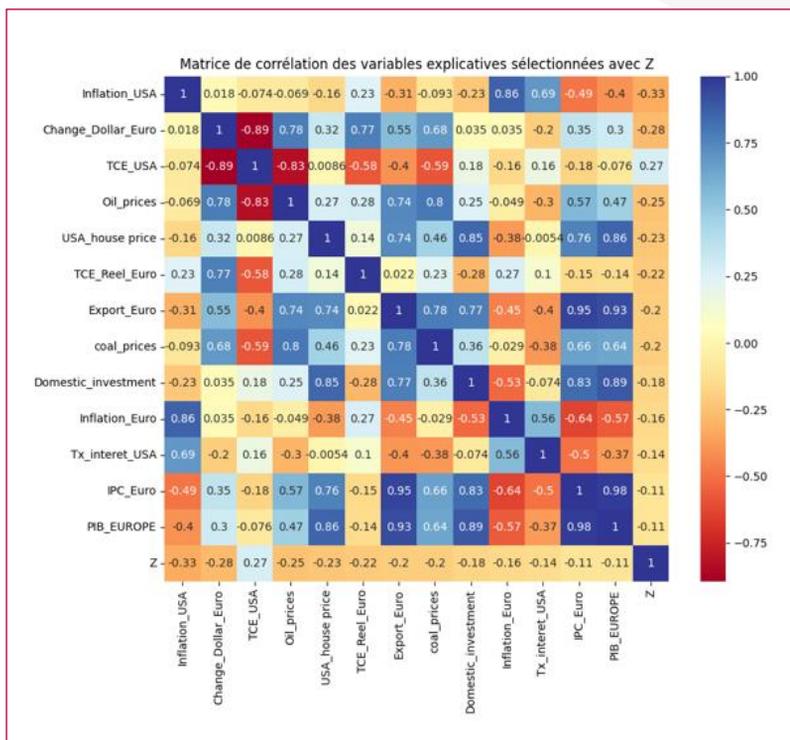
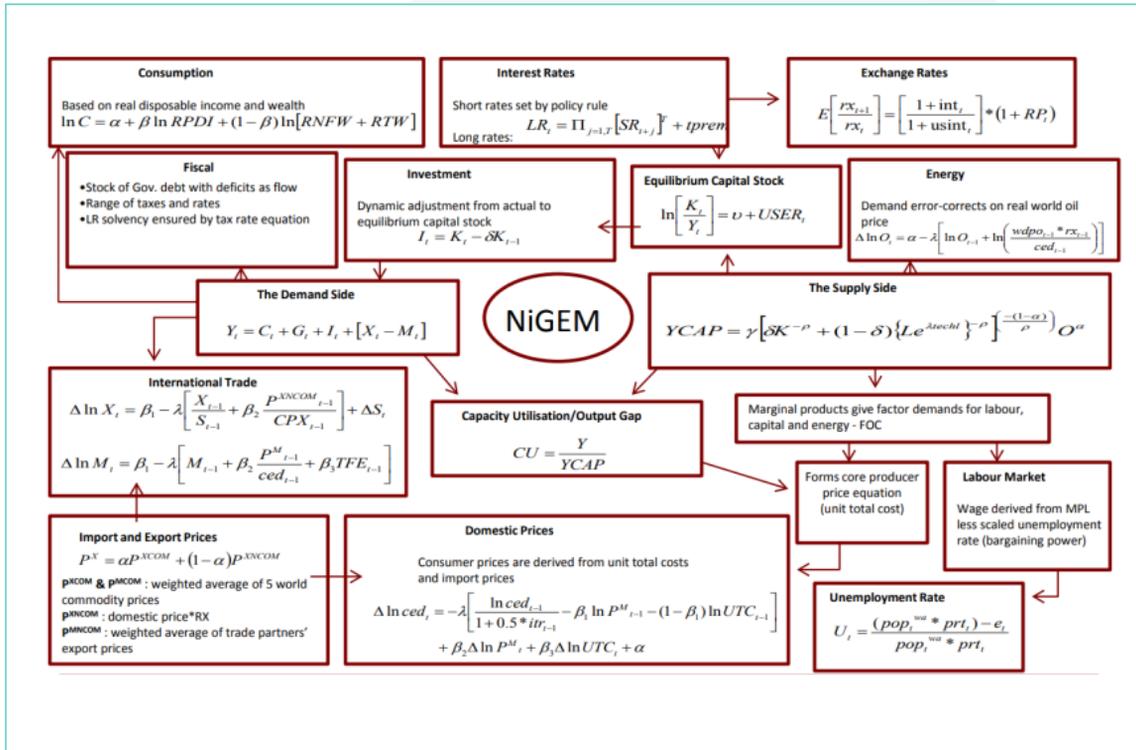
Bien évidemment, le modèle est fortement tributaire des prévisions des variables macroéconomiques fournies par la NGFS. De plus, notre étude s'est concentrée sur une LGD globale et mondiale, sans considérations géographiques ou de secteurs d'activités.

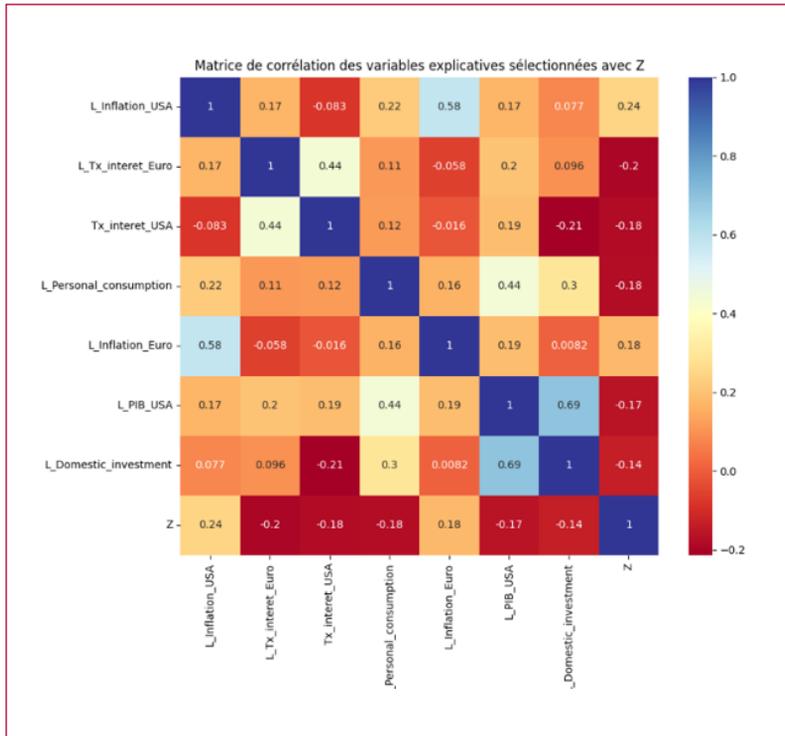
Combiner ces résultats avec une projection climatique de la PD représenterait une piste intéressante pour de futures recherches. Cette approche globale permettrait d'évaluer l'impact cumulatif du changement climatique sur la perte financière attendue des banques, offrant ainsi une vue plus complète de la vulnérabilité du secteur financier aux risques climatiques.

# RÉFÉRENCES

1. [The Intergovernmental Panel on Climate Change. Global warning of 1.5 degree c. intergovernmental panel on climate change. 2018.](#)
2. [EDP Sciences, Jean-François Coste, Antoine Coursimault, Florent Brissaud, Jacques Bongrand, Dominique Chauvin. Changement climatique les prévisions du GIEC. 2021.](#)
3. [Banque Centrale Européenne. Guide relatif aux risques liés au climat et à l'environnement attentes prudentielles en matière de gestion et de déclaration de risques. 2020](#)
4. [Autorité de contrôle prudentiel et de resolution, Banque de France. French banking groups facing climate change-related risks. 2019.](#)
5. [Marcos ABOH, Thierry Kengne et Areski Cousin. Intégration du risque climatique dans les modèles de crédit. 2022.](#)

# ANNEXES





**OLS Regression Results**

```

=====
Dep. Variable:          Z      R-squared:          0.633
Model:                 OLS    Adj. R-squared:     0.590
Method:                Least Squares  F-statistic:        14.82
Date:                  Wed, 18 Oct 2023  Prob (F-statistic): 1.89e-08
Time:                  14:43:25  Log-Likelihood:     -23.988
No. Observations:      49      AIC:                 59.98
Df Residuals:          43      BIC:                 71.33
Df Model:               5
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|    [0.025    0.975]
-----
const                0.2200    0.074         2.954    0.005     0.070     0.370
Tx_interet_USA       -0.1230    0.065        -1.900    0.064    -0.254     0.008
L_inflation_USA      0.4747    0.345         1.376    0.176    -0.221     1.171
L_inflation_Euro     1.3963    0.609         2.294    0.027     0.169     2.624
L_Domestic_investment -4.7283    2.333        -2.027    0.049    -9.434    -0.023
Z_lag1                0.5093    0.104         4.917    0.000     0.300     0.718
=====
Omnibus:              15.306   Durbin-Watson:      1.966
Prob(Omnibus):        0.000   Jarque-Bera (JB):   44.814
Skew:                 0.580   Prob(JB):           1.86e-10
Kurtosis:             7.539   Cond. No.           44.5
=====

```

## Estimation du modèle ADRL

Pour sélectionner les variables explicatives, trois critères ont été utilisés : la faible multi-colinéarité entre elles, la forte corrélation avec la variable dépendante et la sensibilité de chacune avec la LGD.

Variables	Coefficients			
	A niveau		Différence première	
	St.test	P-valeur	St.test	P-valeur
Taux d'intérêt USA	-3,1889	0,021	-	-
Inflation USA	-7,6337	0	-	-
Inflation Europe	-2.848	0.0517	-3.7919	0.003
Investissement domestique	-6,8953	0	-	-
Z	-4,3827	0	-	-

Pour retenir le modèle adéquat, nous avons adopté la méthode de sélection Backward avec comme critères la maximisation du R2 et la significativité de tous les coefficients. Il faut noter que ces critères ont été choisis car ils sont indispensables pour la robustesse des prévisions. Nous obtenons le modèle final suivant:

$$Z_t = \ln\left(\frac{LGD_t}{1 + LGD_t}\right) = 0.22 + 0.51Z_{t-1} - 4.73L\_Domestic\_Investment_{t-1} + 1.40L\_Inflation\_Euro_{t-1} + 0.47L\_Inflation\_USA_{t-1} - 0.12L\_Tx\_Interet\_USA_{t-1} \quad (1)$$

Où:

-  $L\_X$  sont variables macroéconomiques transformées avec  $L\_X_t = \ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right)$

La validation de ce modèle s'est basée sur les tests de vérification des hypothèses théoriques d'homoscédasticité, d'absence d'autocorrélation et de normalité des résidus ainsi que l'analyse du pouvoir prédictif sur les bases d'estimation et de test.

A partir de (1), il devient possible de prédire la LGD jusqu'en 2050 selon les scénarios de la NGFS.

# NEXIALOG CONSULTING

ACTUARIAT

GESTION DES RISQUES

DATA

FINANCE DURABLE

Nexialog Consulting est un cabinet de conseil spécialisé en Stratégie, Actuariat, Gestion des risques et Data qui dessert aujourd'hui les plus grands acteurs de la banque et de l'assurance. Nous aidons nos clients à améliorer de manière significative et durable leurs performances et à atteindre leurs objectifs les plus importants.

Les besoins de nos clients et les réglementations européennes et mondiales étant en perpétuelle évolution, nous recherchons continuellement de nouvelles et meilleures façons de les servir. Pour ce faire, nous recrutons nos consultants dans les meilleures écoles d'ingénieur et de commerce et nous investissons des ressources de notre entreprise chaque année dans la recherche, l'apprentissage et le renforcement des compétences.

Quel que soit le défi à relever, nous nous attachons à fournir des résultats pratiques et durables et à donner à nos clients les moyens de se développer.

## CONTACTS

Retrouvez toutes nos publications sur Nexialog R&D

[www.nexialog.com](http://www.nexialog.com)

### ALI BEHBAHANI

*Associé, Fondateur*

+33 (0) 1 44 73 86 78

abebahani@nexialog.com

### ARESKI COUSIN

*Directeur Scientifique*

+33 (0) 7 88 03 51 87

acousin@nexialog.com

### CHRISTELLE BONDOUX

*Associée, Directrice Commerciale, Recrutement & Marketing*

+33 (0) 1 44 73 75 67

cbondoux@nexialog.com

### PAUL-ANTOINE DELETOILLE

*Sales Leader*

+33 (0) 1 44 73 75 67

+33 (0) 7 64 57 86 69

padeletoille@nexialog.com