BEAC

Banque des Etats de l'Afrique Centrale

BEAC Working Paper

- BWP N° 05/22 -

Changement climatique et politique monétaire dans les pays en développement

TAMNO TEKAM J. Eric
Economiste
Université de Yaoundé II
erictamno741@gmail.com

KENECK-MASSIL Joseph
Professeur Agrégé
Université de Yaoundé II
Joseph.keneckmassil@gmail.com

Et

BIKAI J. Landry
Docteur en sciences économiques
Banque des Etats de l'Afrique Centrale
bikai@beac.int

BANQUE DES ETATS DE L'AFRIQUE CENTRALE

736, Avenue Monseigneur Vogt BP:1917 Yaoundé Cameroun

Tel :(237) 22234030 / 22234060

Fax : (237) 22233329

www.beac.int

Les opinions émises dans ce document de travail sont propres à leur (s) auteur (s) et ne représentent pas nécessairement la position de la Banque des Etats de l'Afrique Centrale.

The opinions expressed in this working paper are those of the author (s) and don't necessarily represent the views of the Central Bank of Central Africa States.

Changement climatique et politique monétaire dans les pays en développement

TAMNO TEKAM Jacques Eric (*), KENECK-MASSIL Joseph (*), BIKAI Jacques Landry (**).

Résumé : L'objectif de cette étude est d'apprécier l'incidence des chocs climatiques sur la conduite de la politique monétaire. A l'aide d'un modèle en panel ARDL et de l'estimateur Pooled Mean Group appliqués sur 82 pays en développement sur la période allant de 1996 à 2020, trois résultats majeurs se dégagent de ce travail. Premièrement, concernant la masse monétaire, les résultats révèlent qu'à long terme elle réagit négativement et significativement de 1,359% à la suite d'une hausse de 1% de la vulnérabilité climatique. De plus, les effets de la vulnérabilité climatique sur la masse monétaire sont transmis par le canal de la production agricole (39,4%) de la dette publique (25,8%) et des exportations (10,7%). Deuxièmement, l'effet direct sur le taux d'intérêt est nul. Toutefois, il existe un effet indirect par le canal de l'inflation (26,4%) et celui des exportations (20,6%). Troisièmement, la prise en compte de l'hétérogénéité de l'échantillon selon le régime de change, l'union monétaire, la région géographique, le niveau de revenu et la désagrégation de l'indice de vulnérabilité climatique met en évidence des réactions différentes des instruments de politique monétaires aux chocs climatiques.

Mots clés : Changement climatique, politique monétaire, Panel ARDL, Pooled Mean Group
Code JEL : Q54, E52, C33

Climate change and monetary policy in developing countries

Abstract : The aim of this study is to assess the effect of climate shocks on the conduct of monetary policy, on the manipulation of monetary policy instruments such as the interest rate and the money supply. Using an ARDL panel model and the Pooled Mean Group estimator applied to 82 developing countries over the period from 1996 to 2020, three major results emerge from this work. Firstly, concerning the money supply, the results reveal that in the long run it reacts negatively and significantly by 1.359% following a 1% increase in climate vulnerability. Specifically, the effects of climate vulnerability on the money supply are transmitted through the channel of agricultural production (39.4%), public debt (25.8%) and exports (10.7%). Secondly, the effect on the interest rate is null. Thirdly, considering the heterogeneity of the sample according to exchange rate regime, monetary union, geographic region, income level and disaggregation of the climate vulnerability index highlights the different reactions of monetary policy instruments to climate shocks.

Keywords : Climate change, monetary policy, ARDL panel, Pooled Mean Group
JEL Code : Q54, E52, C3

∗. Université de Yaoundé II
∗. Université de Yaoundé II
∗∗. Direction des Études, de la Recherche et des Statistiques, BEAC

Les auteurs remercient les cadres de la BEAC pour leurs observations et commentaires. Les erreurs et omissions éventuellement contenues dans le document relèvent du seul fait des auteurs.

Sommaire

Résumé non technique **3**

Introduction **4**

1 Vulnérabilité climatique et politique monétaire : quelques faits stylisés **6**

2 Brève revue de la littérature **8**

3 Méthodes et données **10**
3.1 Données 10
3.2 Méthodes 12

4 Résultats et discussions **13**
4.1 Résultat de base 14
4.2 Tests de robustesse 14
4.2.1 Robustesse selon le régime de change 15
4.2.2 Robustesse selon la région géographique 17
4.2.3 Robustesse selon le niveau de revenu 17
4.2.4 Test de robustesse selon les indicateurs de l'indice ND-GAIN 20
4.3 Analyse de la médiation 21

Conclusion **23**

Références **23**

Annexe **26**

Résumé non technique

La littérature sur les effets liés au changement climatique est dense et croissante au regard de son impact considérable sur les variables macro-économiques. Tous les pays subissent les effets du changement climatique mais à des degrés divers. Précisément, les pays en développement sont les pays les plus vulnérables au changement climatique du fait de leur faible capacité d'adaptation et d'atténuation aux risques climatiques. Cependant, Les dégâts causés par les changements climatiques affectent aussi bien l'offre que la demande et de ce fait, ils influencent les objectifs de politique monétaire et amènent les banques centrales a utiliser leurs instruments a savoir le taux d'intérêt et la base monétaire.

C'est dans ce cadre que cette étude a pour objectif d'analyser les effets de la dynamique du changement climatique sur la conduite de la politique monétaire dans les pays en développement. De nombreux travaux ont mis en évidence les potentiels mécanismes par lesquels le changement climatique pourrait influencer la conduite de la politique monétaire, à savoir : le canal de la dette, le canal de la production et des exportations, le canal de l'inflation et le canal de la productivité (Boneva et al., 2022, 2021 ; Schnabel, 2021 ; Breitenfellner et al., 2021 ; ECB, 2021 ; Drudi et al., 2021).

Sur le plan méthodologique, nous avons eu recours à un model panel ARDL, avec une estimation Pooled Mean Group (PMG) sur la base du test de Hausman. De plus, une analyse de second niveau a été effectué pour tenir compte de l'heterogeneite de l'échantillon selon le régime de change, le niveau de revenu et la région géographique. Par ailleurs, une évaluation de l'effet indirect du changement climatique sur les instruments de la politique monétaire a permis de mettre en évidence les canaux les plus robustes. Les résultats obtenus révèlent que, à long terme la masse monétaire réagit négativement de 1,359 % à long terme à la suite d'une hausse de 1% de la vulnérabilité climatique, l'effet étant nul à court terme. De manière indirecte, cet effet est dû à 39,4% par la production agricole , à 25,8% par la dette publique et à 10,7% par les exportations. S'agissant du taux d'intérêt réel, il est établi qu'à court et à long terme, l'indice global de vulnérabilité climatique n'a aucun effet. Toutefois, l'effet indirect est significatif par le biais de l'inflation (26,4%) et des exportations (20,6%). Cependant, les résultats divergent selon que les pays de l'échantillon soient en régime de change fixe ou flexible, selon la région géographique et selon le niveau de revenu. En outre, lorsque l'indice de vulnérabilité ne tient pas compte de la capacité d'investissement pour faire face à l'incertitude liée au climat, les résultats révèlent à long terme un effet significatif et négatif sur les instruments de politique monétaire, avec une diminution du taux d'intérêt et de la masse monétaire respectivement de 0,49% et 26,42% à la suite d'une hausse de 1% de la vulnérabilité.

Ces résultats mettent en évidence le fait que l'action de la Banque Centrale peut se révéler plus efficace seulement lorsque des mesures de mitigation à court terme ne sont pas prises pour atténuer l'effet des changements climatiques à court terme. De ce fait, un appui plus important de la part des institutions internationales permettraient de mitiger les effets des changements climatiques, par conséquent, permettrait à la politique monétaire de se focaliser sur ses objectifs prioritaires. Des instruments tels que, le Trust sur la Résilience et la Durabilité (RST) mis en place par le FMI pourrait donc aider les pays les plus vulnérables au changement climatique à renforcer leur résilience en fournissant un financement à plus long terme et abordable. Par ailleurs, une persistance des chocs liés au climat sur l'offre et la demande invite les banques centrales à davantage verdir leur politique monétaire.

Introduction

Cet article apprécie l'incidence des chocs climatiques sur la conduite de la politique monétaire dans les pays en développement. À l'échelle mondiale, les six dernières années ont été les plus chaudes jamais enregistrées, en 2020 par exemple, les températures ont dépassé la moyenne obtenue en 1850-1900 de 1,25 °C (Schnabel, 2021). Les répercussions sur les économies sont cependant inégalement réparties dans le monde. Alors que les pays en développement émettent moins de gaz à effet de serre (4% seulement pour les pays africains) ils sont les plus vulnérables aux effets du changement climatique. Ils subissent fréquemment des phénomènes météorologiques extrêmes tels que la sécheresse, les inondations, les vagues de chaleur, les tempêtes, les variations de précipitations et les changements du niveau de la mer, avec des effets dévastateurs sur l'agriculture, la sécurité alimentaire, les migrations, la nutrition, le logement, la santé, les infrastructures et les revenus (WMO, 2021 ; UNDP, 2009).

Les dégâts causés par les changements climatiques affectent aussi bien l'offre que la demande dans une économie et de ce fait, ils influencent les objectifs de politique monétaire et amènent les banques centrales à utiliser leurs instruments à savoir le taux d'intérêt et la base monétaire (Breitenfellner et al., 2021). Actuellement, peu de Banques Centrales intègrent le changement climatique dans leurs modèles de prévision économiques (Breitenfellner et al., 2021). Or, le changement climatique constitue une série de chocs économiques et de changements conjoncturels que les responsables de la politique monétaire doivent évaluer et surveiller afin d'atteindre leurs objectifs d'inflation, compte tenu du degré d'incertitude lié à la réaction des agents économiques (Krogstrup & Oman, 2019). Des avancées sont quand même effectuées dans ce sens car le Réseau des banques centrales et superviseurs pour le verdissement du système financier (Network for Greening the Financial System – NGFSIl s'agit d'un groupe de Banques Centrales et de superviseurs désireux, sur une base volontaire, d'échanger des expériences, de partager les meilleures pratiques, de contribuer au développement de la gestion des risques environnementaux et climatiques dans le secteur financier et de mobiliser la finance traditionnelle pour soutenir la transition vers un développement économique durable. Son objectif est de définir et de promouvoir les meilleures pratiques à mettre en œuvre au sein et en dehors des membres du NGFS et de mener ou de commander des travaux d'analyse sur la finance verte.) ne comptait que 7 membres à sa création mais a dénombré 131 membres en 2022 et 19 observateurs dont font partie le Fonds Monétaire International (FMI), la Banque Mondiale ou encore la Banque des Règlements Internationaux (BRI).

Au regard de l'importance croissante des effets du changement climatique, de nombreux travaux empiriques ont montré son influence sur plusieurs variables clés de l'économie de manières différentes, voire contradictoires (NGFS, 2020) . Plusieurs auteurs ont identifié le changement climatique comme une source de risque pour la stabilité financière et la stabilité des prix (Boneva et al., 2022 ; Dafermos, 2022 ; Shobande, 2022 ; Boneva et al., 2021 ; Schnabel, 2021 ; Breitenfellner et al., 2021 ; ECB, 2021 ; Drudi et al., 2021 ; Scott et al., 2017 ; Aglietta et al., 2016). La Banque Centrale Européenne (ECB, 2021) présente dans son rapport une analyse globale des implications du changement climatique sur la conduite de la politique monétaire dans la zone Euro, en particulier les implications sur la transmission de la politique monétaire, le taux d'intérêt et l'identification correcte des chocs. Ce rapport présente également la nécessité de mettre en œuvre des modèles macroéconomiques qui permettent d'implémenter les décisions de politique monétaire. Toutefois, ces études qui se sont attardées à expliquer l'effet des changements climatique sur les variables monétaires sont généralement menées sur des échantillons des pays développés, la littérature empirique au niveau des pays en développement (PED) et principalement les pays africains, demeure insuffisante et voir rare alors que ceux-ci sont les

plus vulnérables aux changements climatiques.

Le changement climatique peut influencer la conduite de la politique monétaire à travers plusieurs mécanismes. Nous retenons quatre mécanismes principaux dans cette étude. *Premièrement*, les impacts du changement climatique aggravent les situations d'endettement des pays en les forçant à emprunter davantage pour financer l'atténuation et l'adaptation. Une plus grande offre d'actifs souverains dans l'économie pourrait influencer le taux d'intérêt (ECB, 2021 ; Drudi et al., 2021). *Deuxièmement*, le canal de la production et des exportations, les preuves empiriques montrent que l'accroissement des changements climatiques diminue la production et les exportations des principales cultures agricoles (Luc et al., 2020 ; Piontek et al., 2019 ; Kahn et al., 2019) cela génère une plus grande volatilité macroéconomique qui peut amener les banques centrales à modifier leurs principaux instruments dont le taux d'intérêt (Dietrich et al., 2021 ; Kozlowski et al., 2019). *Troisièmement*, le canal de la productivité des facteurs, des températures plus élevées réduisent la productivité à long terme (ECB, 2021 ; Nordhaus, 2007 ; Deryugina & Hsiang, 2014 ; Dell et al., 2012 ; Seppanen et al., 2006). Cette baisse de productivité réduit le produit marginal de chaque unité de capital, diminuant ainsi la demande de capital des entreprises, et donc du taux d'intérêt (Angeli et al., 2022 ; Dietrich et al., 2021 ; Schnabel, 2021 ; Kozlowski et al., 2019 ; Deryugina & Hsiang, 2014 ; Dell et al., 2012 ; Seppanen et al., 2006). Enfin quatrièmement, le canal de l'inflation, les évènements météorologiques extrêmes entrainent une augmentation de l'inflation (Odongo et al., 2022 ; Peersman, 2022 ; Heinen et al., 2019). En conséquence, les ménages confrontés à une plus grande volatilité de leurs revenus choisissent davantage d'épargner en guise de précaution, ce qui entraîne une baisse du taux d'intérêt (Schnabel, 2021 ; Auclert et al., 2018).

Sur le plan empirique, l'analyse de la conduite de la politique monétaire à la suite des chocs climatiques porte sur un échantillon de 82 pays en développement sur la période 1996 – 2020. A l'aide d'un modèle panel ARDL couplé à une analyse de second niveau pour évaluer l'hétérogénéité de l'échantillon d'étude nous trouvons des résultats qui interpellent prioritairement les décideurs de politique économique. Concernant la masse monétaire, elle réagit négativement de 1,359 % à long terme à la suite d'une hausse de 1% de la vulnérabilité climatique, l'effet étant nul à court terme. S'agissant du taux d'intérêt réel, il est établi qu'à court et à long terme, l'indice global de vulnérabilité climatique n'a aucun effet. Cependant, les résultats divergent selon que les pays de l'échantillon soient en régime de change fixe ou flexible, selon la région géographique et selon le niveau de revenu. Toutefois, lorsque l'indice de vulnérabilité ne tient pas compte de la capacité d'investissement pour faire face à l'incertitude liée au climat, les résultats révèlent à long terme un effet significatif et négatif sur les instruments de politique monétaire, avec une diminution du taux d'intérêt et de la masse monétaire respectivement de 0,49% et 26,42% à la suite d'une hausse de 1% de la vulnérabilité. Ce résultat traduit le fait que l'action de la Banque Centrale peut se révéler plus efficace seulement lorsque des mesures de mitigation à court terme ne sont pas prises pour atténuer l'effet des changements climatiques à court terme.

La contribution de ce travail à la littérature est triple. *Premièrement*, à notre connaissance, il s'agit de la première étude empirique qui vise à montrer les réponses des instruments de politique monétaire à la suite des chocs climatiques dans les pays en développement. *Deuxièmement*, contrairement à plusieurs travaux sur des effets du changement climatique sur les variables monétaires, cet article utilise l'indice de vulnérabilité au changement climatique (Chen et al., 2015) qui combine à la fois : (i) la vulnérabilité climatique à travers l'exposition, la sensibilité et l'adaptation au divers risques physiques des chocs climatiques et (ii) l'état de préparation qui évalue la capacité d'investissement des pays sur les plans économique, institutionnel et social. *Troisièmement*, cet article met en évidence une analyse de second niveau qui prend en

compte l'hétérogénéité de l'échantillon selon le type de régime de change, l'union monétaire, la répartition géographique, le niveau de revenu et les indicateurs de l'indice de vulnérabilité.

La suite de l'article est structurée ainsi qu'il suit : la première partie présente les faits stylisés de la vulnérabilité climatique dans les pays en développement. La deuxième partie discute de la littérature en se focalisant principalement sur les mécanismes de transmissions à travers lesquels les changements climatiques affectent la conduite de la politique monétaire. La troisième partie présente la modélisation utilisée ainsi que les données pour apprécier les effets de la vulnérabilité climatique sur les instruments de la politique monétaire. Quant à la quatrième partie, elle présente et discute les résultats dans son ensemble.

1 Vulnérabilité climatique et politique monétaire : quelques faits stylisés

Les pays en développement sont généralement décris comme étant les plus vulnérables au changement climatique, la conduite de leur politique monétaire peut ainsi être affectée à travers les effets potentiels du climat sur la productivité, l'inflation et la dette publique (GIEC, 2022). En effet, le rapport OXFAM (2022) présente les 10 pays les plus exposés aux risques climatiques, parmi lesquels 7 sont des pays de l'Afrique subsaharienne [1]. Il s'agit des pays ayant fait l'objet du plus grand nombre d'appels humanitaires de l'ONU liés à des phénomènes météorologiques extrêmes depuis 2000.

La forte vulnérabilité des pays de l'Afrique subsaharienne peut se justifier à titre illustratif par : (i) les épisodes de sécheresse en Afrique de l'Est qui ont causé près de 21 millions de personnes en situation d'insécurité alimentaire extrême en Éthiopie, au Kenya et en Somalie (Crises et al., 2021) ; (ii) les cyclones d'Afrique Australe, qui ont engendré une hausse des prix des denrées alimentaires (RVAA, 2022) ; (iii) la désertification du Sahel, qui est à l'origine de conflits et de migrations massives (Rigaud et al., 2019) et ; (iv) les déplacements liés aux catastrophes naturelles estimés à plus de 2,6 millions en 2018 et 3,4 millions en 2019, principalement en Afrique de l'Est (1 437 7000) et en Afrique de l'Ouest (798 000) (GIEC, 2022).

Les régions de l'Asie du Sud et de l'Est et Pacifiques font également face à des cyclones, typhons et inondations dues à la mousson qui ont englouti de nombreux foyers et diminué les sources de revenus des populations, creusant ainsi les inégalités et des déplacements importants (OXFAM, 2022).

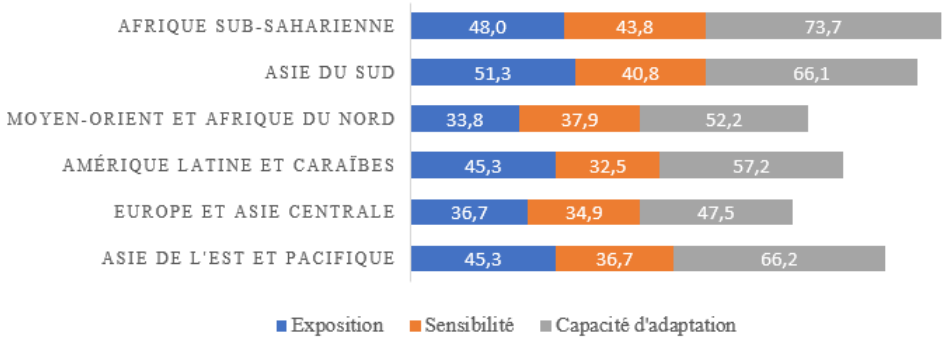
Une analyse des composantes de la vulnérabilité climatique selon l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation de l'indice GAIN (présenté en annexe) dans la figure (1) ci-dessous, révèle que la région d'Asie du Sud est la plus exposée au changement climatique, suivie de l'Afrique subsaharienne. En outre, les pays de l'Afrique subsaharienne sont les plus sensibles aux risques climatiques et les moins résilients (faible capacité d'adaptation([2])). Ce qui peut s'expliquer par les facteurs structurels qui restreignent la capacité de ces pays à réagir efficacement et durablement à ce type de choc.

La forte dépendance à l'égard de l'agriculture pluviale en particulier accentue les risques humanitaires, sociaux et macroéconomiques face à la hausse des températures et aux chocs

1. A savoir l'Afghanistan, le Burkina Faso, Djibouti, le Guatemala, Haïti, le Kenya, Madagascar, le Niger, la Somalie et le Zimbabwe.
2. Plus le score est élevé, moins le pays est résilient (ND-GAIN, 2015.

climatiques extrêmes, qui pèsent surtout sur les catégories les plus pauvres de la population et principalement en Afrique subsaharienne (Radtke & Weller., 2019). En effet, les pays de cette région sont en majeure partie employés de manière disproportionnée dans des secteurs exposés au climat : 55 à 62 % de la main-d'œuvre subsaharienne est employée dans l'agriculture et 95% des terres cultivées sont des cultures pluviales (GIEC, 2022).

Figure 1 – Composantes de l'indice de vulnérabilité dans les régions des pays en développement (1996 - 2020).



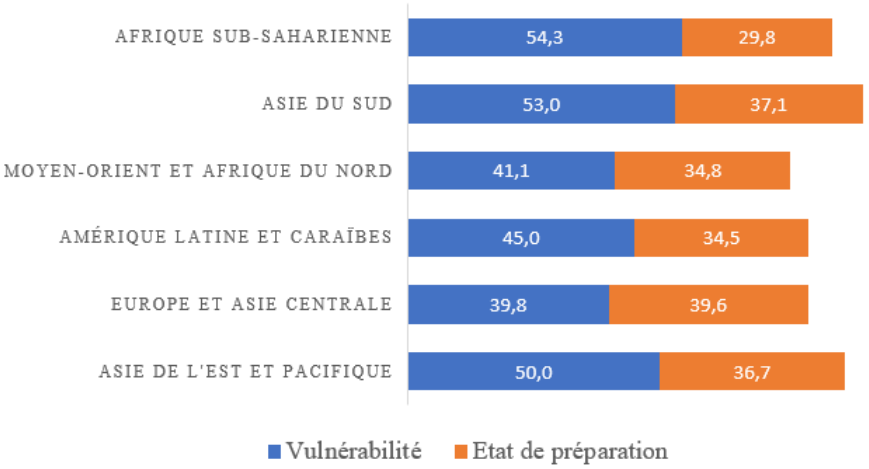
Source : Auteurs à partir des donnés de Notre Dame Global Adaptation Initiative (2022)

Une analyse plus minutieuse permet de s'appesantir sur la figure (2) ci-dessous, qui résume les indicateurs mesurant à la fois la vulnérabilité et l'état de préparation de l'indice global ND-GAIN par région. L'état de préparation désigne ici la volonté d'utiliser efficacement les investissements pour les actions d'adaptation grâce à un environnement commercial sûr et efficace. Ce volet tient compte : (i) de la préparation économique (climat d'investissement) ; (ii) préparation à la gouvernance (stabilité de la société et des dispositions institutionnelles qui contribuent aux risques d'investissement) et (iii) la préparation sociale. On observe que l'Afrique Sub-Saharienne est la région la plus vulnérable au changement climatique avec un score de 54,3, et se révèle être la moins préparée à atténuer les effets néfastes du changement climatique (29,8).

Malgré la vulnérabilité climatique des pays en développement et ses effets sur les variables macroéconomiques (baisse de la productivité, inflation, dette publique et baisse de la production agricole), la politique monétaire de la plupart de ces pays est focalisée sur la stabilité des prix et ne prend pas encore le changement climatique comme un objectif prioritaire (Breitenfellner et al., 2021) . Ceci peut se justifier par le fait que les conséquences majeures des changements climatiques sur les économies, reposent en priorité sur les Etats qui sont amenés à prendre des mesures rapides à court terme. Une autre justification peut provenir des développements de (Tinbergen, 1952) qui stipule qu'en matière de politique économique, on doit avoir autant d'instruments que d'objectifs. Il faudrait donc dans ce cas trouver un instrument adéquat qui permettrait de répondre à cet objectif. Toutefois, l'analyse de la figure (3) ci-dessous suggère de potentiels co-mouvements entre la politique monétaire à la vulnérabilité climatique des pays en développement. Elle met en évidence le fait que : moins un pays est vulnérable (plus il est préparé) au changement climatique plus sa masse monétaire augmente. L'effet sur le taux d'intérêt semble cependant inexistant.

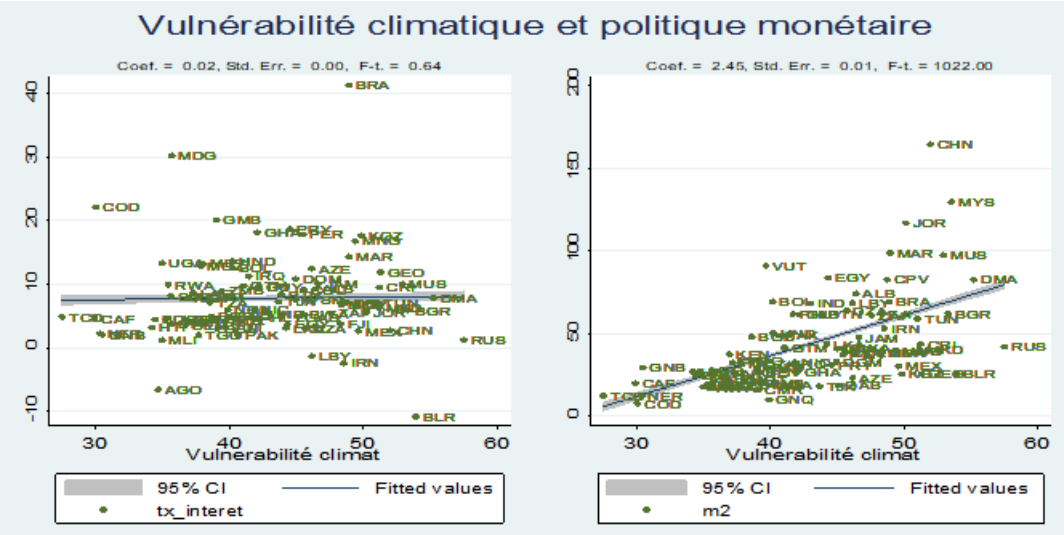
Les liens entre la politique monétaire et les changements climatiques sont suffisamment exposés dans la littérature. Le rapport de la Banque Centrale Européenne (BCE) sur les implications du changement climatique sur la politique monétaire (ECB, 2021) expose divers

Figure 2 – Répartition de l'indice de vulnérabilité climatique par région (1996 – 2020).



Source : Auteurs à partir des donnés de Notre Dame Global Adaptation Initiative (2022)

Figure 3 – Corrélation entre l'indice ND-GAIN et la politique monétaire.



canaux potentiels pour évaluer ce lien. Selon cette étude, les analyses théoriques et empiriques sur la question, prévoient que les pertes économiques liées aux changements climatiques vont s'accroitre à long terme et seront inégalement réparties entre les régions. L'accroissement de ces pertes, ainsi que l'inflation qui en découle appellent une action des décideurs de politiques économiques et notamment de la politique monétaire.

2 Brève revue de la littérature

Le changement climatique amplifie la fréquence et la gravité des chocs d'offre, les rendant plus persistants, il devient de plus en plus difficile pour les banques centrales de « passer au travers » de tels chocs (Rudebusch et al., 2019 ; Batten et al., 2016) . Outre les chocs sur l'offre, les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent également entraîner des fluctuations du côté de la demande (of England, 2020 ; NGFS, 2020) . De ce fait, les risques liés au changement

climatique peuvent affecter les mandats d'une banque centrale en matière de stabilité des prix et de stabilité financière par au moins quatre canaux à savoir : la dette publique et les inégalités de revenus, la marge de manœuvre de la politique monétaire conventionnelle, l'incertitude liée au climat et la dynamique de l'inflation.

Premièrement, la dette publique et les inégalités de revenus peuvent influencer la conduite de la politique monétaire des banques centrales. En effet, à l'issu d'un choc climatique, les Etats peuvent augmenter la dette publique en vue d'atténuer les effets du choc et procéder aux 'investissements plus importants destinés à l'atténuation et l'adaptation afin de rendre l'économie plus résiliente (ECB, 2021). Une plus grande offre d'actifs souverains dans l'économie pourrait alors baisser le taux d'intérêt et accroitre la masse monétaire (Drudi et al., 2021). D'un autre côté, la hausse des inégalités de revenus causés par les chocs climatiques (Diffenbaugh & Burke, 2019) peut faire baisser le taux d'intérêt réel en raison d'une consommation réduite et d'une augmentation de l'épargne souhaitée(Auclert et al., 2018 ; Rachel & Smith, 2015).

Deuxièmement, les changements climatiques pourraient réduire la marge de manœuvre de la politique monétaire conventionnelle en diminuant le taux d'intérêt réel d'équilibre, qui maintient un équilibre entre l'épargne et l'investissement. Dans l'ensemble, diverses études soutiennent que le changement climatique est, en définitive, susceptible d'exercer une pression à la baisse sur le taux d'intérêt par plusieurs canaux. Tout d'abord, le canal des tendances démographiques, la plupart des économies avancées connaissent une transition démographique, reflétant la baisse de l'offre de travail (Angeli et al., 2022 ; Drudi et al., 2021 ; Schnabel, 2021 ; NGFS, 2020) de faibles taux de fécondité, une espérance de vie en hausse et une composition par âge changeante (Drudi et al., 2021). Foreman et al. (2018) constatent que l'effet net de ces tendances est d'avoir réduit les taux d'intérêt réels dans la zone euro d'environ 1 point de pourcentage depuis les années 1980. Ensuite, le canal de la productivité, les risques physiques liés aux changements climatiques peuvent avoir des effets physiologiques majeurs sur la mortalité, la santé et, par conséquent, sur l'offre de main ¬d'œuvre et la productivité (Dietz & Stern, 2015 ; Deryugina & Hsiang, 2014 ; Dell et al., 2012 ; Nordhaus, 2007 ; Seppanen et al., 2006). Cette baisse de productivité réduit le produit marginal de chaque unité de capital, diminuant ainsi la demande de capital des entreprises, et donc le taux d'intérêt (Dietrich et al., 2021 ; Schnabel, 2021 ; Riksbank, 2020 ; Kozlowski et al., 2019).

Troisièmement, l'aversion au risque est un canal par lequel le changement climatique affecte le taux d'intérêt réel. Des recherches empiriques montrent que les investisseurs traduisent l'incertitude liée au climat en une prime de risque plus élevée (Carlson et al., 2021). Une prime de risque plus élevée augmente la propension à épargner et la demande d'actifs peu risqués, deux facteurs qui peuvent réduire le taux d'intérêt réel (Carlson et al., 2021 ; Cevik & Jalles, 2020 ; Battiston et al., 2020 ; Bylund & Jonsson, 2020). L'effet macroéconomique qui en résulte est une diminution de la volonté d'investir et une plus grande propension à épargner, deux facteurs qui font baisser le taux d'intérêt naturel.

Quatrièmement, les risques physiques associés au changement climatique ont généralement un impact direct sur la dynamique de l'inflation, objectif prioritaire des banques centrales (Peersman, 2022 ; Odongo et al., 2022 ; Angeli et al., 2022 ; Heinen et al., 2019 ; Bylund & Jonsson, 2020 ; Parker, 2018), qui influencera la conduite de la politique monétaire (Zeno & Mandap, 2022 ; Schnabel, 2021). En effet, Peersman (2022) montre que les chocs exogènes (dus aux conditions météorologiques) sur les prix des denrées alimentaires ont un fort impact sur les prix à la consommation dans la zone euro, ce qui suggère que la volatilité de l'inflation dans les économies avancées pourrait augmenter avec la fréquence des événements météorologiques

extrêmes mondiaux. De même, Odongo et al. (2022) montrent les implications de la dynamique du changement climatique sur les prix alimentaires dans les pays d'Afrique orientale et australe sur la période 2001 à 2010. Les résultats suggèrent que les chocs d'approvisionnement mesurés à l'aide des quantités de pluie et de l'inflation des prix des aliments importés sont les principaux déterminants de l'inflation alimentaire. Ainsi, les ménages confrontés à une plus grande volatilité de leurs propres revenus ou coûts, en raison de risques climatiques, choisiront d'accumuler davantage de richesse en guise de précaution contre cette volatilité (Auclert et al., 2018).

3 Méthodes et données

3.1 Données

L'objectif de cette étude est d'analyser les effets de la vulnérabilité climatique sur les instruments de politique monétaire de 82 pays en développement sur la période 1996 à 2020. Seule la disponibilité des données justifie l'échantillon et la période de l'étude. Les données des variables de contrôle et les instruments de politique monétaire sont obtenus à partir de la base de données de la Banque Mondiale (WDI), et pour la vulnérabilité climatique, elles sont extraites de Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN) (2022). La liste des variables dépendantes et indépendantes, ainsi que leurs statistiques descriptives, sont présentées dans le tableau (3.1) ci-dessous.

Il ressort sur l'ensemble des 2050 observations, que les pays pris dans l'échantillon ont un indice moyen de ND-GAIN de 42,464 qui est en deçà de la moyenne, reflétant une exposition et sensibilité élevées aux risques liés au changement climatique et également leur faible capacité à intégrer les mesures d'adaptation et d'atténuation. Toutefois, au regard de la valeur de l'écart type qui est de 6, 90 et des valeurs du Min-Max (25,4 et 63,2), il ressort une hétérogénéité des pays dans la résilience et l'exposition aux chocs climatiques. De plus, la masse monétaire moyenne est de 42,07% du PIB, avec une forte variabilité de 29,08 et le taux d'intérêt réel moyen est de 7,85%, avec une forte variabilité également de 11,3. Cette hétérogénéité observée au niveau des instruments de politique monétaire et de l'exposition aux risques liés au climat justifie la prise en compte de la disparité de l'échantillon globale dans les analyses de robustesse. La matrice de corrélation est présentée dans le tableau (10) (en annexe).

TABLE 1 – Statistiques descriptives

Nom de la variable	Unité	Variable	Définition	Obs	Moy.	Ecart-type.	Min	Max
Base monétaire	% PIB	MM	La monnaie au sens large	2050	42,074	29,08	2,857	211,892
Taux d'intérêt	%	Tx I	Le taux d'intérêt réel est le taux d'intérêt débiteur corrigé de l'inflation mesurée par le déflateur du PIB	2050	7,849	11,3	-93,513	139,964
Indice ND-GAIN	Indice (0 -100)	GAIN	l'indice ND-GAIN mesure la vulnérabilité d'un pays en fonction de sa capacité à faire face au changement climatique. L'indice décompose la mesure de vulnérabilité en exposition, sensibilité, et capacité d'adaptation, et la mesure du degré de préparation en composantes économiques, de gouvernance et sociale. Plus il est élevé, moins le pays est vulnérable.	2050	42,464	6,828	25,414	63,249
Vulnérabilité climatique	Indice (0 -100)	VUL	L'indice mesure la propension ou prédisposition des pays à être affectés par les risques climatiques.	2050	48,80	7,85	38,82	70,69
Exposition	Indice (0 -100)	EXP	L'indice saisit les facteurs physiques externes au système qui contribuent à la vulnérabilité.	2050	44,56	7,27	26,71	63,27
Sensibilité	Indice (0 -100)	SEN	L'indice mesure le degré auquel les ménages et les entreprises sont affectés par les perturbations liées au climat.	2050	38,97	9,23	18,80	65,37
Capacité d'adaptation	Indice (0 -100)	CAP	L'indice mesure la capacité à s'ajuster pour réduire les dommages potentiels et à répondre aux conséquences négatives des évènements climatiques.	2050	63,68	12;95	36,38	93,15
Degré de préparation	Indice (0 -100)	PREP	L'indice mesure la volonté d'utiliser efficacement les investissements pour les actions d'adaptation grâce à un environnement commerciale sûr et efficace.	2050	33,74	7,76	11,63	61,13
Production agricole	% PIB	PROD	La valeur ajoutée de la production de l'agriculture, la sylviculture et la pêche correspondent aux divisions 1 à 3 de la CITI.	2050	17,503	11,805	0,893	61,416
Total des ressources naturelles	% PIB	NAT	La rente totale des ressources naturelles est la somme des rentes pétrolières, des rentes du gaz naturel, des rentes du charbon (dur et mou), des rentes minérales et des rentes forestières.	2050	9,397	11,962	0,001	67,89
Inflation	%	INF	L'inflation mesurée par le taux de croissance de l'indice des prix à la consommation	2050	11,161	97,432	-18,109	4145,106
Exportation des biens et services	% PIB	EXP	Les exportations de biens et services représentent la valeur de tous les biens et autres services marchands fournis au reste du monde.	2050	33,117	17,869	0,009	102,621
Taux de croissance du PIB	%	PIB	Taux de croissance annuel en pourcentage du PIB aux prix du marché sur la base de la monnaie locale constante.	2050	4,103	6,698	-50,339	149,973
Total service de la dette	%	RNB	Le service total de la dette est la somme des remboursements du principal et des intérêts de la dette	2050	4,32	4,92	0,03	92,87

3.2 Méthodes

Pour évaluer le lien entre changements climatiques et politique monétaire, nous utilisons un modèle panel ARDL pour trois principales raisons. Tout d'abord, ce modèle permet de prendre en compte les effets de long terme et de court terme des chocs climatiques sur la politique monétaire. Deuxièmement, il permet de tenir compte des différents ordres d'intégration des variables du modèle. Et enfin, le modèle permet de résoudre les problèmes d'endogénéité dus à la causalité inverse entre les instruments de politique monétaire et l'ensemble des variables explicatives.

Sur la base de l'ensemble de données de panel avec des périodes de temps t = 1, 2, 3, T et des groupes de pays i = 1, 2,3, ..., N, les modèles de panel ARDL (P, Q,..., Q1) seront estimés dans l'équation (1) ci-dessous :

$$\begin{aligned} TXI_{it} &= \sum_{j=1}^{P} \gamma_{ij} TXI_{it} + \sum_{j=1}^{Q} \delta'_{ij} X_{it-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \\ MM_{it} &= \sum_{j=1}^{P} \gamma_{ij} MM_{it} + \sum_{j=1}^{Q} \delta'_{ij} X_{it-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{1}$$

Où X_{it-j} est le vecteur des variables de contrôle en plus de la variable d'intérêt vulnérabilité climatique ; μ_i indique l'effet fixe, γ_{it-j} désigne les coefficients de l'instrument de politique monétaire décalé et enfin, δ_{it} indique les coefficients du vecteur des variables indépendantes.

En cas de cointégration entre les variables indépendantes et la variable dépendante, le terme de correction d'erreur est estimé pour tous les groupes de pays. Les principales caractéristiques des cointégrations entre la variable dépendante et les variables indépendantes sont les réactions à l'écart dû à l'équilibre de long terme. Cette caractéristique de l'instrument de politique monétaire et des variables indépendantes indique que le modèle de correction d'erreur qui spécifie la dynamique à court terme est impacté par l'écart à l'équilibre. Sur la base de l'équation (1) mentionnée ci-dessus, l'équation de correction d'erreur suivante (2) est spécifiée :

$$\begin{aligned} \Delta TXI_{it} &= \phi_i(TXI_{it-j} - \theta'_i X_{it-j}) + \sum_{j=1}^{P-1} \gamma^*_{ij} \Delta TXI_{it} + \sum_{j=1}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta X_{it-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \\ \Delta MM_{it} &= \phi_i(MM_{it-j} - \theta'_i X_{it-j}) + \sum_{j=1}^{P-1} \gamma_{ij} * \Delta MM_{it} + \sum_{j=1}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta X_{it-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{2}$$

Où $\phi_i = -(1 - \sum_{j=1}^{P} \gamma_{ij})$, $\theta'_i = \sum_{j=1}^{P} \frac{\rho_{ij}}{1-\sum_k \gamma_{ij}}$, $\gamma_{ij}* = -\sum_{m=j+1}^{Q} \gamma_{im} j = 1, 2, 3, ..., P-1$ et $\delta_{ij}* = -\sum_{m=j+1}^{Q} \rho_{im} j = 1, 2, 3, ..., Q-1$

ϕi dans l'équation ci-dessus indique la vitesse d'ajustement à son équilibre qui est connue comme la vitesse de correction des erreurs. Il n'existe aucune relation à long terme entre les variables indépendantes et la variable dépendante. Si la vitesse d'ajustement de la correction d'erreur examinée est égale à zéro (c'est-à-dire $\phi_i = 0$). Le terme de correction d'erreur devrait être significatif et négative fondée sur l'hypothèse selon laquelle les variables utilisées dans l'équation indiquent un retour à un équilibre de long terme, où le terme $theta'_i$ dans l'équation ci-dessus indique l'équilibre de long terme entre les variables indépendantes et la variable dépendante. L'équation (3)suivante est basée sur l'équation (2) pour toutes les variables utilisées :

$$
\begin{aligned}
\Delta TXI_{it} &= \beta_0 + \phi_{1i}[TXI_{it-1} - \theta'_{2i}(VUL_{it} + PROD_{it} + VUL_{it} + NAT_{it} + INF_{it} \\
&\quad + EXP_{it} + PIB_{it} + DET_{it})] + \sum_{j=0}^{P-1} \gamma^*_{ij} \Delta TXI_{it-1} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta VUL_{it-j} \\
&\quad + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta PROD_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta NAT_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta INF_{it-j} \\
&\quad + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta EXP_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta PIB_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta DET_{it-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \\
\Delta MM_{it} &= \beta_0 + \phi_{1i} MM_{it-1} - \theta'_{2i}(VUL_{it} + PROD_{it} + VUL_{it} + NAT_{it} + INF_{it} \\
&\quad + EXP_{it} + PIB_{it} + DET_{it})] + \sum_{j=0}^{P-1} \gamma^*_{ij} \Delta MM_{it-1} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta VUL_{it-j} \\
&\quad + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta PROD_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta NAT_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta INF_{it-j} \\
&\quad + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta EXP_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta PIB_{it-j} + \sum_{j=0}^{Q-1} \delta'^*_{ij} \Delta DET_{it-j} + \mu_i + \varepsilon_{it}
\end{aligned}
\tag{3}
$$

Pour appliquer l'approche ARDL de panel, toutes les variables doivent être stationnaires sur le mélange de I(0) et I(1), et la présence de cointégration entre les variables. Par conséquent, nous testerons la stationnarité des variables exogènes et endogènes puis vérifierons la présence de la cointégration et enfin, nous appliquerons la régression ARDL en panel pour tester la relation entre la vulnérabilité climatique et les instruments de politiques monétaires.

Par ailleurs, Hausman (1978) a proposé le test pour discriminer entre l'estimateur Pooled Mean Group (PMG) et l'estimateur de Groupe Moyen (MG). L'estimateur MG des données de panel a été développé par Pesaran et Smith (1995) dans lequel toutes les interceptions utilisées, les intervalles de confiance des variables et enfin la variation d'erreur sont différentes entre les groupes de pays. Dans une autre étude, Pesaran et al. (1999) ont développé l'estimateur de groupe moyen regroupé pour les données de panel qui associe respectivement la moyenne et les caractéristiques du groupe. La méthode PMG permet les interceptions, les coefficients du court terme des variables, et enfin les variations d'erreur sont dissemblables entre les groupes de pays alors qu'à long terme, les coefficients des régresseurs sont similaires dans différents groupes de pays.

4 Résultats et discussions

Pour vérifier la stationnarité, nous avons adopté une variété de tests, y compris les tests de Levin-Lin-Chu, Im-Pesaran-Shin et Fisher-ADF. Le tableau (11) (en annexe) présente les résultats des tests pour les variables en niveau et en différences premières. Après les tests de racine unitaire, les résultats ont confirmé que certaines variables étaient I (0) et d'autres I (1). L'une des exigences de base du modèle de décalage dynamique autorégressif de panel. Dans le même sens, le tableau (12) (en annexe) examine la dépendance transversale entre les variables de l'étude. Les résultats du test CD démontrent que toutes les variables sont stationnaires conformes au rejet de H0 du test CD. Par conséquent, les variables appliquées ont une dépendance transversale dans tous les pays.

Dans l'étape suivante, pour vérifier si la cointégration est présente ou non dans les modèles spécifiés, un test de cointégration en panel a été appliqué. L'hypothèse alternative du test confirme la « cointégration » dans les modèles, tandis que l'hypothèse nulle confirme « l'absence de cointégration » dans les modèles. Le tableau (13) (en annexe) montre les résultats des tests de cointégration de Pedroni et de Kao, respectivement. Les résultats du test de cointégration de Kao démontrent qu'il existe une cointégration entre les variables dans les panels de différents pays. Les résultats indiquent que les deux valeurs de test de la cointégration de Kao et de Pe-

droni sont significatives et suggèrent que la cointégration existe parmi les variables sélectionnées.

4.1 Résultat de base

Le tableau(2) ci-dessous montre les conclusions du panel PMG-ARDL pour examiner la relation entre la vulnérabilité climatique et les instruments de politique monétaire. Le test de Hausman a été utilisé pour choisir entre l'estimation PMG et MG estimation. Sur la base des statistiques de Chi2 du test de Hausman, le PMG est approprié par rapport au MG pour estimer les modèles. Les résultats de base se focalisent sur l'indice global de vulnérabilité climatiques ND-GAIN qui tient compte du degré de préparation des pays, les sous-composantes de l'indice seront prises en compte dans l'analyse de la robustesse.

Les résultats du modèle du taux d'intérêt réel montrent que, à long terme et à court terme, il y'a un effet négatif mais non significatif de la vulnérabilité climatique dans les pays en développement. Les résultats non significatifs de la relation entre la vulnérabilité climatique et le taux d'intérêt réel, peuvent se justifier par la faiblesse du canal du taux d'intérêt comme mécanisme de transmission de la politique monétaire dans les pays en développement, en raison de la faiblesse du cadre institutionnel, des marchés financiers embryonnaires, de la surliquidité bancaire et de la prépondérance du secteur bancaire, (Mishra et al., 2016 ; Mishra & Montiel, 2013 ; Buigut, 2009 ; Saxegaard, 2006). De plus, l'effet nul de la vulnérabilité climatique sur le taux d'intérêt peut traduire le fait que ces chocs climatiques sont généralement de nature transitoire, nécessitant juste la réaction des Etats de façon indépendante sans que la banque n'ait à agir sur ses instruments pour réduire les dommages causés. Toutefois, l'effet négatif de long terme de la vulnérabilité climatique sur le taux d'intérêt réel confirme les analyses des travaux de Dietrich et al. (2021) , Schnabel (2021) , Riksbank (2020) et Kozlowski et al. (2019) qui démontrent la baisse du taux d'intérêt à la suite des chocs climatiques à travers les canaux de la productivité des facteurs, la mortalité, l'offre de la main d'œuvre, l'aversion au risque et la dette publique.

Pour ce qui est de la masse monétaire, les résultats du panel à long terme révèlent qu'une augmentation de 1% de la vulnérabilité climatique entraine une baisse de la masse monétaire de 1,359% au seuil de 1%, à court terme par contre l'effet de la vulnérabilité climatique est positif et non significatif. A long terme, le phénomène étant persistant, les banques centrales ayant pour objectif primaire la stabilité des prix vont opter pour la hausse du taux directeur, qui aura pour conséquence la baisse de la masse monétaire. En revanche, l'effet positif bien que non significatif à court terme s'explique par le fait que les pays en développement étant vulnérables au changement climatique au regard de l'incapacité de s'adapter compte tenu des difficultés budgétaires, les ménages face à l'incertitude liée au climat vont épargner pour des mesures de précaution au lieu d'investir par conséquent la base monétaire augmentera (Bylund & Jonsson, 2020).

4.2 Tests de robustesse

Pour apprécier la robustesse des résultats des effets de la vulnérabilité climatique sur les instruments de la politique monétaire, nous allons mener une série de quatre tests en séparant l'échantillon selon : (i) le régime de change et l'appartenance ou non à une union monétaire ; (ii) la région géographique et (iii) le niveau de revenu ; et (iv) en décomposant l'indice ND-GAIN en ses sous-composantes. Ces tests se feront sur la spécification de base en tenant compte successivement du taux d'intérêt et de la masse monétaire.

Table 2 – Panel ARDL et PMG estimation

Variables	Taux d'intérêt				Masse monétaire			
	Coef	Ecart-type	Z	P-value	Coef	Ecart-type	Z	P-value
	Estimation de long terme							
GAIN	**0,020**	**0,048**	**0,430**	**0,669**	**1,359**	**0,347**	**3,920**	**0,000**
PROD	0,313	0,038	8,330	0,000	0,278	0,204	1,360	0,172
NAT	-0,124	0,042	-2,990	0,003	-0,059	0,154	-0,380	0,700
INF	-0,157	0,024	-6,620	0,000	-2,195	0,250	-8,770	0,000
EXP	-0,092	0,019	-4,760	0,000	1,523	0,152	10,030	0,000
GDP	0,029	0,028	1,030	0,301	-0,941	0,216	-4,360	0,000
DET	0,165	0,043	3,860	0,000	0,133	0,222	0,600	0,548
	Estimation de court terme							
ECT	-0,552	0,040	-13,790	0,000	-0,073	0,011	-6,450	0,000
GAIN	**-0,137**	**0,223**	**-0,620**	**0,538**	**-0,195**	**0,160**	**-1,220**	**0,223**
PROD	0,181	0,222	0,810	0,416	0,988	0,271	3,640	0,000
NAT	-0,090	2,071	-0,040	0,965	2,303	4,296	0,540	0,592
INF	-0,257	0,035	-7,290	0,000	0,015	0,044	0,350	0,730
EXP	0,127	0,079	1,610	0,107	-0,043	0,064	-0,680	0,494
PIB	-0,028	0,043	-0,650	0,516	-0,242	0,047	-5,100	0,000
DET	0,183	0,139	1,320	0,187	0,379	0,200	1,900	0,058
Constante	2,430	0,465	5,220	0,000	-2,154	0,789	-2,730	0,006
Hausman	chi2	0,51	p-value	0,999	chi2	2,14	p-value	0,951

Note : le signe positif du coefficient de l'instrument de politique monétaire traduit un effet l'indice ND-GAIN

4.2.1 Robustesse selon le régime de change

La répartition de l'échantillon selon le régime de change met en évidence des effets contraires de la vulnérabilité climatique sur les instruments de politique monétaire. Tout d'abord, tous les pays en régime de change fixe de l'échantillon appartiennent à la zone franc, il s'agit des pays de la zone CEMAC([3]) , quelques pays de l'UEMOA ([4]) qui sont des unions économiques et monétaires. En effet, les résultats du tableau (3) ci-dessous suggèrent qu'à court terme et à long terme, la vulnérabilité climatique diminue le taux d'intérêt réel des pays ayant un régime de change fixe, alors que l'effet est positif pour les pays à régime de change flexible. Cependant, ce n'est que l'effet de long terme qui est significatif au seuil de 1% pour les deux types de régime de change. En effet, à long terme, une augmentation de 1% de la vulnérabilité climatique diminue le taux d'intérêt de 1,90% des pays ayant un régime de change fixe et augmente de 0,10% le taux d'intérêt réel des pays en régime de change flexible.

Les pays étant fréquemment sujet aux risques physiques liés au climat, notamment les changements de température et de précipitations et les catastrophes naturelles (inondations et sècheresses à titre d'illustration), cela aura pour conséquence de réduire la production agricole, qui toutes choses restant égales par ailleurs crée l'inflation par conséquent diminue le taux d'intérêt réel. Toutefois, pour les pays de la zone franc qui ont déjà un niveau d'inflation bas, les hausses sporadiques de l'inflation dues aux changements climatiques n'appellent pas

3. Communauté Économique de l'Afrique Centrale : Cameroun, République du Congo, République Centrafricaine, Tchad, Gabon et Guinée équatoriale

4. Union Economique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest : Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal et Togo. Ajouté à RDC, la Bulgarie et à la Jordanie.

TABLE 3 – Robustesse par le régime de change

Variable	Taux d'intérêt		Masse monétaire	
	Change fixe	**Change flexible**	**Change fixe**	**Change flexible**
		Estimation de long terme		
GAIN	**1,909(0,274)*** **	**-0,102(0,046)*** **	**4,509 (0,370)**	**0,847(0,222)*** **
PROD	0,241(0,72)***	0,287(0,043)***	-1,006(0,232)***	-1,105(0,130)***
NAT	0,123(0,094)*	-0,161(0,045)***	-0,930(0,390)**	-0,199(0,152)
INF	0,340(0,106)**	-0,150(0,029)***	0,817(0,410)**	-1,355(0,126)***
EXP	0,065(0,060)	-0,063(0,019)	1,903(0,383)***	0,938(0,098)***
PIB	-0,299(0,103)***	0,062(0,053)	-0,930(0,305)***	-1,247(0,203)***
DET	-0,167(0,103)***	0,042(0,051)	-0,930(0,305)***	-1,247(0,203)***
		Estimation de court terme		
ECT	-0,207(0,085)**	-0,603(0,000)***	-0,009(0,036)	-0,105(0,000)***
GAIN	**0,261(0,442)**	**-0,197(0,264)**	**-0,372(0,372)**	**-0,098(0,186)** **
PROD	-0,091(0,143)	0,300(0,278)	0,150(0,464)	1,22(0,311)***
NAT	-0,002(0,190)	0,311(2,767)	0,080(0,194)	2,625(5,322)
INF	-0,239(0,077)***	-0,286(0,038)***	-0,063(0,037)*	0,008(0,054)
EXP	0,131(0,098)	0,115(0,093)	0,035(0,076)	-0,052(0,072)
PIB	-0,014(0,089)	-0,051(0,053)	-0,128(0,075)	-0,256(0,053)***
DET	0,147(0,165)	0,258 (0,169)	0,078(0,075)	0,399(0,236)***
Constante	-13,739(6,212)**	6,374(0,624)***	0,524(1,686)	2,967(0,620)***
Observations	384	1584	384	1584
Nombre de pays	16	66	16	66

Note : ***, ** et * désignent respectivement la significativité à 1%, 5% et 10%. Les écarts types sont ().le signe positif du coefficient de l'instrument de politique monétaire traduit un effet l'indice ND-GAIN

forcement à une intervention particulière des banques centrales. Cette baisse du taux d'intérêt peut trouver une explication par le canal de la hausse de la dette publique pour financer les investissements liés à l'atténuation et l'adaptation des risques climatiques. En effet, une plus grande offre d'actifs souverains dans l'économie peut baisser le taux d'intérêt des titres.

En revanche, pour les pays à régime de change flexible, plus ils sont vulnérables à court terme, plus élevé est le taux d'intérêt réel. Les pays à régime flexible ayant des niveaux d'inflation plus élevés à la base, une augmentation supplémentaire de l'inflation peut les amener à réagir différemment par rapport à ceux qui sont en régime fixe ou l'inflation est déjà faible.

De plus, lorsque l'on distingue les deux unions monétaires CEMAC et UEMOA dans le tableau 14 (en annexe), l'on s'aperçoit que les instruments de la politique monétaire de la zone CEMAC sont plus affectés par les risques liés au climat que ceux de l'UEMOA. En effet, la vulnérabilité climatique influence à la fois les deux instruments de politique monétaire de manière significative au seuil de 1%, avec une baisse du taux d'intérêt réel de 0,59% et une hausse de la masse monétaire de 0,78%. Au sein de l'UEMOA, l'effet n'est perceptible à long terme que sur le taux d'intérêt réel avec une baisse de 0,87%. Cet effet important au niveau de la zone CEMAC peut s'expliquer par la recrudescence des phénomènes climatiques au Tchad en RCA et dans le nord du Cameroun. A titre illustratif, au Tchad on relève les épisodes de sècheresses en 2009 et en juin 2012, les inondations de 2010, de juillet à septembre 2012 et au cours des récentes années jusqu'en novembre 2022 avec une conséquence importante sur la production agricole du pays et même l'élevage. Egalement, les inondations dévastatrices en République Centrafricaine

de 2010 à 2012 et au nord du Cameroun en 2021 et 2022 ont entrainé une mobilisation plus importante des pays.

Au regard de leur faible capacité d'adaptation et d'investissement, les pays des unions monétaires considérés font recours principalement aux financements extérieurs à savoir l'aide au climat et l'emprunt auprès des institutions internationales et privées. Par conséquent leur endettement augmente, ce qui augmente également la masse monétaire (plus de crédits) si l'emprunt est local, la présence régulière des Etats sur le marché de titres amène plus de confiance et peut entrainer une baisse des taux d'emprunt.

De plus, une forte exposition des pays de ces régions aux risques physiques liés au climat crée des mouvements migratoires qui réduisent l'offre de main d'œuvre et donc la productivité. En Afrique de l'Ouest par exemple, environ 328000 personnes ont été déplacés de leur pays dans les contextes de catastrophes naturelles (McAdam, 2020). De même, la récurrence des évènements météorologiques extrêmes dans ces régions génèrent l'insécurité alimentaire qui augmente le taux de mortalité, diminue l'espérance de vie et par conséquent réduit la productivité. Les pays du Sahel sont les plus touchés par l'insécurité alimentaire du à la sécheresse (OXFAM, 2022). Cette baisse de productivité réduit le produit marginal de chaque unité de capital, diminuant ainsi la demande de capital des entreprises, et donc le taux d'intérêt réel (ECB, 2021 ; Dietrich et al., 2021 ; Schnabel, 2021 ; Riksbank, 2020).

4.2.2 Robustesse selon la région géographique

Le tableau (4) ci-dessous montre une divergence des effets de la vulnérabilité climatiques sur la politique monétaire à court et à long terme selon les régions géographiques. Ce résultat s'explique par la différence d'exposition aux chocs liés au climat, des capacités budgétaires des régions pour s'adapter et atténuer les effets nuisibles du changement climatique, également, du niveau du marché financier, de la prise en compte des projets durables comme critère de financement des banques centrales des pays. En effet, à long terme, la vulnérabilité climatique réduit le taux d'intérêt réel au seuil de 1% des pays de la région d'Afrique Subsaharienne, d'Asie du Sud-Est et du Moyen Orient et Afrique du Nord. Dans les autres régions, l'effet est nul, cela peut s'expliquer par le bon degré de préparation de ces régions ce qui atténue les effets du changement climatique sur la conduite de leur politique monétaire. Pour ce qui est de la masse monétaire, elle baisse suite aux chocs climatiques dans toutes régions, excepté le Moyen Orient et Afrique du Nord.

4.2.3 Robustesse selon le niveau de revenu

Lorsqu'on tient compte du niveau de revenu des pays de l'échantillon, le tableau (5) ci-dessous montre que, à long terme, plus les pays à revenu faible et ceux de la tranche moyenne inférieur sont vulnérables au changement climatique plus leur taux d'intérêt diminue et la masse monétaire également. Par conséquent, les pays les plus démunis sont ceux dont la vulnérabilité climatique a un effet significatif sur la conduite de la politique monétaire. Compte tenu de leur faible capacité financière, ils subissent le plus les risques physiques liés au climat car ont une faible capacité d'adaptation et au regard du mauvais climat d'investissement tant au niveau économique, institutionnel et social, ils font recours à l'emprunt pour y faire face. Le canal de la dette publique est le mécanisme principal des risques physiques liés au climat sur la conduite de la politique monétaire des pays plus démunis. Or chez les pays à revenu de la tranche moyenne supérieure, c'est l'effet contraire. A long terme, les résultats mettent en évidence une réaction non significative des instruments de politique monétaire suite aux chocs climatiques.

TABLE 4 – Robustesse selon la région géographique

Variable	Taux d'intérêt						Masse monétaire					
	AEP	EAC	ALC	MENA	SAS	ASS	AEP	EAC	ALC	MENA	SAS	ASS
	Estimation de long terme											
GAIN	**-0,040(0,102)**	**-0,178(0,181)**	**-0,013(0,137)***	**1,250(0,162)*****	**0,234(0,139)***	**0,464(0,098)*****	**0,103(0,686)**	**0,990(0,520)****	**3,021(0,240)*****	**-7,376(7,301)**	**0,550(0,260)**	**1,422(0,2097)****
PROD	0,157(0,083)	0,392(0,102)***	0,098(0,134)	0,247(0,163)	-0,070(0,59)	0,280(0,055)***	-3,025(0,327)***	-2,954(0,195)	0,254(0,227)	-1,734(5,938)**	-4,739(6,288)	-0,304(0,059)***
NAT	-0,473(0,096)***	-0,044(0,179)	0,020(0,227)	-0,344(0,091)***	-1,343(0,436)***	-0,200(0,070)***	-1,904(0,699)***	4,567(0,538)***	-0,454(0242)***	1,009(3,639)***	4,084(5,472)	-0,129(0,049)***
INF	0,022(0,097)	0,286(0,083)***	0,150(0,081)*	-0,557(0,069)***	-0,174(0,078)**	-0,201(0,035)***	0,431(0,181)***	-0,351(0,048)***	-0,306(0,088)***	-0,877(3,398)**	-4,385(3,596)	-0,036(0,021)*
EXP	0,035(0,019)*	-0,010(0,044)	-0,096(0,048)**	0,118(0,059)**	-0,084(0,040)**	0,039(0,043)	-0,864(0,118)**	0,116(0,039)***	0,345(0,036)***	0,554(2,004)***	2,686(2,440)	-0,036(0,051)
PIB	0,053(0,088)	-0,061(0,126)	-0,180(0,129)	0,060(0,088)	-0,284(0,151)*	0,025(0,039)	-0,267(0,244)	-0,741(0,169)***	-0,050(0,139)	-12,464(5,436)**	-7,350(5,971)	-0,48(0,029)
DET	-0,076(0,063)	-0,379(0,190)**	0,291(0,134)	0,104(0,092)	0,478(0,213)**	0,110(0,064)*	-0,611(0,344)*	1,045(0,321)	0,031(0,090)	1,015(0,742)	-2,272(1,358)	0,187(0,245)
	-,7Estimation de court terme											
ECT	-0,651(0,125)***	-0,365(0,119)***	-0,537(0,089)***	-0,734(0,158)***	-0,651(0,125)***	-0,539(0,071)***	-0,166(0,101)*	-0,147(0,089)**	-0,237(0,072)***	-0,066(0,015)***	-0,049(0,028)*	-0,113(0,043)***
GAIN	**-0,103(0,567)**	**0,122(0,643)**	**0,163(0,698)**	**-0,964(0,510)****	**-0,414(0,594)****	**0,588(0,317)****	**1,102(0,547)****	**-0,587(0,349)**	**-0,506(0,370)**	**0,595(0,523)**	**0283(0,333)**	**-0,566(0,165)*****
PROD	0,103(0,312)	0,348(0,497)	-0,823(0529)	1,698(1,390)	-0,081(0,775)	0,485(0,335)	0,662(0,321)**	0,455(0,576)	1,305(0,647)**	3,469(1,385)**	0,314(0,928)	0,483(0,249)***
NAT	0,009(0,449)	5,540(5,568)	7,706(6,080)	-0,505(0,250)**	-1,413(2,242)	-5,001(5,244)	-0,866(0,607)	2,081(2,626)	23,539(22,431)	0,209(0,275)	4,155(2,741)	-6,527(06,634)*
INF	-0,474(0,101)***	-0,379(0,077)***	-0,274(0,067)***	-0,184(0,173)	-0,083(0,042)**	-0,284(0,070)***	-0,271(0,188)	-0,059(0,045)	-0,006(0,182)	0,035(0,239)	-0,011(0,109)	-0,047(0,301)
EXP	0,127(0,111)	0,119(0,118)	0,195(0,324)	0,001(0,068)	-0,150(0,417)	0,160(0,100)*	-0,049(0,073)	-0,003(0,096)	-0,330(0,270)	-0,234(0,107)**	-0,327(0,425)	0,037(0,048)
PIB	-0,061(0,068)	-0,374(0,158)	0,051(0,112)	0,129(0,071)*	-0,120(0,170)	0,056(0,065)	-0,384(0,099)	-0,163(0,065)**	-0,413(0,127)***	0,030(0,207)	-0,247(0,244)	-0,093(0,053)**
DET	0,937(0,417)**	0,538(0,263)**	0,159(0,199)	-0,715(0,902)	0,075(0,286)	-0,139(0,264)	1,015(0,742)	-0,052(0,141)	0,187(0,245)	2,25(1,600)	-0155(0,358)	0,089(0,137)
Constante	5,475(1,609)***	4,757(3,301)***	10,844(1,688)***	-33,116(7,731)***	-5,476(2,557)**	-8,722(1,409)***	24,994(13,294)*	20,345(9,709)**	-22,265(7,577)***	51,083(11,958)***	-5,766(4,347)	0,698(0,464)
Observations	216	288	360	168	120	816	216	288	360	168	120	816
Nombre de pays	9	12	15	7	5	34	9	12	15	7	5	34

Note : ***, ** et * désignent respectivement la significativité à 1%, 5% et 10%. Les écarts types sont ().le signe positif du coefficient de l'instrument de politique monétaire traduit un effet l'indice ND-GAIN. EAP : Asie de l'Est Pacifique ; ECA : Europe et Asie Centrale, ALA : Amérique Latine et les Caraïbes, MENA : Moyen Orient et Afrique du Nord, SAS : Asie du Sud Est, ASS : Afrique Subsaharienne

TABLE 5 – selon le niveau de revenu

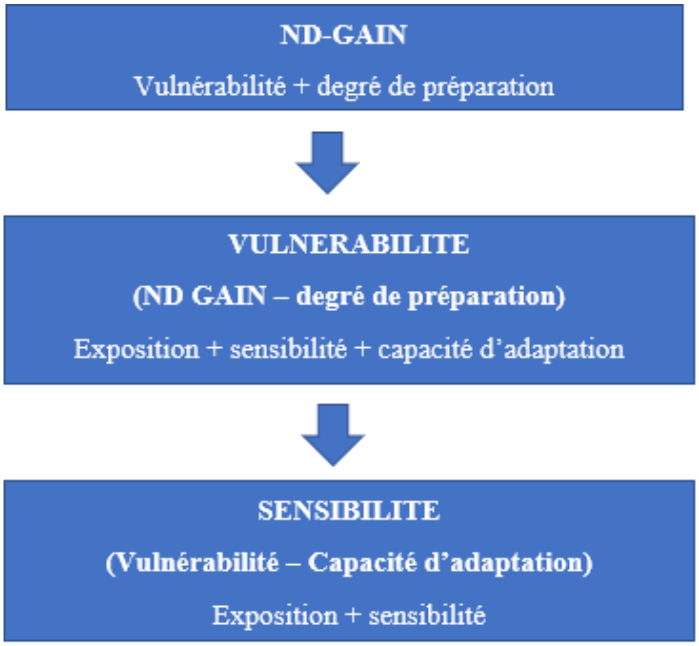
Variable	Taux d'intérêt			Masse monétaire		
	Faible	**Moyen Inférieur**	**Moyen supérieur**	**Faible**	**Moyen Inférieur**	**Moyen supérieur**
	Estimation de long terme					
GAIN	**1,204(0,166)*** **	**0,340(0,077)*** **	**-0,134(0,061)***	**3,125(1,031)*** **	**1,643(0,337)*** **	**0,797(0,627)**
PROD	0,179(0,061)	0,093(0,043)**	0,447(0,077)***	-0,206(0,232)***	-0,194(0,121)*	-2,644(0,249)***
NAT	0,242(0,106)	-0,173(0,048)***	-0,94(0,066)	0,840(0,390)**	4,165 (0,102)***	-3,339(0,893)***
INF	0,007(0,035)	-0,259(0,322)***	0,262(0,048)***	0,347(0,410)**	-0,278(0,086)***	-0,240(0,117)**
EXP	-0,002(0,60)	-0,072(0,028)**	-0,034(0,014)	0,702(0,383)***	0,054(0,049)**	0,735(0,150)***
PIB	-0,012(0,045)*	-0,119(0,057)*	0,028(0,024)*	-1,989(0,305)***	-0,340(0,215)**	-0,973(0,283)***
DET	0,038(0,111)	0,213(0,053)***	-0,166(0,49)***	-0,735(0,199)***	-0,317(0,138)**	-0,465(3,158)
	Estimation de court terme					
ECT	-0,590(0,092)***	-0,583(0,067)***	-0,492(0,067)***	-0,019(0,036)*	-0,078(0,031)**	-0,082(0,025)***
GAIN	**-0,149(0428)**	**-0,517(0,360)**	**0,023(0,401)**	**-0388(0,307)**	**0,069(0,203)**	**-0,199(0,287)**
PROD	0,221(0,191)	0,304(0,259)	0,378(0,466)	0,109(0,464)	0,368(0,152)**	1,894(0,572)***
NAT	0,220(0,315)	0,437(0,576)	-0,440(7,997)	0,715(0,194)	0,338(0,388)	4,621(12,787)
INF	-0,386(0,124)***	-0,265(0,051)***	-0,307(0,061)***	-0,072(0,037)*	-0,032(0,048)	-0971(0,095)
EXP	0,190(0171)	0,171(0,126)	0,041(0,088)	0,010(0,076)	0,092(0,064)	-0,188(0,115)
PIB	0,184(0,082)	-0,042(0,064)	-0,131(0,080)*	-0,098(0,075)	-0,226(0,059)***	-0,311(0,082)***
DET	-0,619(0,562)	0,411(0,153)***	4,120(0,221)*	-0,098(0,211)	0,253(0,199)	-0,124(0,145)*
Constante	-22,12(4,020)***	-2,345(0,697)***	6,510(0,979)***	-4,829(7,978)	9,034(3,508)***	10,777(2,660)***
Observations	360	840	768	360	840	792
Nombre de pays	15	35	32	15	35	33

Note : ***, ** et * désignent respectivement la significativité à 1%, 5% et 10%. Les écarts types sont ().le signe positif du coefficient de l'instrument de politique monétaire traduit un effet l'indice ND-GAIN.

4.2.4 Test de robustesse selon les indicateurs de l'indice ND-GAIN

L'analyse du tableau 6 ci-dessous, met en évidence deux niveaux de désagrégation de l'indice global de vulnérabilité climatique. Premièrement, l'indice de vulnérabilité climatique (VUL) qui ne prend pas en compte le degré de préparation (capacité d'investissement) inclus dans l'indice global ND-GAIN. Deuxièmement, l'indice de sensibilité qui combine à la fois la sensibilité et l'exposition par une moyenne arithmétique. Ce deuxième indice permet d'approcher l'effet des risques physiques liés au changement climatique sans prise en compte de la capacité d'adaptation qui est contenu au précédent indice. La désagrégation se présente comme indique la figure (4) suivante :

Figure 4 – Désagrégation de l'indice global de vulnérabilité climatique.



Source : Auteurs à partir de ND-GAIN (2015)

Les résultats des estimations dans le tableau (6) montrent tout d'abord que, lorsqu'on ne tient pas compte de la capacité d'investissement des pays en développement, l'effet de la vulnérabilité climatique devient significatif à long terme sur le taux d'intérêt. En effet, une augmentation de 1% de la vulnérabilité climatique réduit le taux d'intérêt de 0,49% au seuil de 1%. Toutefois, l'effet de court terme demeure nul. Par ailleurs, l'amplitude de l'effet de la vulnérabilité climatique sur la masse monétaire devient plus important, tout en restant significatif. L'effet positif passant de 1,359% pour l'indice GAIN à 26,43% pour l'indice de vulnérabilité sans degré de préparation. Ces résultats suggèrent, un potentiel effet de mitigation de l'état de préparation sur la relation vulnérabilité climatique et politique monétaire. Par conséquent, quand les Etats décident de se prémunir des risques physiques liés au climat par une bonne préparation économique, institutionnelle et sociale, l'action de la banque centrale peut ne plus être nécessaire.

D'un autre côté, lorsque la capacité d'adaptation et l'état de préparation ne sont pas pris en compte (SEN), l'effet de la vulnérabilité climatique sur le taux d'intérêt est presque similaire à celui de l'indice ND GAIN sans état de préparation (VUL). En revanche, la masse monétaire réagit plutôt positivement à la hausse des risques physiques liés au climat à long terme. Ce qui

confirme l'argument selon lequel plus un pays a des incapacités à s'adapter, plus il emprunte ce qui augmente sa masse monétaire.

TABLE 6 – Effets des indicateurs de vulnérabilité climatique sur les instruments de politique monétaire

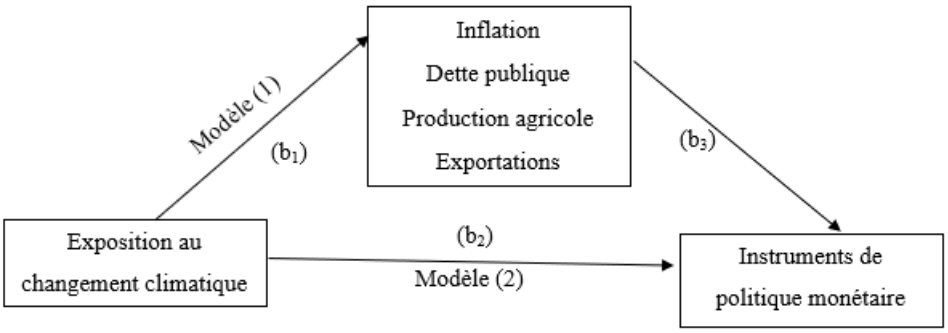
	Taux d'intérêt		**Masse monétaire**	
	Court terme	**Long terme**	**Court terme**	**Long terme**
GAIN	-0,137(0,223)	0,020 (0,048)	-0,195(0,160)	1,359(3,920)***
VUL	-0,652 (0,409)	0,485 (0,041)***	-0,282 (0,345)	26,43(6,05)***
SEN	-0,683 (0,477)	0,472 (0,150)***	0,690(0,349)	-3,035(0,352)***
Var. de contrôle	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	1968	1968	1968	1968
Nombre de pays	82	82	82	82

Note : ***, ** et * désignent respectivement la significativité à 1%, 5% et 10%. Les écarts types sont ().Le signe positif du coefficient de l'instrument de politique monétaire traduit un effet négatif l'indice ND-GAIN. Toutefois, pour les variables VUL et SEN, le signe positif traduit un effet positif.

4.3 Analyse de la médiation

L'analyse des canaux de transmission des effets de la vulnérabilité climatique sur les instruments de la politique monétaire a permis d'identifier l'inflation, la dette publique, la production et les exportations agricoles comme les principaux mécanismes de transmission. Il sera donc question d'évaluer la part des effets transmis par ces canaux dans la relation vulnérabilité climatique et politique monétaire dans les pays en développement en s'inspirant de la figure (5) ci-dessous. L'analyse considère comme mesure de la vulnérabilité climatique la composante exposition au risque climatique, afin de prendre en compte au 1er degré l'effet des évènements météorologiques et catastrophes naturelles sans prise en compte des mesures d'adaptation et d'atténuation.

FIGURE 5 – Modélisation de l'analyse de la médiation .



$$\begin{cases} \text{Modèle1: Pol. Mon.} = a_1 + b_1 \text{Exp. CC.} + c'_1 X + u_1 \\ \text{Modèle 2: Pol. Mon.} = a_2 + b_2 \text{Exp. CC.} + b_3 \text{Mediateur} + c'_1 X + u_1 \\ \text{Effet direct} = b_1 * b_3 \\ \text{Effet indirect} = b_2 \\ \text{Total effet} = (b_1 * b_3) + b_2 \end{cases}$$

Source : Adapté de MacKinnon et al. (1995)

L'estimation du rôle joué par les médiateurs implique l'estimation de deux équations de régression, comme illustré par la figure ci-dessus. Tout d'abord, le paramètre (b1) décrivant l'effet de l'exposition au changement climatique sur le médiateur (model1). Ensuite, l'effet indirect est estimé en régressant l'instrument de la politique monétaire par l'exposition au changement climatique tout en contrôlant par le médiateur (model2). Le coefficient de l'exposition au changement climatique sur l'instrument de la politique monétaire est donné par le paramètre (b2), l'effet indirect est donné par le produit b1 et b3, où b3 mesure la force de la corrélation entre l'exposition au changement climatique et la variable macroéconomique servant de canal de transmission. Le tableau 7 présente les résultats de la médiation des effets l'exposition au changement climatique sur l'instrument de la politique monétaire dans les pays en développement via les médiateurs susmentionnés. Ceci est fait sur la base de plusieurs approches statistiques popularisées par MacKinnon et al. (1995).

Les résultats du tableau (7) ci-dessous, en considérant tout d'abord le taux d'intérêt comme instrument de politique monétaire, montrent que l'effet médiateur de l'inflation et des exportations des biens et services est validé au regard de la statistique du test de Sobel qui est significative au seuil de 5%. L'inflation apparait ainsi comme le canal le plus robuste des effets du changement climatique sur le taux d'intérêt avec un poids des effets transmis de 26,4%. Ensuite, les exportations des biens et services transmettent 20,6% des risques physiques liés au climat.

Par ailleurs, en utilisant le même procédé pour la masse monétaire, les résultats valident la dette publique, la production agricole et les exportations de biens et services comme les principaux mécanismes de transmission. De ce fait, l'effet sur la production agricole de l'exposition au changement climatique influence à hauteur de 39,4% la masse monétaire. De plus, l'augmentation de la dette publique transmet 25,8% de l'exposition au climat sur la masse monétaire. En revanche, le canal des exportations a un effet médiateur moins consistant évalué à 10,7

TABLE 7 – Analyse de la médiation

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Inflation	**Dette publique**	**Production agricole**	**Exportations**
			Panel I : Taux d'intérêt	
Effet indirect (Sobel)	-0,027** (p=0.024)	-0,001 (p=0.789)	-0,002 (p=0.860)	0,050*** (p=0.000)
Effet direct	-0,057 (p=0.123)	-0,057 (p=0.123)	-0,077** (p=0.041)	-0,077 **(p=0.041)
Total effet	-0,777 (p=0.041)	-0,058 (p=0.120)	-0,022 (p=0.551)	-0,027 (p=0.466)
% du total d'effet transmis	**26,40%**	0,70%	2,40%	**20,60%**
			Panel II : Masse monétaire	
Effet indirect (Sobel)	-0,004 (p=0.329)	0,423** (p=0.030)	-0,435**(p=0.039)	0,058*** (p=0.000)
Effet direct	-0,669*** (p=0.000)	0,669*** (p=0.000)	-0,669*** (p=0.000)	-0,053 (p=0.136)
Total effet	-0,673(p=0.084)	0,567 (p=0.020)	-1,104 (p=0.084)	0,005 (p=0.872)
% du total d'effet transmis	0,60%	**25,80%**	**39,40%**	**10,70%**

Note : Le test de Sobel teste l'hypothèse nulle d'absence d'effet indirect entre l'exposition au changement climatique et l'instrument de politique monétaire considéré via le médiateur. *** et ** désigne la significativité à 1

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'analyser les effets de la vulnérabilité climatique sur les instruments de la politique monétaire des pays en développement. L'usage d'un modèle de panel ARDL avec une estimation PMG, nous a permis de mettre en exergue un certain nombre de résultats dont les principaux indiquent que le changement climatique influence la conduite de la politique monétaire. Pour l'échantillon global des pays en développement retenu, la vulnérabilité climatique n'a aucun effet sur le taux d'intérêt. En revanche, à long terme, elle diminue la masse monétaire.

Cependant, il existe une très forte variabilité des résultats selon que les pays soient en régime de change fixe et flexible ou encore en union monétaire, de différentes régions géographiques et des revenus. Lorsque l'indice global ND-GAIN est désagrégé en ses sous-composantes, on constate que le degré de préparation est un instrument d'atténuation des effets de la vulnérabilité climatique sur la conduite de la politique monétaire.

Au regard de ces résultats, étant donné que les PED qui émettent le moins de gaz à effet de serre sont les plus vulnérables au changement climatique, un appui plus important de la part des institutions internationales permettraient de mitiger les effets des changements climatiques et de ce fait, permettre à la politique monétaire de se focaliser sur ses objectifs prioritaires. Des instruments tels que, le Trust sur la Résilience et la Durabilité (RST) mis en place par le FMI peut aider donc les pays les plus vulnérables au changement climatique à renforcer leur résilience en fournissant un financement à plus long terme et abordable.

Toutefois, selon le degré d'exposition et de la persistance des chocs climatiques sur l'offre et la demande de l'économie et du bilan de la banque centrale aux chocs climatiques, les considérations de risque doivent être examinées de manière plus approfondie et peuvent également être intégrées dans le cadre opérationnel de la politique monétaire. Au-delà, des considérations de risque, les banques centrales doivent être attentives et étudier les implications potentielles pour leur stratégie de politique monétaire. De ce fait, elles peuvent prendre en considération différentes pratiques d'atténuation et d'adaptation à travers le "verdissement" de la politique monétaire qui inclus certains mécanismes comme la baisse du taux d'intérêt pour financer les critères de prêt liés au climat.

Références

Aglietta, M., Espagne, É., et al. (2016). *Climate and finance systemic risks, more than an analogy ? : the climate fragility hypothesis.* CEPII, Centre d'etudes prospectives et d'informations internationales.

Angeli, M., Archer, C., Batten, S., Cesa-Bianchi, A., D'Aguanno, L., Haberis, A., ... others (2022). Climate change : possible macroeconomic implications. *Bank of England Quarterly Bulletin*.

Auclert, A., Rognlie, M., & Straub, L. (2018). *The intertemporal keynesian cross* (Rapport technique). National Bureau of Economic Research.

Batten, S., Sowerbutts, R., & Tanaka, M. (2016). Let's talk about the weather : the impact of climate change on central banks.

Battiston, S., Guth, M., Monasterolo, I., Neudorfer, B., Pointner, W., et al. (2020). Austrian banks' exposure to climate-related transition risk. *Financial Stability Report*, *40*, 31–44.

Boneva, L., Ferrucci, G., & Mongelli, F. P. (2021). To be or not to be "green" : how can monetary policy react to climate change ? *ECB Occasional Paper*(2021285).

Boneva, L., Ferrucci, G., & Mongelli, F. P. (2022). Monetary policy and the green transifion. *SUERF Policy Brief*, *268*.

Breitenfellner, A., Pointner, W., et al. (2021). The impact of climate change on monetary policy. *Monetary Policy & the Economy*(Q3/21), 59–80.

Buigut, S. (2009). Monetary policy transmission mechanism : implications for the proposed east african community (eac) monetary union. In *Csae conference.*

Bylund, E., & Jonsson, M. (2020). How does climate change affect the long-run real interest rate. *Economic Commentaries*, *11*, 90–108.

Carlson, C. J., Albery, G. F., Merow, C., Trisos, C. H., Zipfel, C. M., Eskew, E. A., ... Bansal, S. (2021). Climate change will drive novel cross-species viral transmission. *BioRxiv*, 2020–01.

Cevik, M. S., & Jalles, J. T. (2020). *This changes everything : Climate shocks and sovereign bonds.* International Monetary Fund.

Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M., & Chawla, N. (2015). University of notre dame global adaptation index. *University of Notre Dame : Notre Dame, IN, USA*.

Crises, G. N. A. F., et al. (2021). 2021 global report on food crises : September 2021 update.

Dafermos, Y. (2022). Climate change, central banking and financial supervision : beyond the risk exposure approach. In *The future of central banking* (pp. 175–194). Edward Elgar Publishing.

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2012). Temperature shocks and economic growth : Evidence from the last half century. *American Economic Journal : Macroeconomics*, *4*(3), 66–95.

Deryugina, T., & Hsiang, S. M. (2014). *Does the environment still matter ? daily temperature and income in the united states* (Rapport technique). National Bureau of Economic Research.

Dietrich, A., Müller, G. J., & Schoenle, R. (2021). The expectations channel of climate change : implications for monetary policy.

Dietz, S., & Stern, N. (2015). Endogenous growth, convexity of damage and climate risk : how nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions. *The Economic Journal*, *125*(583), 574–620.

Diffenbaugh, N. S., & Burke, M. (2019). Global warming has increased global economic inequality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(20), 9808–9813.

Drudi, F., Moench, E., Holthausen, C., Weber, P.-F., Ferrucci, G., Setzer, R., ... others (2021). Climate change and monetary policy in the euro area.

ECB. (2021). Climate change and monetary policy in the euro area. *Occasional Paper Series, ECB strategy review*(271).

Foreman, K. J., Marquez, N., Dolgert, A., Fukutaki, K., Fullman, N., McGaughey, M., ... others (2018). Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death : reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. *The Lancet*, *392*(10159), 2052–2090.

GIEC. (2022). 6e rapport du giec : Accélérer l'action climatique, c'est possible.

Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica : Journal of the econometric society*, 1251–1271.

Heinen, A., Khadan, J., & Strobl, E. (2019). The price impact of extreme weather in developing countries. *The Economic Journal*, *129*(619), 1327–1342.

Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N., Pesaran, M. H., Raissi, M., & Yang, J.-C. (2019). *Long-term macroeconomic effects of climate change : A cross-country analysis* (Rapport technique). National Bureau of Economic Research.

Kozlowski, J., Veldkamp, L., & Venkateswaran, V. (2019). The tail that keeps the riskless rate low. *NBER Macroeconomics Annual*, *33*(1), 253–283.

Krogstrup, S., & Oman, W. (2019). Macroeconomic and financial policies for climate change mitigation : A review of the literature.

Luc, F., Carlos, C. M. J., Simon, G., Dolores, I. R., Antonio, S. R., Alessandro, D., ... others (2020). Climate change impacts and adaptation in europe.

MacKinnon, D. P., Warsi, G., & Dwyer, J. H. (1995). A simulation study of mediated effect measures. *Multivariate behavioral research*, *30*(1), 41–62.

McAdam, J. (2020). Displacing evacuations : A blind spot in disaster displacement research. *Refugee Survey Quarterly*, *39*(4), 583–590.

Mishra, P., & Montiel, P. (2013). How effective is monetary transmission in low-income countries ? a survey of the empirical evidence. *Economic Systems*, *37*(2), 187–216.

Mishra, P., Montiel, P., & Sengupta, R. (2016). Monetary transmission in developing countries : Evidence from india. In *Monetary policy in india* (pp. 59–110). Springer.

NGFS. (2020). Climate change and monetary policy : Initial takeaways. *Technical document*.

Nordhaus, W. D. (2007). *The challenge of global warming : economic models and environmental policy* (Vol. 4). Yale University New Haven.

Odongo, M. T., Misati, R. N., Kamau, A. W., & Kisingu, K. N. (2022). Climate change and inflation in eastern and southern africa. *Sustainability*, *14*(22), 14764.

of England, B. (2020). Climate change : possible macroeconomic implications.

OXFAM. (2022). Comment la crise climatique aggrave la faim dans un monde qui en souffre déjà.

Parker, M. (2018). The impact of disasters on inflation. *Economics of Disasters and Climate Change*, *2*(1), 21–48.

Peersman, G. (2022). International food commodity prices and missing (dis) inflation in the euro area. *Review of Economics and Statistics*, *104*(1), 85–100.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American statistical Association*, *94*(446), 621–634.

Pesaran, M. H., & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, *68*(1), 79–113.

Piontek, F., Kalkuhl, M., Kriegler, E., Schultes, A., Leimbach, M., Edenhofer, O., & Bauer, N. (2019). Economic growth effects of alternative climate change impact channels in economic modeling. *Environmental and Resource Economics*, *73*(4), 1357–1385.

Rachel, L., & Smith, T. (2015). Secular drivers of the global real interest rate.

Radtke, K., & Weller., D. (2019). "the world risk index 2019." in world risk report 2019, focus : Water supply. berlin, germany : Bündnis entwicklung hilft and ruhr university bochum. *institute for international law of peace and armed conflict.*.

Riksbank, S. (2020). *Sustainability strategy for the riksbank.* Sveriges Riksbank, Stockholm.

Rudebusch, G. D., et al. (2019). Climate change and the federal reserve. *FRBSF Economic Letter*, *9*(March 2019).

RVAA. (2022). Regional vulnerability assessment analysis programm.

Saxegaard, M. (2006). Excess liquidity and effectiveness of monetary policy : evidence from sub-saharan africa.

Schnabel, I. (2021). Climate change and monetary policy. *IMF, Fall*.

Scott, M., Van Huizen, J., & Jung, C. (2017). The bank's response to climate change. *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q2.

Seppanen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. (2006). Effect of temperature on task performance in office environment.

Shobande, O. A. (2022). Is climate change a monetary phenomenon ? evidence from time series analysis. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *29*(2), 99–111.

Tinbergen, J. (1952). *On the theory of economic policy.*

UNDP. (2009). Linking climate change policies to human development analysis and advocacy, a guidance note for human development report team. *Human Development Report Office : Washington, DC, USA*.

WMO. (2021). State of the global climate 2020. *WMO-N0. 1264, Geneva, Switzerland*.

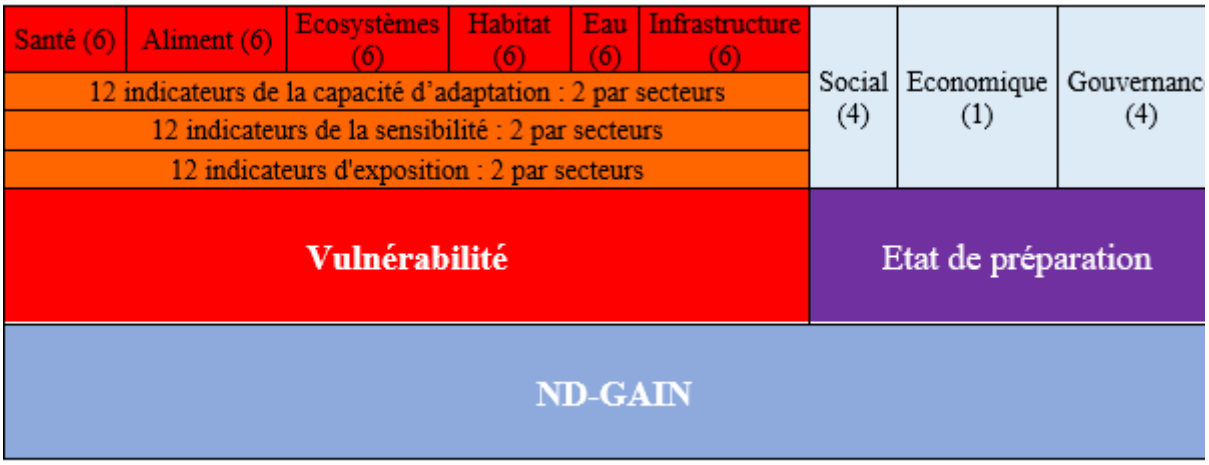
Zeno, R. R. A., L., & Mandap, D. R. L. (2022). Climate change and monetary policy : some preliminary thoughts. *WMO-N0. 1264, Geneva, Switzerland*, *22*(3), 1–5.

Annexe

Présentation de l'indice ND-GAIN

Tous les pays, à des degrés divers, sont confrontés aux défis de l'adaptation. En raison de leur situation géographique ou de leur condition socio¬économique, certains pays sont plus vulnérables aux impacts du changement climatique que d'autres. En outre, certains pays sont plus disposés à entreprendre des actions d'adaptation en tirant parti des investissements des secteurs public et privé, grâce à l'action gouvernementale, à la sensibilisation de la communauté et à la capacité de faciliter les réponses du secteur privé. ND¬GAIN mesure ces deux dimensions : la vulnérabilité et l'état de préparation. La vulnérabilité est composée de 36 indicateurs. Chaque composante comporte 12 indicateurs, croisés avec 6 secteurs. L'état de préparation est composé de 9 indicateurs.

Figure 6 – Résumé des indicateurs de vulnérabilité et de préparation NDGAIN.



Source : Notre Dame Global Adaptation Initiative (2022)

De façon plus détaillé, les indicateurs mobilisés sont présenté dans le tableau ci-dessous :

TABLE 8 – Indicateurs de vulnérabilité NDGAIN

Secteur	Composantes d'exposition	Composantes de sensibilité	Composantes Capacité d'adaptation
Aliment	Changement prévu des rendements céréaliers	Dépendance aux importations alimentaires	Capacité agricole (Engrais, Irrigation, Pesticide, utilisation de tracteur)
	Changement démographique projeté	Population rurale	Malnutrition infantile
Eau	Changement projeté du ruissellement annuel	Taux de prélèvement d'eau douce	Accès à une eau potable fiable
	Changement projeté de la recharge annuelle des eaux souterraines	Taux de dépendance à l'eau	Capacité du barrage
Santé	Changement prévu des décès dus aux maladies induites par le changement climatique	Population des bidonvilles	Personnel médical (médecins, infirmières et sages femmes)
	Changement prévu de la durée de la saison de transmission des maladies à transmission vectorielle	Dépendance vis-à-vis des ressources externes pour les services de santé	Accès à des installations sanitaires améliorées
Services de l'écosystème	Changement projeté de la distribution du biome	Dépendance au capital naturel	Biomes protégés
	Changement projeté de la biodiversité marine	Empreinte écologique	Engagement dans les conventions environnementales internationales
Habitat humain	Changement projeté de la période chaude	Concentration urbaine	Qualité des infrastructures liées au commerce et au transport
	Changement projeté du risque d'inondation	Rapport de dépendance de l'âge	Routes pavées
Infrastructure	Évolution prévue de la capacité de production hydroélectrique	Dépendance vis-à-vis de l'énergie importée	Accès à l'électricité
	Projection du niveau de la mer Effets de hausse	Population vivant à moins de 5 m au-dessus du niveau de la mer	Préparation aux catastrophes
Préparation économique	Faire des affaires		
Gouvernance Préparation	Stabilité politique et non violence - Lutte contre la corruption - Règle de loi – Qualité réglementaire		
Préparation sociale	Inégalité sociale - TIC – Éducation- Innovation		

Source : Notre Dame Global Adaptation Initiative (2022)

TABLE 9 – Liste des pays

Albanie	Cap Vert	Guinée Équatoriale	Jordan	Nicaragua	Solomon Island
Algérie	Cameroun	Fiji	Kenya	Niger	Afrique du Sud
Angola	RCA	Gabon	Kirghizstan	Nigéria	Sri Lanka
Azerbaïdjan	Tchad	Géorgie	Lao PDR	Macédoine	Tadjikistan
Bangladesh	Chine	Ghana	Libye	Pakistan	Tanzanie
Biélorussie	Colombie	Guatemala	Madagascar	P. N. Guinée	Gambie
Bénin	Ile Comores	Guinée B.	Mali	Paraguay	Togo
Bhutan	Congo	Guyane	Mauritanie	Pérou	Tunisie
Bolivie	Costa Rica	Haïti	Ile Maurice	Philippines	Ouganda
Botswana	Côte d'Ivoire	Honduras	Mexique	Russie	Ukraine
Brésil	RDC	Inde	Moldavie	Rwanda	Vanuatu
Bulgarie	Dominique	Iran	Mongolie	Samoa	Zambie
Burkina Faso	Dominicaine R.	Iraq	Maroc	Sénégal	
Burundi	Egypte	Jamaïque	Mozambique	Sierra Leone	

Table 10 – Matrice de corrélation

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) MM	1.000								
(2) Tx_I	-0.021	1.000							
(3) VUL	0.528*	0.004	1.000						
(4) PROD	-0.384*	0.033	-0.654*	1.000					
(5) NAT	-0.218*	-0.136*	-0.229*	-0.036	1.000				
(6) INF	-0.047*	-0.247*	-0.037	-0.002	0.088*	1.000			
(7) EXP	0.081*	-0.153*	0.278*	-0.342*	0.375*	0.091*	1.000		
(8) PIB	-0.094*	-0.008	-0.060*	-0.013	0.191*	0.004	0.116*	1.000	
(9) DET	0.122*	-0.014	0.313*	-0.257*	-0.024	0.077*	0.330*	-0.010	1.000

** Désigne la significativité à 5%.*

Table 11 – Test de stationnarité des variables

Variables en niveau

	LLC		IPS		ADF	
	Stat	P-Value	Stat	P-Value	Stat	P-Value
MM	3,365	0,996	8,476	1	8,139	1
Tx I	-12,475	0,000	-17,754	0,000	-19,577	0,000
VUL	0,672	0,749	4,179	1	5,355	1
PROD	-10,138	0,000	-6,434	0,000	-7,893	0,000
NAT	-8,111	0,000	-7,785	0,000	-7,288	0,000
INF	-46,709	0,000	-29,617	0,000	-25,74	0,000
EXP	-3,077	0,001	-2,645	0,004	-1,666	0,048
PIB	-14,003	0,000	-16,893	0,000	-18,639	0,000
DET	-10,32	0,000	-10,12	0,000	-11,54	0,000

En première différence

	LLC		IPS		ADF	
Symbole	Stat	P-Value	Stat	P-Value	Stat	P-Value
MM	-32,415	0,000	-31,924	0,000	-49,748	0,000
Tx I	-51,473	0,000	-52,08	0,000	-51,374	0,000
VUL	-32,154	0,000	-29,584	0,000	-32,476	0,000
PROD	-31,656	0,000	-31,96	0,000	-34,95	0,000
NAT	-36,996	0,000	-35,172	0,000	-36,406	0,000
INF	-150	0,000	-66,01	0,000	-51,098	0,000
EXP	-30,772	0,000	-31,978	0,000	-33,464	0,000
PIB	-37,993	0,000	-42,218	0,000	-47,355	0,000
DET	-40,36	0,000	-41,42	0,000	-44,99	0,000

TABLE 12 – Test de dépendance transversale (Pesaran, 2015)

variable	CD	p-value	N_g	T
Tx_I	24,73	0,000	82	25
VUL	57,269	0,000	82	25
PROD	108,924	0,000	82	25
NAT	55,457	0,000	82	25
INF	63,643	0,000	82	25
EXP	22,149	0,000	82	25
PIB	66,359	0,000	82	25
DET	29,415	0,000	82	25

variable	CD	p-value	N_g	T
MM	163,414	0,000	82	25
VUL	57,269	0,000	82	25
PROD	108,924	0,000	82	25
NAT	55,457	0,000	82	25
INF	63,643	0,000	82	25
EXP	22,149	0,000	82	25
PIB	66,359	0,000	82	25
DET	29,415	0,000	82	25

Note : H0 : les erreurs sont faiblement dépendantes en coupe transversale.

TABLE 13 – Test de cointégration des modèles

Test de cointégration du modèle : taux d'intérêt

Test du résidu Pedroni	Panel statistique			
	Statistique	Prob.	Statistique pondérée	Prob.
V-statistique	-2,938	0,018	-3,458	0
rho- statistique	2,568	0,995	2,958	1
pp-statistique	-14,06	0,000	-17,458	0
ADF-statistique	-9,467	0,000	-10,586	0
	Groupe-statistique			
rho- statistique	5,748	1		
pp-statistique	-16,36	0,000		
ADF-statistique	-8,826	0,000		
Test du résidu Kao				
	t-statistique	Prob.		
ADF	-7,459	0,000		

Test de cointégration du modèle : Masse monétaire

Test du résidu Pedroni	Panel statistique			
	Statistique	Prob.	Statistique pondérée	Prob.
V-statistique	-3,672	0,000	-3,123	0
rho- statistique	7,533	1	6,325	1
pp-statistique	0,1786	0,000	-5,845	0
ADF-statistique	-6,194	0,000	-4,956	0
	Groupe-statistique			
rho- statistique	10,158	1		
pp-statistique	-1,595	0,001		
ADF-statistique	-3,087	0,000		
Test du résidu Kao				
	t-statistique	Prob.		
ADF	-3,896	00,000		

TABLE 14 – Robustesse selon l'union monétaire

	Taux d'intérêt			**Masse monétaire**		
	En UM		**Pas en UM**	**En UM**		**Pas en UM**
	CEMAC	UEMOA		CEMAC	UEMOA	
	Estimation de long terme					
VUL	**0,586(0,152)*** **	**0,871(0,116)*** **	**-0,073(0,046)**	**-0,781(0,141)*** **	**-0,453(2,809)***	**2,428(0,401)*** **
PROD	-0,107(0,112)	0,289(0,069)***	0,331(0,042)***	-1,492(0,256)***	-1,296(0,698)*	0,665(0,130)***
NAT	-0,060(0,112)	-0,400(0,150)**	-0,217(0,041)***	-0,334(0,042)*	2,475(1,420)*	-6,460(0,152)
INF	-0,202(0,115)	-0,490(0,103)***	-0,150(0,028)***	0,480(0,178)**	5,322(2,759)*	-0,569(0,126)***
EXP	-0,205(0,119)*	0,178(0,012)**	-0,093(0,012)***	0,55(0,058)***	0,866(0,645)***	0,678(0,098)***
PIB	-0,031(0,033)	-0,090(0,071)	0,013(0,049)	-0,437(0,014)***	-1,727(1,231)***	1,204(0,203)***
DET	0,572(0,175)***	-0,159(0,103)	0,064(0,048)	-0,748(0,188)***	-0,150(0,56)**	0,578(0,191)***
	Estimation de court terme					
ECT	-0,076(0,046)	-0,760(0,159)***	-0,551(0,042)***	-0,291(0,121)**	-0,100(0,014)***	-0,041(0,014)***
VUL	**0,103(0,075)**	**0,112(0,962)**	**-0,180(0,254)**	**-0,052(0,228)**	**-0,350(0,213)***	**-0,206(0,174)**
PROD	-0,028(0,066)	-0,024(0,113)	0,245(0,283)	0,227(0,087)***	0,227(0,087)***	0,922(0,311)***
NAT	0,033(0,015)**	0,055(0,122)	0,011(3,411)	-0,098(0,289)	-0,098(0,289)	2,843(5,856)
INF	-0,002(0,148)	-0,088(0,109)	-0,264(0,041)***	-0,096(0,099)*	-0,096(0,099)*	-0,059(0,054)
EXP	0,020(0,017)**	0,217(0,245)	0,111(0,091)	-0,047(0,154)	-0,047(0,154)	-0,032(0,072)
PIB	-0,006(0,008)	0,044(0,043)	-0,0306(0,051)	-0,014(0,046)**	-0,014(0,046)**	-0,353(0,053)***
DET	-0,070(0,041)*	0,376(0,289)	0,212(0,152)	0,125(0,110)	0,125(0,110)	0,301(0,192)
Constante	-5,463(2,820)**	-20,553(4,438)***	8,993(0,730)***	17,409(6,443)	10,470(7,906)***	2,707(0,539)***
Observations	144	168	1800	144	168	1800
Nombre de pays	6	7	75	6	7	75

Note : ***, ** et * désignent respectivement la significativité à 1%, 5% et 10%. Les écarts types sont ().UM désigne l'union monétaire