



**BCEAO**

BANQUE CENTRALE DES ETATS  
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST



**COFEB**

CENTRE OUEST AFRICAIN DE FORMATION  
ET D'ETUDES BANCAIRES

**Document d'Etude et de Recherche**  
N°COFEB/DER/2022/02

# **CHOC CLIMATIQUE, PRODUCTION ET INFLATION DANS L'UEMOA**

**Gbémèho Mathieu TRINNOU**

**Decembre 2022**

Les avis exprimés engagent la responsabilité des seuls auteurs.



**BCEAO**  
BANQUE CENTRALE DES ETATS  
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST



**COFEB**

Direction de la Recherche et des Partenariats

# Document d'Etude et de Recherche

**N°COFEB/DER/2022/02**

**CHOC CLIMATIQUE, PRODUCTION ET INFLATION DANS L'UEMOA**

**Gbémèho Mathieu TRINNOU**

***Décembre 2022***

## SOMMAIRE

<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	5
<b>LISTE DES GRAPHIQUES</b> .....	5
<b>RESUME</b> .....	6
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>INTRODUCTION</b> .....	7
<b>I-REVUE DE LA LITTERATURE</b> .....	10
<b>1.1. Analyse théorique</b> .....	10
<b>1.1.1. Changement climatique et inflation via l'offre de biens et services</b> .....	10
<b>1.1.2. Changement climatique et inflation à travers la demande</b> .....	11
<b>1.1.3. Les Modèles d'Evaluation Intégrés (IAM) du changement climatique</b> .....	12
<b>1.2. Aperçu des travaux empiriques</b> .....	16
<b>1.2.1. Impact des chocs climatiques sur la production</b> .....	17
<b>1.2.2. Impact des chocs climatiques sur l'inflation</b> .....	18
<b>II.DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE</b> .....	19
<b>2.1. Insertion de la fonction de dommages dans le modèle DSGE de la BCEAO</b> ...	20
<b>2.2. Dérivation des nouvelles relations à l'équilibre</b> .....	21
<b>2.3. Etat stationnaire et calibration des paramètres du modèle avec changement climatique</b> .....	23
<b>2.3.1. L'état stationnaire</b> .....	23
<b>2.3.2. Calibration des paramètres</b> .....	23
<b>2.4. Simulation du choc climatique</b> .....	24
<b>III.PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS DES SIMULATIONS</b> .....	25
<b>3.1. Cas avec une hausse de la température <math>TATt = 0,5^{\circ}C</math></b> .....	25
<b>3.2. Cas avec une hausse de la température <math>TATt = 1,5^{\circ}C</math></b> .	25
<b>3.3. Cas avec une hausse de la température <math>TATt = 2,5^{\circ}C</math></b> .	26
<b>3.4. Analyses de sensibilité</b> .....	27
<b>3.4.1. Analyse de sensibilité sur les valeurs des paramètres</b> .....	28
<b>3.4.2. Analyse de sensibilité avec les fonctions de dommages</b> .....	29
<b>IV-IMPLICATIONS DES RESULTATS DE L'ETUDE</b> .....	29
<b>4.1. Impacts d'une hausse du taux directeur de 10 points de pourcentage</b> .....	30
<b>4.2. Impacts d'une hausse du taux des dépenses publiques de 10%</b> .....	31
<b>CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE</b> .....	33
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	34
<b>ANNEXE : Présentation de la structure du modèle DSGE de la BCEAO</b> .....	37

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Fonctions de productions avec prise en compte des dommages .....	21
Tableau N°2 : Quelques nouvelles relations d'équilibre avec prise en compte du changement climatique .....	22
Tableau N°3 : Valeurs des paramètres selon les versions du modèle DICE .....	24
Tableau N°4 : Synthèse des résultats .....	27
Tableau N°5 : fonctions de dommages et paramètres des versions de 2013 et 2016 .....	27

## LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Résultats avec une hausse de la température $T_{AT}(t) = 0,5^{\circ}\text{C}$ .....	25
Graphique 2 : Résultats avec une hausse de la température $T_{AT}(t) = 1,5^{\circ}\text{C}$ .....	25
Graphique 3 : Résultats avec une hausse de la température $T_{AT}(t) = 2,5^{\circ}\text{C}$ .....	26
Graphique 4 : Résultats avec les valeurs modifiées des paramètres .....	28
Graphique 5 : Résultats avec le changement des fonctions de dommages .....	29
Graphique 6 : Résultats avec une hausse du taux directeur de 10 points de pourcentage ...	30
Graphique 7 : Résultats avec une hausse du taux des dépenses publiques de 10% .....	31

## RESUME

*Le changement climatique constitue une réelle menace à l'échelle mondiale, en raison notamment de ses impacts défavorables sur les variables macroéconomiques. A cet égard, cette étude tente d'évaluer les impacts d'un choc climatique sur la production et l'inflation dans la zone UEMOA. Pour y parvenir, la démarche méthodologique a consisté à simuler un choc lié au réchauffement climatique dans le modèle DSGE de la BCEAO sur la base de l'insertion d'une fonction de dommages dans ce modèle. Cette fonction, extraite du modèle Dynamique Intégré du Climat et de l'Economie (DICE), plus précisément du modèle DICE-2016R2 de Nordhaus, met en relation le choc de température et les dommages occasionnés. Il ressort des simulations des scénarios qu'un accroissement de la température induit une baisse de la production agrégée et une hausse de l'inflation globale. Ces impacts se reflètent du point de vue sectoriel avec une contraction de la production et une augmentation de l'inflation dans les secteurs des biens non échangeables (secteurs agricole et non agricole) ainsi qu'un fléchissement de la production dans le secteur des biens échangeables, en l'occurrence, les biens d'exportations. Les résultats impliquent la mise en place de politiques visant l'atténuation des impacts négatifs induits par l'occurrence des chocs climatiques. Ces politiques pourraient aller dans le sens d'une coordination des actions entre les Etats, la Banque Centrale et le secteur privé (secteur financier et non financier) visant à lutter contre le changement climatique dans l'Union.*

*Mots-clés : Changement climatique, modèle DICE, modèle DSGE, Production, Inflation, UEMOA  
Code JEL : Q54, C61, C63, E23, E31, O55.*

## ABSTRACT

*Climate change is a real threat on a global scale, notably because of its adverse impacts on macroeconomic variables. In this regard, this study attempts to assess the impacts of a climate shock on production and inflation in the WAEMU area. To achieve this, the methodological approach consisted in simulating a shock linked to global warming in the BCEAO's DSGE model on the basis of the insertion of a damages function in this model. This function, extracted from the Dynamic Integrated model of Climate and the Economy (DICE), more precisely the DICE-2016R2 model of Nordhaus, relates the temperature shock to the damages caused. The simulated scenarios show that a rise in temperature induces a decline in aggregate output and an increase in overall inflation. These impacts are observed from a sectoral perspective with a decrease in output and an increase in inflation in the non-tradable goods sectors (agricultural and non-agricultural sectors) as well as a decrease in output in the tradable goods sector, in this case, export goods. The results imply the implementation of policies aimed at mitigating the negative impacts induced by the occurrence of climate shocks. These policies could go in the direction of a coordination of actions between the States, the Central Bank and the private sector (financial and non-financial sectors) aiming at fighting against climate change in the Union.*

*Keywords : Climate change, DICE model, DSGE model, Production, Inflation, WAEMU  
JEL code : Q54, C61, C63, E23, E31, O55.*

## INTRODUCTION

Le changement climatique constitue une réelle préoccupation à laquelle sont confrontés les agents économiques à l'échelle mondiale. Il se manifeste sous la forme de chocs se traduisant par l'occurrence d'événements météorologiques extrêmes et volatiles qui induisent des perturbations significatives au sein d'une économie (Batten, 2018 ; Eckstein et al., 2020 ; Andersson et al., 2020). Ces événements concernent notamment une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer. Ces bouleversements climatiques se sont accompagnés d'une augmentation constante du nombre et de la gravité des catastrophes naturelles, telles que les cyclones, les inondations, les sécheresses et les vagues de chaleur.

Selon le GIEC<sup>1</sup> (2021), chacune des quatre dernières décennies a été successivement plus chaude que toute décennie l'ayant précédé depuis 1850. La température de la surface mondiale au cours des deux premières décennies du 21<sup>e</sup> siècle (2001-2020) était de 0,99°C supérieure à celle de 1850-1900<sup>2</sup>. Elle était de 1,09°C plus élevée entre 2011-2020 qu'entre 1850 et 1900, avec des augmentations plus importantes au-dessus de la terre (1,59°C) qu'au-dessus de l'océan (0,88°C). En outre, la hausse des températures a été plus marquée dans les pays de l'Afrique Subsaharienne (ASS) particulièrement, soit une variation par rapport à la moyenne du 20<sup>e</sup> siècle de 0,3°C à 1,5°C selon les régions en 2017, contre 1°C au niveau mondial (Debels-Lamblin et Jacolin, 2020).

La température de la surface mondiale continuerait d'augmenter, en l'absence de mesures d'atténuation, et entraînerait un impact négatif compris entre 1,0% et 3,3% sur le PIB annuel mondial d'ici 2060 et entre 2% et 10% d'ici la fin du siècle. Les dommages agricoles mondiaux se situeraient dans une fourchette de 0,6% à 0,8% du PIB mondial d'ici 2060 (OCDE, 2015).

Constituant, de ce fait, une menace potentielle pour la survie de la planète, les phénomènes liés au changement climatique retiennent l'attention tant au niveau des gouvernements, des organismes internationaux que des banques centrales.

En décembre 2015, près de 195 pays du monde ont adopté l'Accord de Paris, lors de la 21<sup>e</sup> Conférence des Parties (COP21) signataires de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) de 1992. L'objectif de cet Accord consiste à maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale en dessous de 2°C tout en poursuivant les

---

<sup>1</sup> Il s'agit du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ou de The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

<sup>2</sup> La période 1850–1900 représente la première période d'observations suffisamment complètes à l'échelle mondiale pour estimer la température de la surface mondiale et est utilisée comme une approximation des conditions préindustrielles (GIEC, 2021). Ainsi, l'année 1850 constitue l'année où ont débuté les relevés de la température à la surface du globe.

efforts pour contenir (limiter) cette hausse à 1,5°C, afin d'atténuer davantage les conséquences désastreuses sur la planète.

Au sein des banques centrales, le changement climatique est particulièrement devenu une problématique suscitant un regain d'intérêt, car les chocs climatiques pourraient compromettre la réalisation de leurs objectifs de politique monétaire, en l'occurrence celui de stabilité des prix. A titre illustratif, la Banque Centrale Européenne (BCE) a présenté, le 8 juillet 2021, un plan<sup>3</sup> d'action visant à prendre en compte le changement climatique dans sa stratégie de politique monétaire, en raison de ses conséquences sur la stabilité des prix. La Banque d'Angleterre a également intégré explicitement les considérations climatiques<sup>4</sup> dans sa mission de maintien de la stabilité monétaire et financière. En effet, des bouleversements climatiques tels que la montée de la température, les sécheresses, les inondations, les tempêtes et l'élévation du niveau de la mer pourraient induire des pressions inflationnistes en affectant les facteurs de l'offre, notamment la main-d'œuvre, le capital physique et la technologie ou ceux de la demande globale, telles que la consommation, l'investissement et le commerce international.

Ainsi, quelques réflexions ont été consacrées aux impacts économiques du changement climatique sur les variables macroéconomiques en général et sur l'inflation en particulier dans les banques centrales (Faccia et al., 2021 ; Andersson et al., 2020 ; Batten, 2018 ; Batten et al., 2016). Parallèlement, d'autres travaux analysant l'impact des chocs climatiques sur la production et l'inflation sont recensés dans la littérature (Asafu-Adjaye et al., 2022 ; De Bandt et al., 2021 ; Acevedo et al., 2020 ; Mukherjee et Ouattara, 2021 ; Heinen et al., 2019 ; Parker, 2018 ; Hagos, 2018).

Dans l'UEMOA, les Autorités monétaires accordent une attention particulière à l'évolution du niveau général des prix. En effet, l'objectif prioritaire de la politique monétaire de la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO) est d'assurer la stabilité des prix. Sans préjudice de cet objectif, la Banque Centrale apporte son soutien aux politiques économiques des Etats membres de l'Union en vue d'une croissance saine et durable. A cet égard, le suivi et les prévisions de l'inflation sont au cœur des activités menées par la Banque Centrale.

Cependant, à l'instar de l'ensemble des pays de l'Afrique Subsaharienne, l'UEMOA n'est pas à l'abri des chocs climatiques. En moyenne, sur 2001-2017, les précipitations annuelles ont baissé par rapport à la moyenne du 20<sup>e</sup> siècle, de 4,0 cm dans l'Union, contre 2,8 cm pour l'ensemble de la planète. En outre, certains pays tels que le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Togo subissent le phénomène de l'érosion côtière, avec plus de la moitié de leurs côtes (environ 56% du littoral) qui sont touchées. Au Niger, la sécheresse de 2009 a touché jusqu'à 50% de la population (Croitoru et al., 2019 ; Debels-Lamblin et Jacolin, 2020).

---

<sup>3</sup> Cette information est issue du communiqué de presse de la BCE, du 8 juillet 2021, consulté le 25 mars 2022 sur son site, à partir du lien [https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ecb.pr210708\\_1~f104919225.fr.html](https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ecb.pr210708_1~f104919225.fr.html)

<sup>4</sup> Cette information est extraite sur le site de la Banque d'Angleterre, consulté le 31 mars 2022, à partir du lien <https://www.bankofengland.co.uk/climate-change>

Ces mauvaises conditions climatiques ont souvent constitué l'un des risques<sup>5</sup> haussiers entourant les prévisions d'inflation dans l'Union, du fait non seulement de leurs caractères parfois imprévisibles mais surtout de leurs impacts négatifs sur la production dans les différents secteurs d'activité.

Dans ce contexte, la présente étude se propose d'évaluer les effets du choc climatique sur la production et l'inflation dans la zone UEMOA, à partir d'un modèle DSGE.

Elle exploite les informations issues des Modèles d'Evaluation Intégrés (*Integrated Assessment Models (IAM)*) du changement climatique, car les études ayant spécifiquement analysé les impacts du changement climatique sur la production et l'inflation, en s'appuyant sur un cadre intégré, sont très rares. En effet, les modèles IAM décrivent un cadre intégré d'analyse permettant de capter l'interaction entre le changement climatique (module du climat) et les variables économiques (module économique). L'analyse des chocs climatiques dans les modèles IAM repose généralement sur l'augmentation de la température par le biais des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). Par exemple, un des modèles IAM pionnier de référence, le modèle Dynamique Intégré du Climat et de l'Economie (DICE) de Nordhaus (1992, 2007, 2014, 2018), portant sur l'économie mondiale, analyse les impacts du changement climatique (élévation de la température moyenne mondiale) liée aux émissions mondiales de gaz à effet de serre sur les variables économiques. A ce sujet, il conviendrait de souligner que les pays de l'UEMOA demeurent, à l'instar de la plupart des pays africains, les potentielles victimes des émissions mondiales de GES comme il est très souvent mentionné lors des rencontres de la COP. A titre illustratif, il est ressorti de la COP 27, tenue du 6 au 18 novembre 2022, en Egypte, que l'Afrique subit d'énormes répercussions climatiques liées aux émissions mondiales de gaz à effet de serre alors qu'elle n'est responsable que d'une très faible part de ces émissions (moins de 4% des émissions mondiales). De ce fait, les risques<sup>6</sup> physiques constituent les principaux risques dominants en Afrique comparativement aux risques de transition qui ont trait à une évolution vers une économie à faible émission de carbone.

L'étude apporte également une contribution au plan méthodologique en insérant les informations du module du climat issu des IAM dans le modèle DSGE de la BCEAO pour analyser l'effet du changement climatique sur la production et l'inflation dans l'UEMOA. En effet, bien que mettant en interaction un module du climat et un module économique, une des limites des modèles IAM est qu'ils reposent généralement sur une approche d'évaluation des avantages-coûts des options de politique climatique visant à maximiser le bien-être social inter-temporel. A titre

---

<sup>5</sup> Voir les rapports de la BCEAO de septembre et décembre 2021 sur la politique monétaire dans l'UEMOA, publiés sur son site internet [www.bceao.int](http://www.bceao.int).

<sup>6</sup> La littérature relative au changement climatique distingue deux types de risques climatiques. Il s'agit des risques physiques et des risques de transition. Les risques physiques résultent directement des effets des événements climatiques extrêmes, notamment le réchauffement climatique, tandis que les risques de transition font allusion aux risques qui pourraient découler de la transition vers une économie à faible émission de carbone, notamment l'effet des politiques climatiques sur l'activité (Batten, 2018).

illustratif, ils sont utilisés pour évaluer le coût<sup>7</sup> social de l'émission du carbone (*social cost of carbon*). Ainsi, ces modèles ne mettent pas un accent particulier sur les impacts sur la production et l'inflation dans les différents secteurs de l'économie (Batten, 2018 ; Ackerman et al., 2009). En revanche, le modèle DSGE a l'avantage d'évaluer les impacts des chocs climatiques sur un certain nombre de secteurs de l'économie et permet d'obtenir les impacts sur la production globale et l'évolution du niveau général des prix, en y intégrant des informations relatives au changement climatique. Dans le cas du modèle DSGE de la BCEAO, les impacts du changement climatique seront observés sur la production et l'évolution des prix dans les secteurs agricole et non agricole ainsi que sur la production et le niveau général des prix qui en résultent.

## **I- REVUE DE LA LITTERATURE**

### **1.1. Analyse théorique**

Théoriquement, l'analyse des effets des chocs climatiques sur la production et l'inflation s'inscrit dans le cadre général des travaux relatifs aux impacts macroéconomiques du changement climatique développés dans la littérature (Faccia et al., 2021 ; Andersson et al., 2020 ; Batten, 2018 ; Batten et al., 2016, Arent et al., 2014 ; Dell et al., 2014). Ces différents travaux mettent en évidence les canaux de transmission par lesquels les chocs climatiques pourraient se répercuter sur la production et l'inflation. Intuitivement, l'impact d'un choc climatique sur l'inflation transite par la production en affectant les facteurs de l'offre, notamment la main-d'œuvre, le capital physique et la technologie ou ceux de la demande globale, telles que la consommation, l'investissement et le commerce international.

#### **1.1.1. Changement climatique et inflation via l'offre de biens et services**

D'un point de vue global, les chocs climatiques pourraient avoir un impact défavorable sur la production, en affectant négativement la contribution des facteurs de production tels que le travail et le capital. Par exemple, les niveaux de températures élevés (chaleur et humidité plus élevées), les très fortes précipitations et les inondations pourraient induire une baisse de la productivité du travail, en raison de la diminution des performances des travailleurs. En outre, du fait de leur incidence sur la santé (Fankhauser et Tol, 2005 ; Dell et al., 2014) et donc sur la capacité à travailler des agents économiques, ces phénomènes météorologiques peuvent entraîner une diminution de l'offre de travail.

Parallèlement, ces bouleversements météorologiques pourraient causer une destruction partielle ou totale du stock de capital physique, en l'occurrence les infrastructures et les équipements (bâtiments, machines, etc...), engendrant, en conséquence, une baisse de la productivité du capital et/ou une réduction du stock de capital disponible pour la production.

---

<sup>7</sup> Le coût social de l'émission du carbone (*social cost of carbon*) est un concept important pour comprendre et mettre en œuvre les politiques sur le changement climatique. Ce terme représente le coût économique causé par une tonne supplémentaire d'émissions de dioxyde de carbone (ou plus succinctement de carbone) ou son équivalent (Nordhaus, 2014).

La productivité globale des facteurs (PGF) pourrait également fléchir, du fait du détournement des ressources destinées à la recherche et développement permettant la réalisation des gains de productivité.

Sous l'angle sectoriel, les phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les inondations et les tempêtes, la forte sécheresse ou des précipitations insuffisantes impacteraient négativement la production dans le secteur primaire en rendant difficilement cultivables les terres initialement arables et en induisant également des pertes de récoltes attendues, en particulier en ce qui concerne les cultures vivrières, des pertes d'animaux dans le domaine de l'élevage ainsi que des difficultés à réaliser les activités de pêche. Cette baisse de la production du secteur due au changement climatique pourrait entraîner une inflation de la composante alimentaire des prix qui se transmettrait, par ricochet, à l'inflation globale (Batten et al., 2016).

En outre, les activités dans le secteur secondaire tels que les BTP, la manufacture ainsi que celles du secteur tertiaire, notamment les services liés aux télécommunications, les transports, le commerce, les services financiers et le tourisme se trouveraient potentiellement affectées (Arent et al., 2014 ; Dell et al., 2014), du fait des dommages occasionnés par ces chocs climatiques sur les différentes infrastructures et les équipements nécessaires à la réalisation des activités dans chaque secteur. A titre illustratif, la dégradation des infrastructures routières, ferroviaires et fluviales rendrait les services de transport inopérants et aurait des effets d'entraînement sur plusieurs autres activités intra et inter-sectorielles.

Par ailleurs, ces événements climatiques induiraient des difficultés d'accès à l'énergie et à l'eau qui constituent des consommations intermédiaires très importantes dans le processus de production des biens et services dans les différents secteurs d'activité. Comme le soulignent Arent et al. (2014), le changement climatique perturbe les sources d'énergie, notamment les barrages hydroélectriques, le vent et le soleil ainsi que les installations de connexion aux réseaux électriques et de distribution de l'électricité. Dans ces conditions, deux effets pourraient se conjuguer sur le niveau général des prix. D'une part, la baisse de l'offre d'énergie se traduirait par une baisse de la production et une augmentation des prix des biens et services des entreprises. D'autre part, cette réduction de l'offre d'énergie face à une demande potentielle des ménages engendrerait une hausse du coût de l'énergie et se répercuterait directement sur le niveau général des prix (Asafu-Adjaye et al., 2022).

### **1.1.2. Changement climatique et inflation à travers la demande**

Le changement climatique peut également influencer sur les composantes de la demande globale et affecter les prix, en raison notamment de l'incertitude qu'engendrent les chocs climatiques dans la prise de décisions des agents économiques. En effet, à l'échelle mondiale, l'occurrence des chocs, en général, et ceux du climat, en particulier, a tendance à beaucoup plus modifier l'offre à la baisse et la demande à la hausse, car les agents s'empressent de s'approvisionner, par précaution, en anticipant des pénuries, surtout en produits de première nécessité, et constituent des stocks leur permettant de traverser ces périodes difficiles provoquées par

l'avènement des chocs. Il s'en suit une pression sur les prix des biens de première nécessité et donc une hausse du niveau général des prix.

En outre, l'ampleur des dommages causés par les chocs climatiques pourrait induire une certaine anticipation pessimiste de la croissance économique et donc des gains de revenus par les entreprises et les ménages, entraînant une contraction de l'investissement et de la consommation. En dépit du fait que les dommages causés aux infrastructures pourraient stimuler l'investissement (notamment l'investissement de remplacement<sup>8</sup>) à court terme, les perspectives d'une croissance économique défavorable et, en conséquence, de revenus plus faibles, pourraient conduire les entreprises à moins investir et les ménages à davantage épargner et à moins consommer à moyen terme (Andersson et al., 2020). Les impacts de ces réactions sur l'inflation résulteraient des degrés de sensibilité de la demande aux chocs relativement à ceux liés à l'offre.

Par ailleurs, le commerce international, en l'occurrence les exportations et les importations pourraient également se ressentir des effets négatifs des chocs climatiques du fait de la dégradation des infrastructures routières, ferroviaires et fluviales et la perturbation des sources d'énergie susmentionnées.

Les différentes analyses susmentionnées décrivant les canaux de transmission du changement climatique à l'économie sont accompagnées de modèles conçus dans la littérature permettant d'évaluer quantitativement l'ampleur des chocs climatiques sur les variables économiques. Ces modèles sont connus sous la dénomination de « *Modèles d'Evaluation Intégrés (IAM)* » du changement climatique.

### **1.1.3. Les Modèles d'Evaluation Intégrés (IAM) du changement climatique**

Les Modèles d'Evaluation Intégrés (IAM) constituent un des principaux outils d'analyse utilisés pour évaluer les dommages causés par le changement climatique. Ces modèles décrivent la manière dont le changement climatique affecte les variables économiques en mettant en interaction un module du climat et un module économique. Un des modèles pionniers de base est celui développé par Nordhaus (1992), appelé Modèle Dynamique Intégré du Climat et de l'Economie (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy) et ayant connu des différentes versions présentées dans les travaux de Nordhaus (1992, 2007, 2014 et 2018).

Le modèle Dynamique Intégré du Climat et de l'Economie (DICE) porte sur l'économie mondiale de manière agrégée et est conçu dans l'intention de procéder à la maximisation du bien-être inter-temporel des agents économiques sous un certain nombre de contraintes économiques et

---

<sup>8</sup> L'hypothèse de destruction créatrice suggère que les risques climatiques physiques tels que les catastrophes naturelles peuvent induire à la suite des sinistres des actions visant à favoriser une reprise de la production et la croissance à long terme par le biais du renouvellement du stock de capital, d'une aide internationale et de l'adoption de nouvelles technologies (Skidmore et Toya, 2002 ; Cuaresma et al., 2008, Batten, 2018).

climatiques, sur la base d'une réplique du modèle néoclassique de croissance optimale. A cet égard, il insère un module climatique dans le modèle néoclassique en interaction avec le module économique déjà existant. Dans ce modèle, les agents économiques accumulent du stock de capital et génèrent des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le cadre de la production. Ces émissions se concentrent et augmentent la température moyenne mondiale, qui à son tour, génère des dommages qui affectent défavorablement la production et d'autres variables économiques.

Dans le module économique spécifiquement, outre la fonction objectif (la fonction de bien-être social), la production brute est déterminée à partir d'une fonction combinant les facteurs capital et travail ainsi que la technologie. Cependant, cette fonction est modifiée en prenant en compte les dommages et les coûts d'atténuation du changement climatique. Ainsi, il en résulte une production nette correspondant à la production brute ajustée des dommages et des coûts d'atténuation. La croissance démographique et le changement technologique sont considérés comme exogènes, tandis que l'accumulation de capital est liée à l'évolution de la consommation dans le temps.

S'agissant du module climatique, il décrit un certain nombre de relations captant les principales caractéristiques des facteurs affectant le changement climatique. Il comporte une équation représentant les émissions de gaz à effet de serre (GES), une équation de concentrations atmosphériques augmentant avec les émissions de GES, une équation liée au changement climatique représenté par la température moyenne de la surface mondiale et une équation de dommages induits par le changement climatique. De ce fait, les impacts économiques du changement climatique sont supposés augmenter avec les dommages causés par l'augmentation de la température.

Le modèle DICE peut être exploité dans un cadre d'optimisation où, à l'échelle mondiale, les pays recherchent un certain équilibre entre le degré d'émission des gaz à effets de serre et les coûts mondiaux de leurs décisions d'émissions de GES, en termes de dommages économiques et de perte de bien-être social. En outre, il permet de prendre en compte les politiques climatiques en s'intéressant à la manière dont les émissions peuvent être réduites grâce à des mesures d'atténuation.

#### - **Formalisation du modèle DICE (Nordhaus, 2018)**

En terme de formalisation, le modèle DICE (dans toutes les versions) comporte trois blocs de relations, dont deux dans le module économique, à savoir la fonction objectif (la fonction d'utilité) et les contraintes économiques et un bloc dans le module du climat retraçant les équations d'émissions de GES, de climat (température) et de dommages. Cette structure est identique dans toutes les versions, à la différence que certains aspects, notamment la fonction de dommages et/ou les paramètres associés sont actualisés d'une version à une autre. La version la plus récente disponible (version de 2016) du modèle DICE, appelé DICE-2016R2, figurant dans l'étude de Nordhaus (2018) se présente comme ci-après :

- **Module économique**

Le modèle DICE maximise une fonction objectif de bien-être social ( $W$ ) qui est la somme actualisée de l'utilité intertemporelle ( $U$ ). Cette fonction s'écrit comme suit :

$$Max W = \sum_{t=1}^{Tmax} \frac{1}{(1 + \rho)^t} U[c(t), L(t)] \quad (E1)$$

Avec  $c(t)$ , la consommation par tête au temps  $t$ ,  $L(t)$ , la taille de la population au temps  $t$  et  $\rho$ , le taux de préférence intertemporelle sociale.

L'équation d'utilité est définie comme ci-après :

$$U[c(t), L(t)] = L(t) * \left\{ \frac{[c(t)]^{1-\alpha}}{1-\alpha} \right\} \quad (E2)$$

L'équation (E2) montre que l'utilité à chaque période est une fonction iso-élastique de la consommation par habitant. Cette forme suppose une élasticité constante de l'utilité marginale de la consommation.

La production brute  $Y(t)$  est déterminée à partir d'une fonction de production de type Cobb-Douglas combinant les facteurs capital  $K(t)$  et travail  $L(t)$  ainsi que la technologie  $A(t)$  :

$$Y(t) = A(t)K(t)^\gamma L(t)^{1-\gamma} \quad (E3)$$

La production nette  $Q(t)$  est égale à la production brute  $Y(t)$  ajustée des dommages économiques  $\Omega(t)$  et des coûts d'atténuation  $\Lambda(t)$  liés au changement climatique. La prise en compte de ces ajustements entraîne une modification de la fonction de production Cobb-Douglas comme suit :

$$Q(t) = \Omega(t)[1 - \Lambda(t)]Y(t) = \Omega(t)[1 - \Lambda(t)]A(t)K(t)^\gamma L(t)^{1-\gamma} \quad (E4)$$

A l'équilibre, la production nette est égale à la demande répartie entre la consommation  $C(t)$  et l'investissement  $I(t)$

$$Q(t) = C(t) + I(t) \quad (E5)$$

La consommation par tête  $c(t)$  est obtenue par l'équation  $c(t) = C(t)/L(t)$  (E6)

Le capital  $K(t)$  est dérivé à partir de l'équation d'accumulation du stock de capital suivante :

$$K(t) = (1 - \delta)K(t - 1) + I(t) \quad (E7)$$

- **Le module du climat**

La fonction de dommages considérée est une fonction quadratique<sup>9</sup> de la température moyenne mondiale  $T_{AT}$ .

$$\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2] \quad (E8)$$

Avec  $\Psi_1$  et  $\Psi_2$  qui sont des paramètres.

L'équation des coûts de réduction est une fonction dans laquelle les coûts de réduction des émissions dépendent du taux de réduction des émissions,  $\mu(t)$ . Cette fonction de coût est convexe, traduisant que le coût marginal de la réduction augmente avec le taux de réduction.

$$\Lambda(t) = \theta_1(t)\mu(t)^{\theta_2} \quad (E9)$$

Les émissions de GES,  $E(t)$ , proviennent de deux sources, à savoir les émissions issues des activités industrielles,  $E_{Ind}(t)$ , considérées comme endogènes et les autres émissions exogènes, en l'occurrence, celles résultant du réchauffement des sols  $E_{Land}(t)$ .

$$E(t) = E_{Ind}(t) + E_{Land}(t) \quad (E10)$$

Les émissions industrielles sont déterminées en multipliant un niveau exogène d'intensité carbone,  $\sigma(t)$  par la production brute, tout en tenant compte du taux de réduction des émissions,  $\mu(t)$ .

$$E_{Ind}(t) = \sigma(t)[1 - \mu(t)]A(t)K(t)^\gamma L(t)^{1-\gamma} \quad (E11)$$

La concentration ou l'accumulation de GES est représentée par un modèle de cycle de carbone reposant sur 3 réservoirs : l'atmosphère  $M_{AT}(t)$ , la couche supérieure des océans  $M_{UP}(t)$  et la couche profonde des océans  $M_{LO}(t)$ . L'atmosphère constitue un réservoir supposé se mélanger rapidement dans les océans supérieurs et les océans profonds. Les océans profonds constituent un puits de carbone limité mais vaste à long terme. Chacun des trois réservoirs est supposé être bien mélangé à court terme, tandis que le mélange entre les océans supérieurs et profonds est supposé être extrêmement lent.

$$M_{AT}(t) = E(t) + \phi_{11}M_{AT}(t-1) + \phi_{21}M_{UP}(t-1) \quad (E12)$$

$$M_{UP}(t) = \phi_{12}M_{AT}(t-1) + \phi_{22}M_{UP}(t-1) + \phi_{32}M_{LO}(t-1) \quad (E13)$$

$$M_{LO}(t) = \phi_{23}M_{UP}(t-1) + \phi_{33}M_{LO}(t-1) \quad (E14)$$

---

<sup>9</sup> Dans les versions figurant dans les études de 2007 et 2014 (DICE-2013R), la fonction de dommages est une fonction quadratique inverse spécifiée comme suit :  $\Omega(t) = \frac{1}{1 + \Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2}$

Les accumulations de GES entraînent le changement climatique via des mécanismes radioactifs. Ce changement climatique se matérialise par un réchauffement de la surface de la terre, c'est-à-dire par l'augmentation des températures. Les équations structurelles suivantes permettent de mettre en exergue la relation de base entre les concentrations de GES,  $M_{AT}(t)$ , les forces radiatives,  $F(t)$  et la dynamique du changement climatique, notamment la température moyenne mondiale,  $T_{AT}(t)$  :

$$F(t) = \tau \{\log_2[M_{AT}(t)/M_{AT}(1750)]\} + F_{EX}(t) \quad (E15)$$

$$T_{AT}(t) = T_{AT}(t-1) + \varepsilon_1\{F(t) - \varepsilon_2 T_{AT}(t-1) - \varepsilon_3[T_{AT}(t-1) - T_{LO}(t-1)]\} \quad (E16)$$

$$T_{LO}(t) = T_{LO}(t-1) + \varepsilon_4\{[T_{AT}(t-1) - T_{LO}(t-1)]\} \quad (E17)$$

Globalement, la formalisation du modèle DICE permet intuitivement de mettre en évidence le mécanisme suivant permettant de capter l'interaction entre le changement climatique et les variables macroéconomiques : En l'absence des mesures d'atténuation  $\Lambda(t)$  des émissions, les émissions de GES,  $E(t)$ , induisent des accumulations de GES dans l'atmosphère  $M_{AT}(t)$ . Ces accumulations entraînent via des effets radioactifs  $F(t)$ , un changement climatique se traduisant par une élévation de la température moyenne mondiale  $T_{AT}(t)$ . Cette hausse de la température engendre des dommages  $\Omega(t)$  sur les variables économiques, en l'occurrence la production (passant de  $Y(t)$  à  $Q(t)$ ), la consommation par tête  $c(t)$  et par conséquent sur le bien-être social  $W$ .

En dépit du fait que ce modèle constitue un cadre intégré permettant d'analyser l'impact du changement climatique sur des variables économiques, notamment la production agrégée, la consommation et l'investissement, sa structure ne permet pas de quantifier de manière plus explicite les effets du changement climatique sur la production et l'inflation au niveau désagrégé, plus précisément au niveau des différents secteurs de l'économie. Plus spécifiquement, ce modèle ne prend pas en compte les impacts sur les prix des biens et services, ni au niveau agrégé, ni au niveau désagrégé. En revanche, il présente l'avantage de fournir des informations offrant la possibilité d'insérer le changement climatique dans d'autres modèles structurels présentant également un cadre intégré, en l'occurrence les modèles DSGE, afin d'évaluer les effets des chocs climatiques sur plusieurs variables économiques, en particulier les effets sur la production et l'inflation, tant du point de vue sectoriel qu'au niveau de l'économie en général.

Que renseignent les travaux empiriques relatifs aux effets du changement climatique sur la production et l'inflation ?

## 1.2. Aperçu des travaux empiriques

Hormis les Modèles d'Évaluations Intégrés (IAM) conçus, plusieurs travaux empiriques analysant l'impact des chocs climatiques sur la production et/ou l'inflation ont été recensés dans la littérature. Du point de vue méthodologique, la plupart s'appuie essentiellement sur des

modèles économétriques, notamment les modèles de panel (De Bandt et al., 2021 ; Acevedo et al., 2020 ; Faccia et al., 2021 ; Heinen et al., 2019 ; Parker, 2018, Dell et al., 2012), des modèles Vectoriel Autorégressif (VAR) (Asafu-Adjaye et al., 2022 ; Mukherjee et Ouattara ; 2021, Beirne et al., 2021) ou un modèle Autoregressif à retards échelonnés (ARDL) (Kahn et al., 2019 ; Hagos, 2018).

### **1.2.1. Impact des chocs climatiques sur la production**

Divers travaux se sont intéressés à l'impact des chocs climatiques sur la production, dont certains portent sur des échantillons de pays incluant ceux de l'UEMOA, notamment les études de Bandt et al. (2021), Acevedo et al. (2020), Kahn et al. (2019) ainsi que celle de Dell et al. (2012).

De Bandt et al. (2021) analysent les effets du réchauffement climatique sur un échantillon de 126 pays à revenus faibles et intermédiaires en appliquant la technique de projections locales sur des données de panel couvrant la période 1960-2017. Les résultats mettent en évidence qu'une augmentation de la température de 1°C réduit la croissance annuelle du PIB réel par habitant de 0,74 à 1,52 point de pourcentage, quel que soit le niveau de développement des pays. Une décomposition sectorielle montre que la part de la valeur ajoutée industrielle diminue également. Alors que la part de la valeur ajoutée agricole augmente, la production et la productivité agricoles diminuent. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que le réchauffement climatique constitue un piège à pauvreté, compliquant l'adaptation au changement climatique dans les pays en développement, particulièrement dans les pays à niveaux de revenus les plus faibles, en raison de leur faible résilience et de leur forte vulnérabilité socioéconomique.

En outre, Acevedo et al. (2020) appliquent la même démarche pour examiner l'impact de l'augmentation de la température sur les performances macroéconomiques d'un échantillon plus large de 180 pays avancés, émergents et à revenus faibles, à partir des données de panel allant de 1950 à 2015. Les résultats révèlent que la hausse de la température dans les pays au climat chaud a un effet négatif sur la production en affectant défavorablement les productions agricoles et industrielles, les investissements, la productivité du travail et la santé humaine. Les pays chauds à faible revenu subissent les coûts les plus importants. Dans un pays à faible revenu médian, une augmentation de 1°C de la température annuelle moyenne induit une baisse de la production globale d'environ 2% et de l'investissement d'environ 10% au bout de sept (7) ans.

Kahn et al. (2019) étudient l'impact de la hausse de la température et des précipitations sur l'activité économique à l'aide d'un modèle Autoregressif à retards échelonnés (ARDL), en utilisant des données de panel sur 174 pays sur la période allant de 1960 à 2014. Les résultats laissent apparaître que la hausse persistante de la température affecte négativement la croissance de la production réelle par habitant. Une augmentation persistante de la température mondiale moyenne de 0,04°C par an, en l'absence de politiques d'atténuation, réduirait le PIB réel mondial par habitant de 7,22% d'ici 2100. Ces effets varient considérablement d'un pays à

l'autre. En revanche, la hausse des précipitations n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la croissance de la production réelle par habitant.

En analysant l'impact des chocs de températures sur la croissance économique à l'aide des spécifications en panel sur des données de 125 pays, Dell et al. (2012) trouvent que l'augmentation des températures réduit la croissance économique avec des effets négatifs sur les secteurs agricole et industriel ainsi que la stabilité politique.

### **1.2.2. Impact des chocs climatiques sur l'inflation**

Les travaux empiriques analysant l'impact des chocs climatiques sur l'inflation restent limités dans la littérature, comme le soulignent Faccia et al. (2021) et Mukherjee et Ouattara (2021). S'agissant d'études sur des échantillons incluant des pays de l'UEMOA, Asafu-Adjaye et al. (2022) étudient les effets des chocs de température sur la production et l'inflation en régressant un modèle Vectoriel AutoRégressif (VAR) sur des données de panel annuelles de 48 pays africains sur la période allant de 1990 à 2020. L'analyse des réponses impulsionnelles montre que les chocs de température sont inflationnistes et entraînent une baisse significative de la production réelle. Sur cette base, les auteurs suggèrent que les banques centrales prêtent attention aux chocs d'offre induits par le climat pour proposer la réponse politique appropriée. Une analyse portant sur l'agriculture spécifiquement indique qu'une baisse de la productivité agricole induite par le climat entraîne une baisse des revenus des ménages et se traduit par des réductions massives du bien-être. Avec la baisse de la production agricole, la demande alimentaire dépasse l'offre, exerçant une pression à la hausse sur les prix intérieurs et l'inflation. En outre, Mukherjee et Ouattara (2021) analysent l'impact des chocs de température sur l'inflation, à partir de l'estimation d'un modèle VAR sur des données de panel d'un échantillon de 107 pays développés et en développement couvrant la période 1961-2014. Les résultats mettent en évidence que les chocs de température conduisent à des pressions inflationnistes. Les effets des chocs demeurent plus persistants dans les pays en développement.

Par ailleurs, quelques-unes des études recensées n'incluent pas les pays de l'UEMOA. Par exemple, Heinen et al. (2019) examinent l'impact des ouragans et des inondations sur l'indice des prix à la consommation sur un échantillon de 15 pays des îles Caraïbes en régressant un modèle de panel sur des données mensuelles allant de 2001 à 2012. Les résultats de l'estimation du modèle révèlent que ces conditions météorologiques extrêmes entraînent l'inflation dans ces pays. En outre, Hagos (2018) analyse l'influence de la hausse de la température sur les prix des denrées alimentaires au Tigré, en faisant recours à un modèle Autoregressif à retards échelonnés, estimé avec des données mensuelles couvrant la période de janvier 2009 à décembre 2015. Les résultats montrent que la hausse de la température contribue à l'augmentation des prix des denrées alimentaires telles que l'orge, le maïs, le sorgho, le blé et le teff blanc.

Faccia et al. (2021) étudient l'impact des chocs de températures sur diverses mesures des prix, à savoir les prix à la consommation (y compris les composantes alimentaires et non

alimentaires), les prix à la production et le déflateur du PIB. Ils utilisent la technique de projections locales dans une spécification en panel portant sur 48 économies de marché avancées et émergentes. En outre, comparativement aux autres études, ils effectuent des simulations à partir d'un modèle néokeynésien simple prenant en compte l'influence des chocs de températures mondiale et domestique sur la productivité agricole et l'évolution des prix. Ce modèle simple décrit les comportements des ménages, des entreprises et de la banque centrale, à l'instar d'un modèle DSGE. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que la température affecte l'évolution des prix à moyen terme, confirmant que le changement climatique joue un rôle important dans la stabilité des prix.

Il conviendrait de souligner que les études de Asafu-Adjaye et al. (2022) et de Faccia et al. (2021) s'intéressent à la production et l'inflation à la fois comparativement aux autres qui portent soit sur la production, soit sur l'inflation spécifiquement.

## II. DEMARCHE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE

L'approche méthodologique consiste à insérer les informations du module du climat extraites du modèle DICE-2016R2 dans le modèle DSGE de la BCEAO. Plus précisément, la fonction de dommages sera intégrée dans les équations relatives à la production dans les secteurs agricole et non agricole. Cette fonction qui met en relation les dommages et le niveau de la température (choc climatique) constitue un canal permettant d'analyser les incidences de la hausse de la température sur les activités et l'évolution des prix dans les différents secteurs, puis en conséquence, sur la production globale et le niveau général des prix. La prise en compte du changement climatique dans les modèles DSGE constitue une contribution méthodologique par rapport aux travaux empiriques antérieurs analysant spécifiquement l'impact du changement climatique sur l'inflation, au regard des approches adoptées dans ces travaux.

Comme souligné par Molico (2019), « *Mis à part quelques exceptions, en temps normal, les modèles dynamique et stochastique d'équilibre général (DSGE) souvent utilisés par les banques centrales aux fins d'analyses macroéconomiques et monétaires font abstraction des changements climatiques et des politiques connexes. Cependant, il serait possible d'intégrer ces éléments aux modèles DSGE et, de façon similaire, de prendre en compte les catastrophes naturelles causées par les changements climatiques dans les approches semi-structurelles de modélisation macroéconomique* ».

Du point de vue de la spécification fonctionnelle, il conviendrait de souligner qu'au même titre que la fonction Cobb-Douglas généralement spécifiée pour la production dans les différents secteurs d'activité, la fonction de dommages liée à la température garde également une même spécification dans tous les secteurs d'activité. Cependant, à la différence des facteurs de productions dont les emplois sont spécifiques à chaque secteur dans la fonction Cobb-Douglas, le choc de température a non seulement une source mondiale avec les émissions mondiales de GES mais également constitue une vulnérabilité transversale à l'ensemble des pays de l'UEMOA ainsi que dans tous les secteurs d'activité. Pour rappel, le modèle DICE portant sur

l'économie mondiale décrit les impacts du changement climatique (élévation de la température moyenne mondiale) dû aux émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) par le canal de la fonction de dommages. Comme susmentionné, l'Accord de Paris recommande de maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale en dessous de 2°C tout en poursuivant les efforts pour contenir cette hausse à 1,5°C, afin d'atténuer davantage les conséquences désastreuses sur la planète.

### **2.1. Insertion de la fonction de dommages dans le modèle DSGE de la BCEAO**

Dans le modèle DSGE<sup>10</sup> de la BCEAO, la production dans le secteur des biens non échangeables regroupe les productions des secteurs agricole et non agricole respectivement. Les productions de gros dans les secteurs agricole et non agricole dépendent des productions réalisées par les entreprises individuelles dans lesdits secteurs. En outre, le niveau des prix dans chaque secteur est une variable composite résultant de la fixation des prix des biens individuels par les entreprises de ce secteur. Par ailleurs, les démarches d'optimisation des comportements des agents permettent d'établir des relations d'interaction entre les variables du modèle, notamment entre le prix fixé par l'entreprise dans un secteur, le prix agrégé dans le secteur et la production dans le secteur.

Les biens d'exportations constituent la production locale réalisée dans le secteur des biens échangeables tandis que les biens d'importations servent d'intrants pour les productions de gros.

Le niveau général des prix dans l'économie est une variable composite combinant les prix déterminés dans les secteurs des biens non échangeables (secteurs agricole et non agricole) et les prix à l'importation dans le secteur des biens échangeables (secteur relatif au commerce international).

Sous ce schéma, un choc climatique (hausse de la température) occasionne des dommages qui affectent directement les productions des biens individuels (intermédiaires) et indirectement les productions de gros (assemblages) ainsi que les prix dans le secteur des biens non échangeables. En outre, ces dommages affectent directement la production dans le secteur des biens échangeables. Par ailleurs, ces dommages se répercutent indirectement sur plusieurs autres variables endogènes du modèle.

Le tableau N°1, ci-après, fournit une synthèse décrivant la modification des fonctions de productions de biens initiales (sans dommages liés au climat) spécifiées dans le modèle DSGE de la BCEAO due à la prise en compte des dommages liés au changement climatique.

---

<sup>10</sup> La structure globale du modèle DSGE initial de la BCEAO est présentée à l'annexe.

Pour rappel, la fonction de dommages spécifiée à partir de l'équation (E8), ci-dessus, se présente comme suit :

$$\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]$$

Avec  $\Omega(t)$  et  $T_{AT}(t)$  constituant les variables relatives respectivement aux dommages économiques et à la température à la période  $t$ .  $\Psi_1$  et  $\Psi_2$  sont les paramètres.

**Tableau N°1** : Fonctions de productions avec prise en compte des dommages

	Fonction de production de biens initiale (sans dommages liés au changement climatique)	Fonction de production de biens prenant en compte les dommages liés au changement climatique
Secteur des biens non échangeables (secteurs agricole $f$ et non agricole $g$ dans le modèle DSGE de la BCEAO)	$Y_{jt}^f = Z_t^f h_{jt}^f$ $Y_{jt}^g = Z_t^g (k_{jt}^g)^{\alpha_g} (h_{jt}^g)^{1-\alpha_g}$	$Y_{jt}^f = \Omega_t Z_t^f h_{jt}^f$ $Y_{jt}^f = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] Z_t^f h_{jt}^f$ $Y_{jt}^g = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] Z_t^g (k_{jt}^g)^{\alpha_g} (h_{jt}^g)^{1-\alpha_g}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Y_{jt}^f</math> est la production des biens agricoles de l'entreprise <math>j</math> à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>Z_t^f</math> représente un choc de technologie dans le secteur agricole à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>h_{jt}^f</math> désigne la quantité de travail utilisée par l'entreprise <math>j</math> à la période <math>t</math> dans le secteur agricole ;</li> <li>- <math>Y_{jt}^g</math> est la production des biens non agricoles de l'entreprise <math>j</math> à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>k_{jt}^g</math> et <math>h_{jt}^g</math> sont les quantités de capital physique et de travail utilisées par l'entreprise <math>j</math> à la période <math>t</math> dans le secteur non agricole ;</li> <li>- <math>Z_t^g</math> capte un choc de technologie dans le secteur non agricole à la période <math>t</math>.</li> </ul>	
Secteur des biens échangeables (secteur des exportations)	$Y_t^x = Z_t^x (k_t^x)^{\alpha_x} (h_t^x)^{1-\alpha_x}$	$Y_t^x = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] Z_t^x (k_t^x)^{\alpha_x} (h_t^x)^{1-\alpha_x}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Y_t^x</math> est la production des biens d'exportations à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>k_t^x</math> et <math>h_t^x</math> sont les quantités de capital physique et de travail utilisées dans le secteur des exportations à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>Z_t^x</math> capte un choc de technologie dans le secteur des exportations à la période <math>t</math>.</li> </ul>	

Source : L'auteur

## 2.2. Dérivation des nouvelles relations à l'équilibre

La résolution des programmes d'optimisation des entreprises avec les nouvelles fonctions de production conduit à la détermination de relations d'équilibre du modèle prenant en compte le changement climatique. Ces relations concernent essentiellement celles décrivant les effets directs de l'intégration du changement climatique sur l'équilibre du modèle. Le tableau N°2, ci-dessous, présente un aperçu de certaines relations d'équilibre modifiées.

**Tableau N°2** : Quelques nouvelles relations d'équilibre avec prise en compte du changement climatique

	Relations d'équilibre initiales (sans dommages liés au changement climatique)	Relations d'équilibre prenant en compte les effets liés au changement climatique
Secteur des biens non échangeables (secteurs agricole $f$ et non agricole $g$ dans le modèle DSGE de la BCEAO)	$\frac{W_t^f}{P_t} = mc_t^f Z_t^f$ $Y_t^{f*} = Z_t^f h_t^f$ $\frac{W_t^g}{P_t} = mc_t^g (1 - \alpha_g) Z_t^g (\tilde{k}_t^g)^{\alpha_g} (h_t^g)^{-\alpha_g}$ $r_t^{k,g} = mc_t^g \alpha_g Z_t^g (\tilde{k}_t^g)^{\alpha_g - 1} (h_t^g)^{1 - \alpha_g}$ $Y_t^{g*} = Z_t^g (\tilde{k}_t^g)^{\alpha_g} (h_t^g)^{1 - \alpha_g}$	$\frac{W_t^f}{P_t} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] mc_t^f Z_t^f$ $Y_t^{f*} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] Z_t^f h_t^f$ $\frac{W_t^g}{P_t} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] mc_t^g (1 - \alpha_g) Z_t^g (\tilde{k}_t^g)^{\alpha_g} (h_t^g)^{-\alpha_g}$ $r_t^{k,g} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] mc_t^g \alpha_g Z_t^g (\tilde{k}_t^g)^{\alpha_g - 1} (h_t^g)^{1 - \alpha_g}$ $Y_t^{g*} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] Z_t^g (\tilde{k}_t^g)^{\alpha_g} (h_t^g)^{1 - \alpha_g}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\frac{W_t^f}{P_t}</math> est le salaire réel dans le secteur agricole, avec <math>W_t^f</math> le salaire nominal et <math>P_t</math> le niveau général des prix à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>mc_t^f</math> représente le coût marginal de production dans le secteur agricole à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>Y_t^{f*}</math> désigne la production optimale dans le secteur agricole à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>\frac{W_t^g}{P_t}</math> est le salaire réel dans le secteur non agricole, avec <math>W_t^g</math> le salaire nominal et <math>P_t</math> le niveau général des prix à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>r_t^{k,g}</math> est le rendement du capital physique dans le secteur non agricole à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>mc_t^g</math> représente le coût marginal de production dans le secteur non agricole à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>\tilde{k}_t^g</math> est le stock de capital dans le secteur non agricole à la période <math>t</math> ajusté des facteurs liés à l'efficacité de l'investissement ;</li> <li>- <math>Y_t^{g*}</math> est la production optimale dans le secteur non agricole à la période <math>t</math>.</li> </ul>	
Secteur des biens échangeables (secteur des exportations)	$\frac{W_t^x}{P_t} = \frac{P_t^x}{P_t} (1 - \alpha_x) Z_t^x (\tilde{k}_t^x)^{\alpha_x} (h_t^x)^{-\alpha_x}$ $r_t^{k,x} = \frac{P_t^x}{P_t} \alpha_x Z_t^x (\tilde{k}_t^x)^{\alpha_x - 1} (h_t^x)^{1 - \alpha_x}$ $Y_t^{x*} = Z_t^x (\tilde{k}_t^x)^{\alpha_x} (h_t^x)^{1 - \alpha_x}$	$\frac{W_t^x}{P_t} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] \frac{P_t^x}{P_t} (1 - \alpha_x) Z_t^x (\tilde{k}_t^x)^{\alpha_x} (h_t^x)^{-\alpha_x}$ $r_t^{k,x} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] \frac{P_t^x}{P_t} \alpha_x Z_t^x (\tilde{k}_t^x)^{\alpha_x - 1} (h_t^x)^{1 - \alpha_x}$ $Y_t^{x*} = [1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]] Z_t^x (\tilde{k}_t^x)^{\alpha_x} (h_t^x)^{1 - \alpha_x}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\frac{W_t^x}{P_t}</math> est le salaire réel dans le secteur des exportations, avec <math>W_t^x</math> le salaire nominal et <math>P_t</math> le niveau général des prix à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>P_t^x</math> est le niveau des prix à l'exportation à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>r_t^{k,x}</math> est le rendement du capital physique dans le secteur des exportations à la période <math>t</math> ;</li> <li>- <math>\tilde{k}_t^x</math> est le stock de capital dans le secteur des exportations à la période <math>t</math> ajusté des facteurs liés à l'efficacité de l'investissement ;</li> <li>- <math>Y_t^{x*}</math> est la production optimale dans le secteur des exportations à la période <math>t</math>.</li> </ul>	

Source : L'auteur

L'intégration de ces nouvelles relations d'équilibre comme compléments à celles découlant des comportements d'optimisation des autres agents, notamment les ménages, le Gouvernement et la Banque centrale permet de disposer d'une version du modèle DSGE de la BCEAO prenant en compte l'avènement d'un choc climatique (hausse de la température) et ses dommages sur les variables économiques. Ainsi, cette version permet de simuler des scénarios relatifs au réchauffement climatique marqué par l'augmentation de la température et d'évaluer l'impact de ces scénarios sur la production et l'inflation.

## 2.3. Etat stationnaire et calibration des paramètres du modèle avec changement climatique

### 2.3.1. L'état stationnaire

L'état stationnaire qui caractérise la situation normale de l'économie sans avènement de chocs reste inchangé, car les calculs nécessaires pour sa détermination reposent sur la neutralisation de la dimension temporelle et de tous les chocs insérés dans le modèle. Ainsi, le choc lié à la variation de la température, et par ricochet, les dommages qui en résultent sont neutralisés dans les équations du modèle.

A titre illustratif, à l'état stationnaire, la température et les dommages prennent les valeurs  $T_{AT}(t) = T_{AT} = 0$  et  $\Omega(t) = \Omega = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2] = 1$ , permettant donc de retrouver les équations du modèle DSGE initial ainsi que celles de l'état stationnaire qui lui est associé.

### 2.3.2. Calibration des paramètres

Il s'agit essentiellement de la calibration des deux (2) paramètres additionnels  $\Psi_1$  et  $\Psi_2$  de la fonction de dommages figurant dans la version du modèle DSGE de la BCEAO prenant en compte l'avènement d'un choc climatique.

Cependant, la calibration de ces mêmes paramètres dans le modèle DICE, notamment dans les versions de 2013 (DICE-2013R) et 2016 (DICE-2016R2) figurant dans les études de Nordhaus (2014) et Nordhaus (2018) respectivement repose sous l'hypothèse de l'existence d'une relation entre le taux de perte de la production et le terme quadratique de la température, combinée à un jugement d'experts. En effet, suivant Nordhaus (2018), la fonction de dommage du modèle DICE-2016R2 se réécrit comme suit :  $\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2] = 1 - D(t)$  et le taux de perte de la production défini par le ratio  $\frac{D(t)}{Y(t)}$  est lié par la relation  $\frac{D(t)}{Y(t)} = \Psi_2 T_{AT}(t)^2$ .

A partir de cette relation et en prenant en compte le jugement d'experts, la valeur du paramètre  $\Psi_2$  est calibrée sur la base que des réchauffements climatiques de 3°C et 6°C correspondraient à des taux de perte de la production de 1,63% et 6,53% avec un ajustement de 25% sur les ampleurs pour tenir compte des dommages dans tous les secteurs, soit des taux de perte de la production de  $(1,63\% \times 1,25 = 2,04\%)$  et  $(6,53\% \times 1,25 = 8,16\%)$  respectivement (Voir Nordhaus et Moffat (2017)).

Ainsi,  $\Psi_2 = \frac{2,04\%}{3^2} = \frac{8,16\%}{6^2} = 0,00227$  dans le modèle DICE-2016R2.

Les paramètres du modèle DICE-2016R2 ont servi de référence pour la calibration de ceux du modèle DSGE de la BCEAO. En effet, le modèle DICE-2016R2 étant la version la plus récente disponible avec notamment une mise à jour des paramètres alors les valeurs des paramètres  $\Psi_1$  et  $\Psi_2$  de cette version ont servi de calibrage des paramètres de la fonction de dommages du modèle DSGE avec choc climatique.

Il conviendrait de souligner que le manuel de l'utilisateur de Nordhaus et Sztorc (2013) fournit les calibrations des paramètres des versions des années 1994, 1999, 2008 et 2013 du modèle DICE. Ainsi les calibrations des paramètres selon les versions se présentent comme suit dans le tableau N°3 ci-dessous :

**Tableau N°3** : Valeurs des paramètres selon les versions du modèle DICE

	Version de 1994	Version de 1999	Version de 2008	Version de 2013 (DICE-2013R)	Version de 2016 (DICE-2016R2)
Valeur de $\Psi_1$	0	- 0,0045	0	0	0
Valeur de $\Psi_2$	0,0014777	0,0035	0,0028388	0,00267	0,00227

Source : L'auteur

*NB : Les modèles figurant dans les études de Nordhaus (1992 ; 2007 ; 2014 ; 2018) sont identiques aux versions de 1994, 2008, 2013 et 2016 respectivement.*

#### 2.4. Simulation du choc climatique

Cette étude insère un douzième (12<sup>ème</sup>) choc dans le modèle DSGE de la BCEAO, en l'occurrence un choc climatique lié à la hausse de la température afin d'analyser l'impact du changement climatique sur certaines variables économiques du modèle, telles que la production et l'inflation.

Selon les prévisions du GIEC (2021) portant sur l'Afrique, toutes les régions du continent africain connaîtraient très probablement un réchauffement climatique supérieur à 3°C d'ici la fin de ce siècle, à l'exception de l'Afrique Centrale où le réchauffement serait très probablement inférieur à 2,5°C. En outre, les projections situent les scénarios de réchauffement très probablement dans une fourchette comprise entre 0,5°C et 2,5°C d'ici le milieu du siècle en fonction de la région.

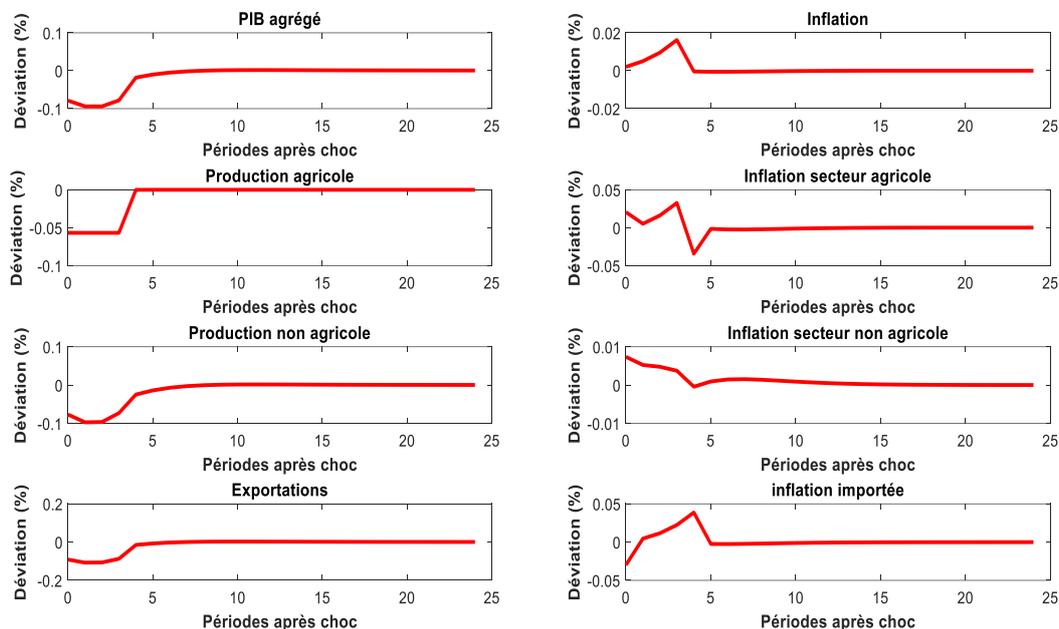
Pour ce faire, des scénarios sont simulés suivant une approche déterministe, en faisant varier le niveau de température. Il s'agit d'attribuer des valeurs à la variable  $T_{AT}(t)$  relative à la température et d'évaluer les répercussions de ce niveau de température sur la production et l'inflation, toutes choses étant égales par ailleurs. Les impacts des chocs concernent la déviation en pourcentage de la variable par rapport à sa valeur à l'état stationnaire.

Les scénarios (chocs) retenus sont  $T_{AT}(t) = 0,5^{\circ}C$  ;  $T_{AT}(t) = 1,5^{\circ}C$  et  $T_{AT}(t) = 2,5^{\circ}C$ . Chaque scénario s'étale sur quatre (4) trimestres.

### III. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS DES SIMULATIONS

#### 3.1. Cas avec une hausse de la température $T_{AT}(t) = 0,5^{\circ}\text{C}$

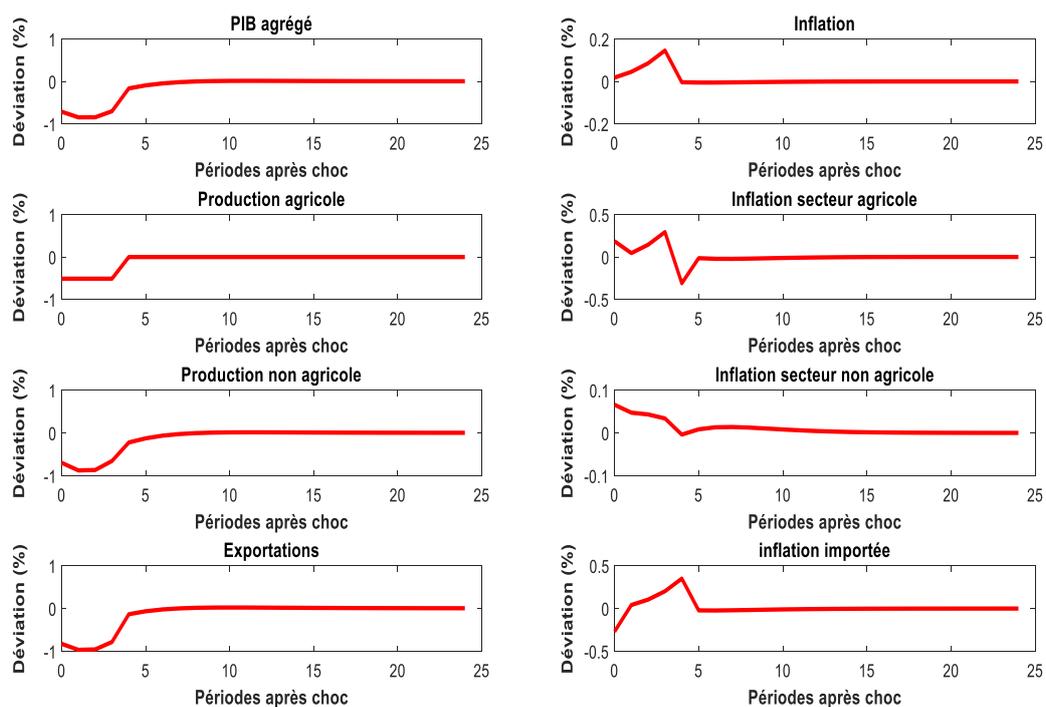
Graphique 1 : Résultats avec une hausse de la température  $T_{AT}(t) = 0,5^{\circ}\text{C}$



Source : L'auteur à partir des simulations

#### 3.2. Cas avec une hausse de la température $T_{AT}(t) = 1,5^{\circ}\text{C}$

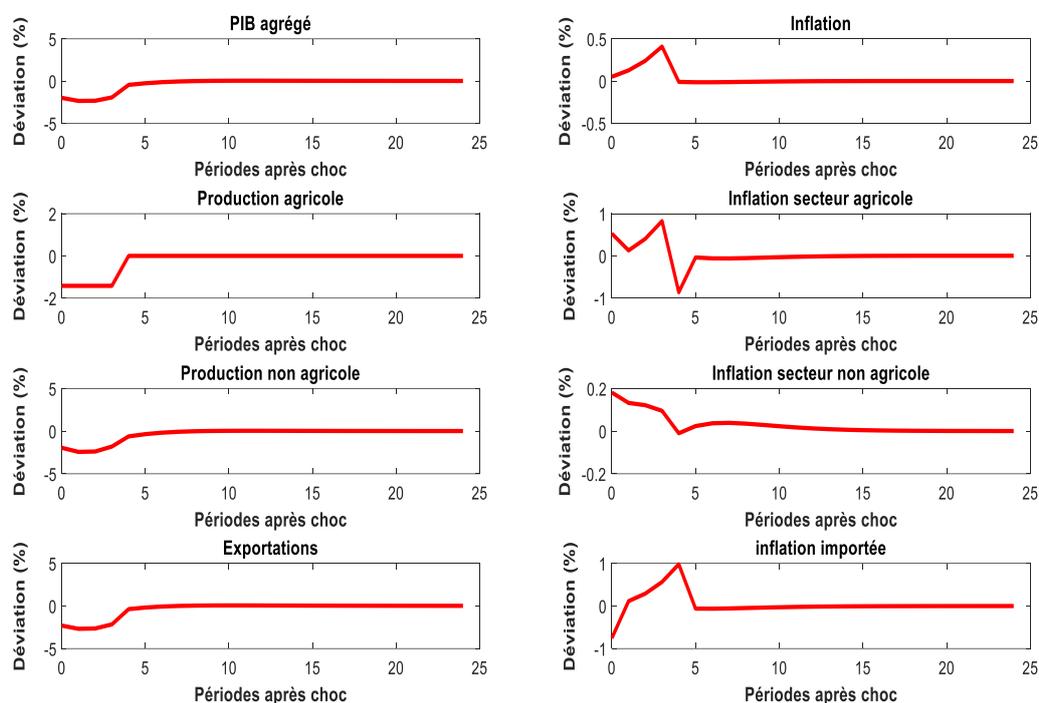
Graphique 2 : Résultats avec une hausse de la température  $T_{AT}(t) = 1,5^{\circ}\text{C}$



Source : L'auteur à partir des simulations

### 3.3. Cas avec une hausse de la température $T_{AT}(t) = 2,5^{\circ}C$

**Graphique 3** : Résultats avec une hausse de la température  $T_{AT}(t) = 2,5^{\circ}C$



Source : L'auteur à partir des simulations

Dans l'ensemble, les impacts du réchauffement climatique sur les variables macroéconomiques d'intérêt sont conformes aux prédictions de la littérature tant au niveau agrégé qu'au niveau sectoriel. En effet, un accroissement de la température induit une baisse de la production agrégée et une hausse de l'inflation globale. Ces impacts se reflètent du point de vue sectoriel avec une contraction de la production et une augmentation de l'inflation dans les secteurs des biens non échangeables (secteurs agricole et non agricole) ainsi qu'un fléchissement de la production dans le secteur des biens échangeables, en l'occurrence, les biens d'exportations.

Comme l'illustrent les résultats chiffrés dans le tableau N°4, ci-après, une hausse de la température de  $1,5^{\circ}C$  induirait en déviation par rapport à l'état stationnaire :

- une baisse de la production globale de 0,85 point de pourcentage et une hausse de l'inflation de 0,15 point de pourcentage ;
- une baisse de la production de 0,51 point de pourcentage et une hausse de l'inflation de 0,30 point de pourcentage dans le secteur agricole ;
- une baisse de la production de 0,87 point de pourcentage et une hausse de l'inflation de 0,07 point de pourcentage dans le secteur non agricole ;
- une baisse de la production des biens d'exportations de 0,97 point de pourcentage dans le secteur des biens échangeables.

**Tableau N°4 : Synthèse des résultats**

		Choc climatique (hausse de la température)		
		0,5°C	1,5°C	2,5°C
Impacts au niveau agrégé	Baisse de la production	0,09	0,85	2,35
	Hausse de l'inflation	0,02	0,15	0,41
Impacts dans le secteur agricole	Baisse de la production	0,06	0,51	1,42
	Hausse de l'inflation	0,03	0,30	0,82
Impacts dans le secteur non agricole	Baisse de la production	0,10	0,87	2,43
	Hausse de l'inflation	0,01	0,07	0,18
Impacts dans le secteur des exportations	Baisse de la production	0,11	0,97	2,68

Source : L'auteur à partir des résultats des simulations

*NB : les valeurs consignées sont les déviations maximales en point de pourcentage de chaque variable par rapport à son état stationnaire.*

Ces résultats corroborent ceux des travaux empiriques recensés dans la revue de la littérature, en dépit du fait que ces derniers reposent essentiellement sur des modèles économétriques et ne portent pas exclusivement sur les pays de l'UEMOA. Par exemple, l'étude de De Bandt et al. (2021) sur un échantillon de 126 pays et celle de Acevedo et al. (2020) sur un échantillon plus large de 180 pays mettent en évidence qu'une augmentation de la température de 1°C réduit la croissance annuelle du PIB réel par habitant de 0,74 à 1,52 point de pourcentage et une baisse de la production d'environ 2% respectivement.

### 3.4. Analyses de sensibilité

Le modèle DICE ayant connu plusieurs versions dans lesquelles la fonction de dommages et/ou les paramètres associés sont actualisés, des analyses de sensibilité ont été effectuées afin d'apprécier le degré de variation des résultats entre les deux versions les plus récentes, à savoir les modèles DICE-2013R et DICE-2016R2. Les fonctions de dommages et les paramètres de ces deux versions se présentent dans le tableau N°5 comme suit :

**Tableau N°5 : fonctions de dommages et paramètres des versions de 2013 et 2016**

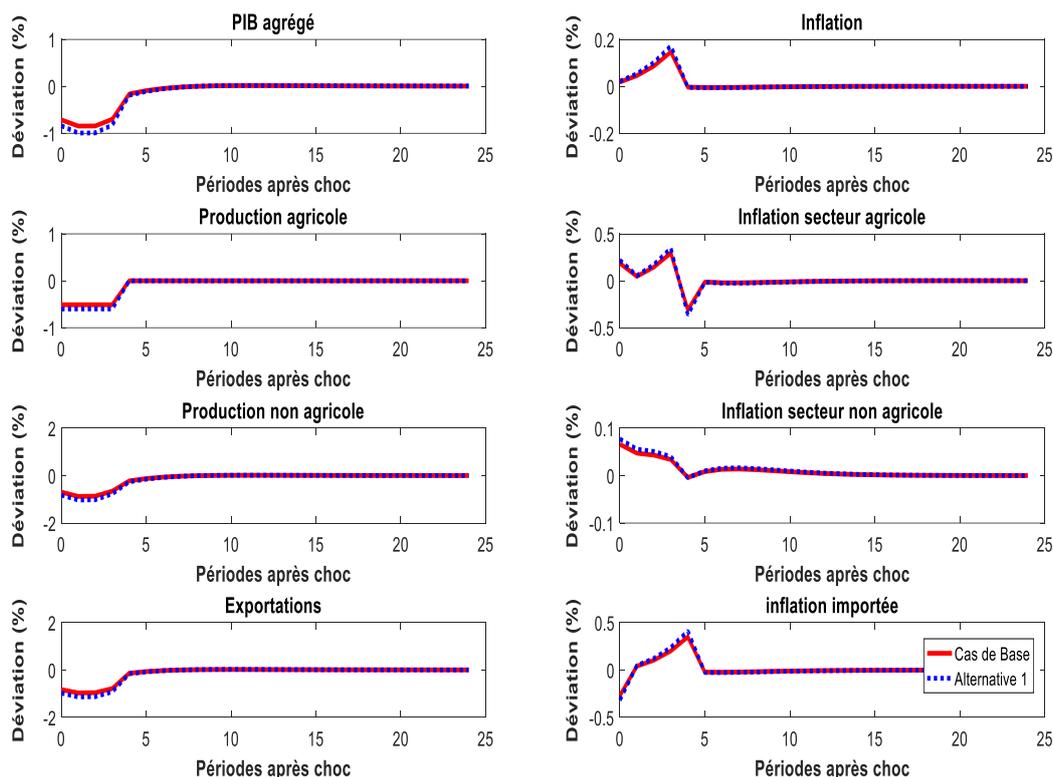
	Version de 2013 (DICE-2013R)	Version de 2016 (DICE-2016R2)
Fonction de dommages	$\Omega(t) = \frac{1}{1 + \Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2}$	$\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]$
Valeur des paramètres $\Psi_1$ et $\Psi_2$	$\Psi_1 = 0$ et $\Psi_2 = 0,00267$	$\Psi_1 = 0$ et $\Psi_2 = 0,00227$

Source : L'auteur

Deux analyses de sensibilité sont menées. La première a consisté à calibrer les paramètres de la fonction de dommages récente, celle du modèle DICE-2016R2, par leurs valeurs de 2013 et 2016 respectivement. La seconde procède à une même calibration des paramètres dans chaque fonction de dommages, en leur attribuant les valeurs fixes (similaires) utilisées dans le modèle DICE-2016R2.

### 3.4.1. Analyse de sensibilité sur les valeurs des paramètres

**Graphique 4** : Résultats avec les valeurs modifiées des paramètres

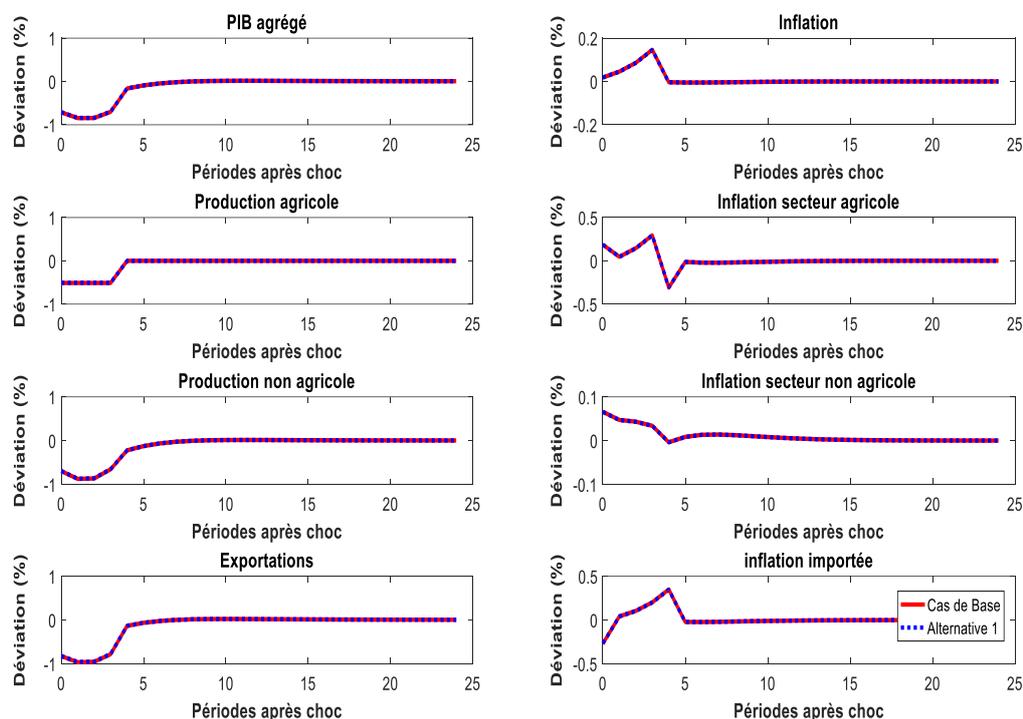


Source : L'auteur à partir des simulations.

NB : Cas de base (trait plein) : simulation avec  $\Psi_1 = 0$  et  $\Psi_2 = 0,00227$  dans  $\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]$   
 Alternative 1 (trait en pointillé) : simulation avec  $\Psi_1 = 0$  et  $\Psi_2 = 0,00267$  dans  $\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]$

### 3.4.2. Analyse de sensibilité avec les fonctions de dommages

**Graphique 5** : Résultats avec le changement des fonctions de dommages



Source : L'auteur à partir des simulations.

NB : Cas de base (trait plein) : simulation avec  $\Psi_1 = 0$  et  $\Psi_2 = 0,00227$  dans  $\Omega(t) = 1 - [\Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2]$   
 Alternative 1 (trait en pointillé) : simulation avec  $\Psi_1 = 0$  et  $\Psi_2 = 0,00227$  dans  $\Omega(t) = \frac{1}{1 + \Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_2 T_{AT}(t)^2}$

Il ressort des analyses (Graphiques N°4 et 5) que les résultats sont sensibles à la variation des paramètres mais ne changent pas avec la modification de la fonction de dommages. Les paramètres élevés de la version de 2013 comparativement à ceux de la version de 2016 induisent des impacts plus accentués. Ce constat paraît logique au regard des formes fonctionnelles de la fonction de dommages qui traduisent une relation inverse entre les paramètres et les dommages. En outre, il conviendrait de souligner que les impacts défavorables des chocs climatiques sur la production et l'inflation au niveau agrégé et sectoriel sont toujours observables dans les deux cas de figures.

## IV- IMPLICATIONS DES RESULTATS DE L'ETUDE

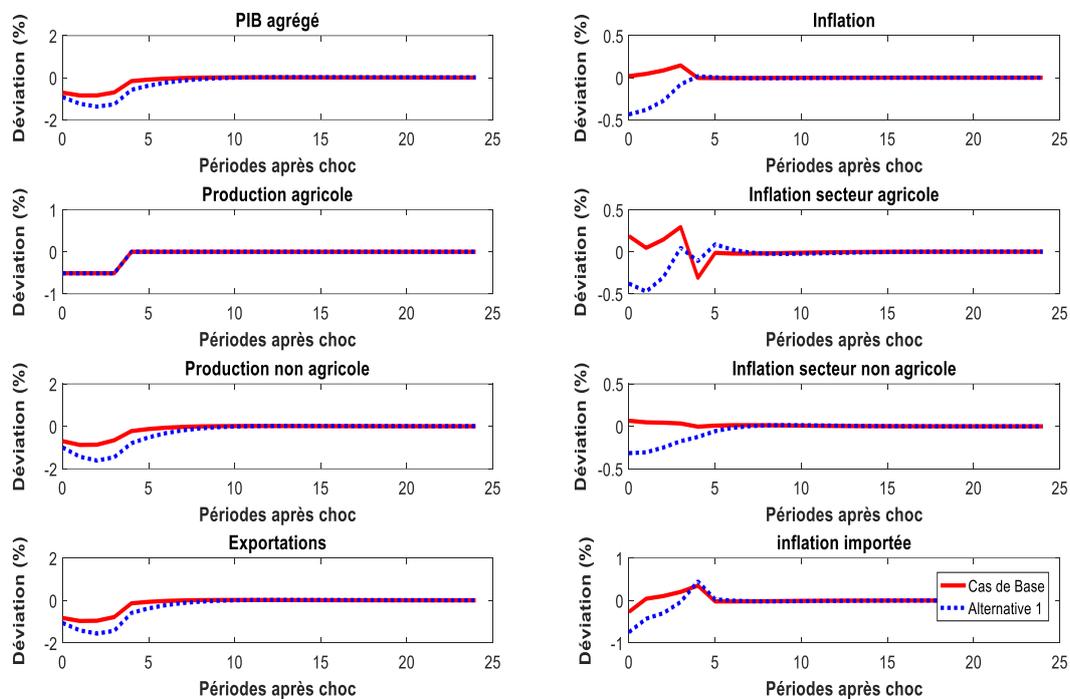
A l'instar de la plupart des études susmentionnées, les résultats impliquent la mise en place de politiques visant l'atténuation des impacts négatifs induits par l'occurrence des chocs climatiques. A cet égard, des scénarios de politiques sont simulés.

Un scénario relatif à une action de politique monétaire (*choc sur le taux d'intérêt dans la fonction de réaction de la banque centrale*) et un autre sur une mesure de politique budgétaire (*choc sur les dépenses gouvernementales*) ont été simulés individuellement. De manière pratique, ces

scénarios concernent une hausse du taux directeur de 10 points de pourcentage et une hausse du taux des dépenses publiques de 10% respectivement dans le modèle DSGE.

#### 4.1. Impacts d'une hausse du taux directeur de 10 points de pourcentage

**Graphique 6** : Résultats avec une hausse du taux directeur de 10 points de pourcentage



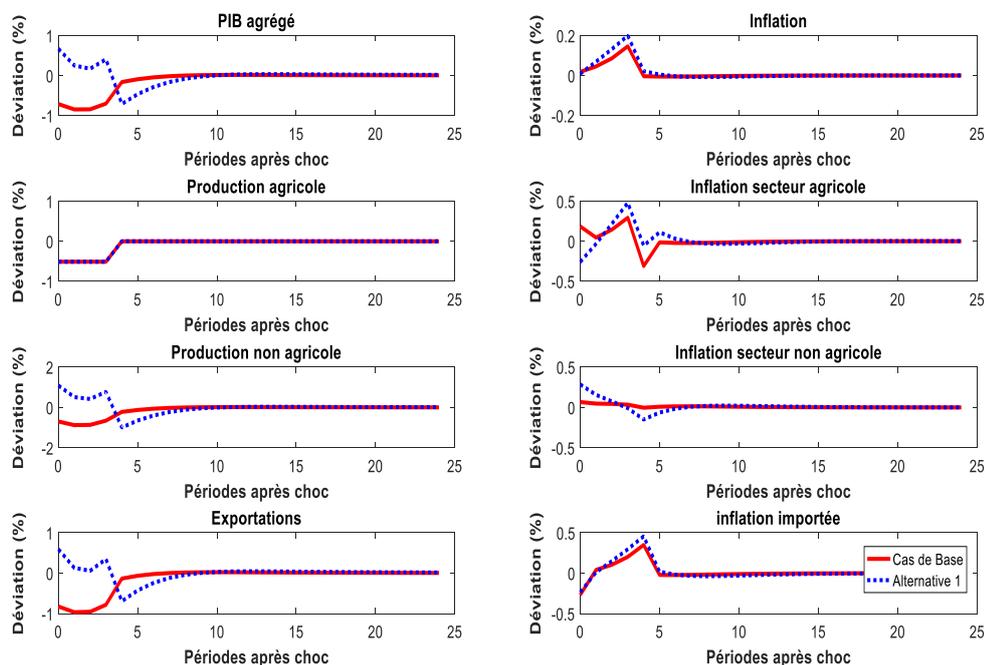
Source : L'auteur à partir des simulations.

NB : Cas de base (trait plein): simulation avec choc de température de 1,5°C

Alternative 1 (trait en pointillé): simulation avec choc de température de 1,5°C et action de politique monétaire.

## 4.2. Impacts d'une hausse du taux des dépenses publiques de 10%

**Graphique 7 : Résultats avec une hausse du taux des dépenses publiques de 10%**



Source : L'auteur à partir des simulations.

NB : Cas de base (trait plein): simulation avec choc de température de 1,5°C

Alternative 1 (trait en pointillé): simulation avec choc de température de 1,5°C et action de politique budgétaire.

Les résultats présentés ci-dessus (Graphiques N°6 et 7), pour le cas d'un choc de température de 1,5°C, laissent transparaître, de toute évidence qu'un resserrement de la politique monétaire visant à juguler l'inflation a des effets induits défavorables sur la production, en raison notamment du durcissement des conditions de financement. En outre, la politique budgétaire, en dépit de son effet multiplicateur sur la production via une augmentation de la demande globale, a une influence négative sur les prix.

A cet égard, il pourrait être envisageable de mettre en œuvre des politiques ciblées visant à favoriser des chocs d'offre positifs dans les secteurs d'activité, en particulier dans le secteur agricole sujet à moins d'interventions.

Concernant les Etats, l'attention pourrait davantage être portée sur :

- la réalisation des investissements publics dans des infrastructures et des technologies nouvelles adaptées, résistantes aux chocs climatiques et sources d'externalités positives dans chacun des secteurs d'activité ;
- les initiatives visant à stimuler les activités de recherche et développement, gages d'innovations devant faciliter l'adaptation aux mutations à moyen et long termes que pourrait engendrer le changement climatique.

S'agissant de la Banque Centrale, les politiques pourraient concerner :

- une incitation aux banques pour le financement des producteurs agricoles, en faveur d'une amélioration des mécanismes d'adaptation technologique dans le secteur agricole. En termes d'expérience en Afrique de l'Ouest, la Banque Centrale du Nigeria a mis en place plusieurs initiatives d'appuis au financement de l'agriculture. Adamgbe et al. (2020) en mentionnent certaines dont le Fonds du système de garantie du crédit agricole (ACGSF) mis en place par la Banque Centrale du Nigeria pour aider les banques à soutenir les activités agricoles ainsi que le système nigérian de partage des risques des prêts agricoles basé sur l'incitation (NIRSAL) avec pour objectif de déceler, mesurer, évaluer et partager le risque de crédit associé à une chaîne de valeur agricole afin d'encourager les banques à prêter à cette chaîne en toute confiance ;
- une coordination des actions avec les Etats consistant à les aider à mobiliser des ressources destinées à faire face aux aléas climatiques. A cet égard, la mise en place d'instruments de financement tels que les « obligations vertes » pourrait être encouragée, à l'instar notamment des « obligations de Relance » ou des « Bons de Soutien et de Résilience » dans l'Union. A ce sujet, des instruments financiers, notamment les obligations, appelés « obligations vertes », suggérées dans les réflexions (Fender et al., 2019) sont émis et acquis par les Autorités monétaires en Europe pour permettre de faire face aux risques climatiques. A titre d'illustration, la Banque Centrale Européenne (BCE) a déjà acheté 24% des « obligations vertes » émises par le secteur public pour un montant estimé à près de 48 milliards d'euros et 20% des « obligations vertes » du secteur privé, dont l'encours s'élèverait à 31 milliards d'euros (Coeuré, 2018).

## CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE

Le changement climatique demeure une préoccupation tant au niveau des gouvernements, des instances internationales que des banques centrales, du fait de ses répercussions sur les économies au plan mondial. A cet égard, cette étude se propose d'évaluer les impacts d'un choc climatique sur la production et l'inflation dans la zone UEMOA. Pour ce faire, la démarche méthodologique procède de la simulation d'un choc lié à la hausse de la température dans le modèle DSGE de la BCEAO sur la base de l'insertion d'une fonction de dommages. Cette fonction est extraite du modèle Dynamique Intégré du Climat et de l'Economie (DICE), plus précisément le modèle DICE-2016R2 de Nordhaus. Les résultats des simulations mettent en évidence qu'une hausse de la température se traduit par une baisse de la production agrégée et une hausse de l'inflation globale. Ces impacts sont observés également au niveau des secteurs d'activité avec une baisse de la production et une hausse de l'inflation dans les secteurs des biens non échangeables (secteurs agricole et non agricole) ainsi qu'une baisse de la production dans le secteur des biens d'exportations. En outre, il ressort des scénarios individuels de politique monétaire et de politique budgétaire, qu'un resserrement de la politique monétaire visant à juguler l'inflation a des effets induits défavorables sur la production, en raison notamment du durcissement des conditions de financement et que la politique budgétaire, en dépit de son effet multiplicateur sur la production via une augmentation de la demande globale, a une influence négative sur les prix. Ainsi, les résultats attirent l'attention sur la nécessité de mettre en œuvre des politiques ciblées visant à favoriser des chocs d'offre positifs dans les différents secteurs d'activité. Globalement, ces politiques devraient s'inscrire dans une optique de coordination des actions entre les Etats, la Banque Centrale et le secteur privé (secteur financier et non financier) visant à lutter contre le changement climatique dans l'Union.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ackerman F., DeCanio J. S., Howarth R. B. et Sheeran K. (2009), « Limitations of integrated assessment models of climate change », *Climatic Change*, 95 :297–315.
- Acevedo S., Mrkaic M., Novta N., Pugacheva E. et Topalova P. (2020), « The Effects of Weather Shocks on Economic Activity : What are the Channels of Impact? », *Journal of Macroeconomics*, 65, 103207.
- Adamgbe, E. T., Belonwu M. C., Ochu, E. R. et Okafor I. I. (2020), « Analysis of the Impact of Central Bank of Nigeria's Agricultural Intervention Funds on the Economy », *Economic and Financial Review*, Volume 58/1, Central Bank of Nigeria, March.
- Andersson M., Baccianti C. et Morgan J. (2020), « Climate change and the macro economy », *Occasional Paper Series*, N°243, European Central Bank, June.
- Arent D.J., Tol R.S.J., Faust E., Hella J.P., Kumar S., Strzepek K.M., Tóth F.L., et Yan D. (2014), « Key economic sectors and services ». In : *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A : Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 659-708.
- Asafu-Adjaye J., Ndung'u N. et Shimeles A. (2022), « Macroeconomic Consequences of Climate Change in Africa & Policy Implications », *Working Paper*, The Task Force on Climate, Development and the International Monetary Fund, April.
- Batten, S. (2018). « Climate change and the macroeconomy: a critical review », *Staff Working Paper*, N°706, Bank of England, January.
- Batten S., Sowerbutts R. et Tanaka M. (2016), « Let's talk about the weather: The impact of climate change on central banks », *Staff Working Paper*, N°603, Bank of England, May.
- Beirne J., Dafermos Y., Kriwoluzky A., Renzhi N., Volz U. et Wittich J. (2021), « The Effects of Natural Disasters on Price Stability in the Euro Area », *Working paper*, N°244, SOAS Department of Economics, Novembre.
- Coeuré B. (2018), « Monetary Policy and Climate Change », Speech at a conference on « Scaling up Green Finance: The Role of Central Banks », organised by the Network for Greening the Financial System, the Deutsche Bundesbank and the Council on Economic Policies, Berlin, 8 November 2018. Available at : <https://www.bis.org/review/r181109f.pdf>.
- Crespo Cuaresma, J., Hlouskova, J. et Obersteiner, M. (2008), « Natural disasters as creative destruction? evidence from developing countries », *Economic Inquiry*, 46(2), 214–226.
- Croitoru L., Miranda J. J. et Sarraf M. (2019), « Le coût de la dégradation de la zone côtière en Afrique de l'Ouest : Bénin, Côte d'Ivoire, Sénégal et Togo », Banque Mondiale, Mars.
- De Bandt O., Jacolin L. et Lemaire T. (2021), « Climate Change in Developing Countries : Global Warming Effects, Transmission Channels and Adaptation Policies », *Working Paper*, WP822, Banque de France, Juin.
- Debels-Lamblin E. et Jacolin L. (2020), « Impact du changement climatique sur l'Afrique subsaharienne : vulnérabilités, résilience et financements », *Bulletin de la Banque de France*, 230/4, Banque de France, juillet-Août.

Dell, M., Jones B. F., et Olken B. A. (2014), « What do we Learn From the Weather? The New Climate-Economy Literature », *Journal of Economic Literature*, 52, 740–98.

Dell, M., Jones B. F., et Olken B. A. (2012), « Temperature Shocks and Economic Growth : Evidence From the Last Half Century », *American Economic Journal : Macroeconomics*, 4, 66–95.

Eckstein D., Künzel V., Schäfer L. et Winges M. (2020), « Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2018 and 1999 to 2018 », *Briefing Paper*, Global climate risk index 2020.

Faccia D., Parker M., Stracca L. (2021), « Feeling the heat: extreme temperatures and price stability », *Working Paper Series*, N° 2626, European Central Bank, Décembre.

Fankhauser S. et Tol R. S. J. (2005), « On climate change and economic growth », *Resource and Energy Economics*, 27:1–17.

Fender I., McMorrow M., Sahakyan V. et Zulaica O. (2019), « Green Bonds: The Reserve Management Perspective », *BIS Quarterly Review*, September.

GIEC (2021), « Climate Change 2021 : The Physical Science Basis », Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, disponible via le lien <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

Hagos B. G. (2018), « Climate change driven food inflation in Ethiopia? », *Asian Journal of Empirical Research*, 8(1), 13-22.

Heinen A., Khadan J. et Strobl E. (2019), « The price impact of extreme weather in developing countries », *The Economic Journal*, vol. 129, no. 619, pp. 1327–1342.

Kahn, M. E., Mohaddes K., Ng R. N. C., Pesaran M. H., Raissi M. et Yang J-C. (2019), « Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change : A Cross-Country Analysis », *Cambridge Working Paper in Economics* 1965.

Molico M. (2019), « Étudier les impacts économiques des changements climatiques : les implications pour la politique monétaire et la stabilité financière », *Travaux de recherche du personnel*, Banque du Canada, consultable sur le site de la Banque du Canada via le lien <https://www.banqueducanada.ca/2019/11/etudier-impacts-economiques-changements-climatiques/>.

Mukherjee K. et Ouattara B. (2021), « Climate and monetary policy: do temperature shocks lead to inflationary pressures? », *Climatic Change*, 167: 32.

Nordhaus W. D. (2018), « Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies », *American Economic Journal: Economic Policy*, 10(3), 333–360. doi:10.1257/pol.20170046.

Nordhaus W. D. et Moffat A. (2017), « A Survey of Global Impacts of Climate Change: Replication, Survey Methods, and a Statistical Analysis », National Bureau of Economic Research (NBER), *Working Paper* 23646.

Nordhaus W. D. (2014), « Estimates of the Social Cost of Carbon: Concepts and Results from the DICE-2013R Model and Alternative Approaches », *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, June.

Nordhaus W. D. et Sztorc P. (2013), « DICE 2013R : Introduction and User's Manual », disponible à partir du lien <http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/>.

Nordhaus W. D. (2007), « The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy », Yale University, New Haven, Connecticut USA, June.

Nordhaus W. D. (1992), « The DICE Model : Background and structure of a dynamic Integrated Climate-Economy Model of the economics of global warning », *Cowles foundation discussion paper*, N°1009, February.

OCDE (2015), « The Economic Consequences of Climate Change », OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235410-en>.

Parker M. (2018), « The Impact of Disasters on Inflation », *Economics of Disasters and Climate Change*, Vol. 2(1), April, pp. 21-48.

Skidmore, M. et Toya, H. (2002), « Do natural disasters promote long-run growth? », *Economic Inquiry*, 40(4), 664–687

## **ANNEXE : Présentation de la structure du modèle DSGE de la BCEAO**

Le modèle DSGE de l'Union est un modèle en économie ouverte de type néokeynésien. Son architecture est axée sur les décisions des différentes catégories d'agents économiques (ménages, entreprises, Gouvernement et les Autorité monétaires). Chacun de ces agents agit de manière rationnelle, proactive et prospective. L'équilibre général du modèle est obtenu lorsque les agents économiques maximisent simultanément leur objectif, étant donné leurs différentes contraintes. En d'autres termes, cet équilibre requiert celui sur le marché du travail, des biens et services, tout en intégrant la contrainte budgétaire publique et la règle de politique monétaire.

Dans cette économie, il existe deux types de ménages : les ménages travaillant dans le secteur agricole et n'ayant pas accès aux marchés financiers ainsi que ceux exerçant dans les secteurs non agricole et d'exportations et ayant accès aux marchés financiers domestiques et internationaux. Ces derniers détiennent le capital physique et s'acquittent de taxes qu'ils reversent à l'agent fiscal du Gouvernement. La consommation globale des ménages intègre ainsi les consommations spécifiques de biens agricoles et non agricoles produits localement et importés.

Au titre de la production, les choix des entreprises sont basés sur la maximisation du profit, compte tenu de la technologie disponible, de la demande qui leur est adressée, de l'offre de travail et des changements de prix. Deux catégories d'entreprises sont présentes dans chacun des secteurs agricole et non agricole. Il s'agit des entreprises réalisant les productions des biens individuels (intermédiaires) et celles s'intéressant aux productions de gros (assemblages). Ces deux catégories s'apparentent aux détaillants et aux grossistes respectivement. Les entreprises de gros sont en concurrence parfaite tandis que les firmes produisant les biens intermédiaires sont dans un environnement de concurrence monopolistique. Ces dernières fixent leurs prix suivant un processus à la Calvo, traduisant une forme de rigidité sous l'hypothèse qu'une entreprise ne peut changer son prix à chaque période. Dans le secteur agricole, les firmes produisant les biens individuels utilisent seulement le travail comme facteur de production, dans un environnement concurrentiel, sans friction, ni rigidité du marché du travail. Les productions de gros sont obtenues à partir des biens intermédiaires constituant les intrants pour les entreprises de gros. Dans le secteur non agricole, les entreprises réalisant la production de gros combinent, sur la base d'une technologie de production dite CES (Constant Elasticity of Substitution), des biens et services importés ainsi que ceux intermédiaires produits localement. Les biens et services intermédiaires locaux sont produits à partir des inputs travail et capital physique. Cette hypothèse sur l'utilisation des facteurs de production dans les secteurs agricole et non agricole permet de refléter une situation selon laquelle la plus grande part de la production des biens agricoles s'effectue avec très peu de capital. Au total, la production (l'offre) globale destinée à l'économie locale se caractérise par les biens produits à l'intérieur dans les secteurs agricole et non agricole auxquels sont combinés les biens importés.

Les échanges de l'Union avec le reste du monde sont modélisés par les importations et les exportations. En effet, les importateurs se situant sur un marché de concurrence parfaite se procurent les biens sur les marchés internationaux à un prix libellé en monnaie étrangère, converti en monnaie locale par le taux de change. Cette relation traduit le pass-through complet des prix mondiaux des biens importés aux prix locaux. La fonction de production dans le secteur des biens d'exportations combine les facteurs de production travail et capital. Les entreprises exportatrices sont des preneurs de prix et n'ont pas de pouvoir de marché sur les prix étrangers des biens qu'elles exportent. A cet égard, le prix domestique des exportations est directement lié au prix mondial des exportations via le taux de change.

L'Etat collecte des taxes et consomme une partie de la production de l'économie. Les dépenses publiques dépendent de la production des biens et services non-agricoles. A chaque période, le budget de l'Etat est supposé équilibré. La BCEAO définit la politique monétaire sur la base d'une règle de Taylor. Dans cette règle, la Banque Centrale réagit seulement aux déviations de l'inflation et de l'activité économique par rapport à leurs niveaux respectifs de long terme.

Pour finir, le modèle DSGE de la BCEAO initial permet de simuler onze (11) différents chocs repartis en chocs survenant directement, soit du côté des ménages, des entreprises, de l'Etat, de la Banque Centrale ou du reste du monde et ayant des répercussions sur les variables économiques endogènes du modèle.

A cet égard, cette présente étude se permet donc d'intégrer un douzième (12<sup>ème</sup>) choc dans le modèle, en l'occurrence un choc climatique lié à la température afin d'analyser l'impact du changement climatique sur certaines variables économiques du modèle, telles que la production et l'inflation.



**Centre Ouest Africain de Formation  
et d'Etudes Bancaires (COFEB)**

Avenue Abdoulaye Fadiga  
BP : 3108 Dakar - Sénégal  
Téléphone : 00 221 33 839 05 00  
Fax : 00 221 33 823 83 35  
Contact : [courrier.zdrp@bceao.int](mailto:courrier.zdrp@bceao.int)

<https://cofeb.bceao.int>