

Projet Macroéconomie et Politique Monétaire : impacts économiques en zone Euro liés à la hausse des températures

Antoine Portalier, Badr Eddine El Hamzaoui, Naïm Lehbiben, Vincent Piedbois

19 juin 2024

1 Introduction

Ces dernières années ont placé les banques centrales au premier plan de la lutte contre le réchauffement climatique, avec des appels croissants pour l'intégration d'objectifs climatiques ou encore l'exclusion de certains actifs de leurs bilans en faveur d'actifs plus "verts". En réponse à ces enjeux, la Banque Centrale Européenne (BCE) a mis en place un premier agenda climatique en 2022.

Néanmoins, le changement climatique conduira également les banques centrales à réagir à différents types de chocs de demande et d'offre, avec des implications significatives en termes de stabilité des prix¹. Du côté de l'offre, des événements tels que les sécheresses augmenteront très probablement la volatilité des prix alimentaires, tandis que du côté de la demande, les périodes de chaleur extrême pourraient réduire la demande des ménages dans le secteur retail, entraînant une pression à la baisse sur les prix.

La prédominance des chocs d'offre par rapport aux chocs de demande (ou vice versa) est cruciale pour la conduite de la politique monétaire. En effet, alors que les banques centrales disposent des outils pour réagir aux chocs de demande², la gestion des chocs d'offre est plus difficile.

Dans les unions monétaires, les banques centrales sont également susceptibles de faire face à des réponses asymétriques aux anomalies de température. Les chocs induits par le changement climatique peuvent en effet ne pas frapper tous les pays de manière homogène, créant à la fois des pressions à la hausse et à la baisse sur les prix au sein de l'union monétaire. Une politique monétaire unique n'étant pas conçue pour faire face aux chocs spatialement différenciés, le réchauffement climatique constitue dès lors un enjeu crucial pour les banques centrales.

Dans ce rapport, nous traiterons cette problématique dans le cadre de l'Union Européenne, avec une inspiration des travaux de Natoli (2023)³ et Bennani & Farvaque (2024)⁴. Plus précisément, nous étudierons l'impact des anomalies de température sur l'inflation et la croissance des pays de la zone EU. Cette étude peut dès lors être considérée comme un "low case scenario", puisque la problématique du réchauffement climatique n'est pas analysée au travers des désastres climatiques, dont les impacts économiques immédiats sont supposés plus importants que ceux d'une hausse des températures (effets plus progressifs).

Nous verrons alors que le réchauffement climatique impacte les pays membres avec des intensités différentes, accroissant le "monetary-stress" (stress monétaire) à faire partie d'une union monétaire : à savoir la différence entre la politique de taux nécessaire pour qu'un pays atteigne sa stabilité des prix, et la politique de taux nécessaire pour que l'ensemble des autres pays atteignent également leur cible de stabilité des prix.

Notre rapport est structuré de la manière suivante : la section 2 détaillera une revue de littérature traitant des problématiques avancées. La section 3 présentera les données utilisées. La section 4 analysera la méthodologie et les résultats de l'impact des anomalies de températures sur les variables macroéconomiques des pays. Enfin, la section 5 présentera les conclusions sur le stress monétaire en zone EU induit par le réchauffement climatique.

2 Revue de littérature

Si les premières études portant sur l'impact de la hausse des températures datent du début des années 2000, celles portant sur les effets inflationnistes sont plus récentes.

1. Chen et al., 2021 : Engaging central banks in climate change? the mix of monetary and climate policy

2. Mankiw et al., 2005 : Commentary : separating the business cycle from other economic fluctuations

3. Natoli F., 2023 : The macroeconomic effects of temperature surprise shocks. Bank of Italy Working Paper

4. Bennani H., Farvaque E., 2024 : The temperature-induced monetary stress in the euro area

Faccia et al. (2021)⁵ ont mis en avant les effets durables sur l'inflation des températures extrêmes estivales, principalement dans les pays émergents, sur la base d'un panel de 34 économies développées et 15 en voie de développement sur la période 1980-2018. Mukherjee et Ouattara (2021)⁶ aboutissent à des conclusions similaires quant aux pressions inflationnistes persistantes pour les pays en développement, en travaillant néanmoins une période d'analyse plus longue (1961-2014). Sur un échantillon de pays avec différents niveaux de développement et régimes monétaires, Kabundi et al. (2022)⁷ trouvent des impacts différents selon l'horizon pour les pays développés. Alors que l'inflation tend à diminuer à moyen-terme après un choc de température à moyen terme, elle se maintient à court terme en raison de la politique et la crédibilité des banques centrales.

Au niveau de l'économie américaine, Natoli (2023) constate que les chocs de température extrêmes ont un effet significatif sur l'indice des prix à la consommation : un choc de température "froide" (cold choc) tend à diminuer le CPI US entre 0.1 et 0.2% selon l'horizon d'étude, tandis qu'un choc de température "élevée" (hot choc) entraîne des pressions inflationnistes avec une hausse du CPI légèrement inférieure à 0.1%.

Sur la zone euro, Ciccarelli et al. (2023)⁸ étudient l'effet des chocs basés sur des données météorologiques à haute fréquence sur les taux d'inflation désagrégés par type de produit. Bennani et Farvaque (2024) proposent une approche basée sur les anomalies de température, mettant en avant des baisses de l'inflation de l'ordre de 50bp à horizon 2 ans pour certains pays sensibles : Italie, Grèce, Espagne et Portugal. Nous aurons l'occasion de comparer nos résultats avec ceux de ce papier dans la section 4.

Concernant les études portant sur la croissance économique : Dell et al. (2012a)⁹ montrent que seuls les pays les plus défavorisés sont négativement affectés par des températures plus élevées. Burke et al. (2015)¹⁰ constatent également un effet négatif sur la croissance du PIB de la hausse des températures, mais ne trouvent pas d'impacts différenciés entre pays riches et pauvres. Kahn et al. (2021)¹¹ démontrent qu'un choc climatique positif (ou négatif) a des conséquences négatives à long terme sur la croissance du PIB par habitant, avec des effets marginalement plus importants pour les pays à faible revenu.

Les causes de relation économique négative entre température et PIB sont relativement bien documentées. Au niveau microéconomique, Seppanen et al. (2006)¹² avancent une baisse de la productivité au travail en situation de hautes températures, et Graff et al. (2014)¹³ constatent des réductions substantielles de l'offre de travail lors des journées chaudes, notamment dans les industries fortement exposées aux conditions météorologiques. Au niveau macroéconomique, les canaux des dommages au capital physique (capital de production ou produits intermédiaires/finis) et des changements des dynamiques d'investissement justifient cette relation inverse entre réchauffement climatique et croissance économique (Acevedo et al., 2020)¹⁴.

Outre les impacts macroéconomiques du changement climatique, notre rapport s'intéresse également au stress monétaire qu'il implique. La notion de stress monétaire a notamment été introduite pour la première fois par Clarida et al. (1998)¹⁵. Au travers de la règle de Taylor, Sturm et Wollmershäuser (2008)¹⁶ étudient la pertinence de la politique monétaire unique en calculant le stress monétaire spécifique à chaque pays de la zone euro. Dans cette même optique, Quint (2016)¹⁷ montre que le monetary-stress en zone EU, en particulier entre les pays "périphériques" (Grèce, Irlande et Espagne) et le reste des membres de la zone euro, a diminué par rapport à l'avant crise financière 2008.

3 Données

Afin de réaliser notre étude, nous avons récupéré des données climatiques et macroéconomiques de 12 pays de la zone Euro pour la période 1996 à 2021 : Autriche, Belgique, Estonie, Finlande, France, Allemagne, Grèce,

5. Faccia, D., Parker, M., Stracca, L., 2021. Feeling the heat : extreme temperatures and price stability

6. Mukherjee, K., Ouattara, B., 2021. Climate and monetary policy : do temperature shocks lead to inflationary pressures ?

7. Kabundi, A., Mlachila, M., Yao, J., 2022. How persistent are climate-related price shocks ? implications for monetary policy

8. Ciccarelli, M., Kuik, F., Hernandez, C.M., 2023. The asymmetric effects of weather shocks on euro area inflation

9. Dell, M., Jones, B.F., Olken, B.A., 2012a. Temperature shocks and economic growth : Evidence from the last half century

10. Burke, P.J., Leigh, A., 2010. Do output contractions trigger democratic change ?

11. Kahn, M.E., Mohaddes, K., Ng, R.N., Pesaran, M.H., Raissi, M., Yang, J.C., 2021. Long-term macroeconomic effects of climate change : A cross-country analysis

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

13. Graff Zivin, J., Neidell, M., 2014. Temperature and the allocation of time : Implications for climate change

14. Acevedo, S., Mrkaic, M., Novta, N., Pugacheva, E., Topalova, P., 2020. The effects of weather shocks on economic activity : what are the channels of impact ?

15. Clarida, R., Gali, J., Gertler, M., 1998. Monetary policy rules in practice : Some international evidence

16. Sturm, J.E., Wollmershäuser, T., 2008. The stress of having a single monetary policy in Europe

17. Quint, D., 2016. Is it really more dispersed ? measuring and comparing the stress from the common monetary policy in the euro area.

Irlande, Italie, Pays-Bas, Portugal, Espagne. Il s'agit des 12 pays contribuant le plus au PIB de la zone Euro.

Concernant les données macroéconomiques, pour chaque pays p , nous récupérons le PIB réel par habitant (volume chaînés 2010), noté $Y_{p,q}$, et l'ICPH index normalisé à 100 en 1996, noté $P_{p,t}$. Les données de PIB sont trimestrielles tandis que les données d'inflation sont mensuelles.

Pour les données climatiques, nous avons utilisé les données fournies sur le site du Climate Change Knowledge Portal. Nous avons d'une part récupéré les données historiques de températures et de précipitation mensuelles sur la période 1950-2021. Nous avons également téléchargé les données de projections de températures (fréquence annuelle ici) pour les années entre 2025 et 2100. Il s'agit des données du CMIP6, regroupant les données les plus récentes de modèles climatiques établis par des chercheurs du monde entier, un projet à l'initiative du WCRP (World Climate Research Programme). Les projections sont disponibles pour 4 scénarios climatiques SSP (Shared Socioeconomic Pathways), auxquels sont associés des hausses de températures plus ou moins importantes :

- SSP_1 : scénario d'un monde durable, focus sur le développement durable
- SSP_2 : scénario médian, poursuite de la trajectoire actuelle. Nous retenons le scénario SSP2 comme scénario central dans la suite de notre étude.
- SSP_3 : un monde fragmenté, avec des rivalités régionales et des inégalités élevées. Le développement durable ne sera pas au coeur des préoccupations
- SSP_5 : modélise un monde de forte croissance économique basé sur l'utilisation de combustibles fossiles. Scénario "positif" pour la croissance économique et la réduction des inégalités.

4 Impacts macroéconomiques liés au réchauffement climatique

A des fins de simplifications, nous utiliserons l'appellation PIB pour désigner le PIB réel par habitant (volume chaînés 2010).

4.1 Anomalie température

Nous aborderons le réchauffement climatique sous l'angle de l'anomalie de température, une approche couramment utilisée dans la littérature qui présente l'avantage d'être disponible sur de longues périodes. Elle est définie, pour un pays p , comme l'écart de température pour un mois t donné par rapport à la moyenne historique (sur la période 1950-1980) de la température pour ce même mois :

$$\text{Temp_anom}_{p,t} = \text{Temp}_{p,t} - \overline{\text{Temp}_{p,t}}$$

Avec $\overline{\text{Temp}_{p,t}}$ la moyenne historique de température pour le pays p au mois t sur la période 1950 à 1980.

Nous calculons donc l'anomalie température mensuellement sur la période 1996-2021, dont les résultats sont présentés en figure 1. Pour le PIB, nous aurons besoin de l'anomalie température trimestrielle. Nous procédons à une agrégation temporelle, où l'anomalie d'un trimestre correspond à la somme des anomalies des mois qui le compose.

Sur la période 1996-2021, les différences d'anomalie température entre les 12 pays sélectionnés sont assez marquées. Les écarts varient du simple au triple, avec les anomalies les plus élevées pour les pays d'Europe du Nord (Estonie, Finlande, Belgique). A l'inverse, les anomalies les plus faibles sont observées pour les pays d'Europe du Sud : Grèce, Portugal, Italie, Espagne. Ces écarts importants suggèrent que, si le réchauffement climatique a des conséquences macroéconomiques, tous les pays ne sont pas touchés avec la même intensité : une politique monétaire de la BCE applicable à tous les pays de la zone Euro semblerait alors inappropriée.

4.2 Modèles utilisés

Nous souhaitons étudier l'impact de la hausse des température sur l'inflation et le PIB à différents horizons h . Pour cela, nous utilisons les modélisations proposées par Bennani & Farvaque (2024). Pour l'inflation, pour chaque pays p , le modèle suivant est utilisé, avec des données mensuelles et $h = 0, \dots, 24$:

$$\ln(P_{p,t+h}) - \ln(P_{p,t-1}) = \beta_p^h \text{Temp_anom}_{p,t} + \sum_{k=1}^6 a_k^h (\ln(P_{p,t+h-k}) - \ln(P_{p,t-k})) + \epsilon_{p,t} \quad (1)$$

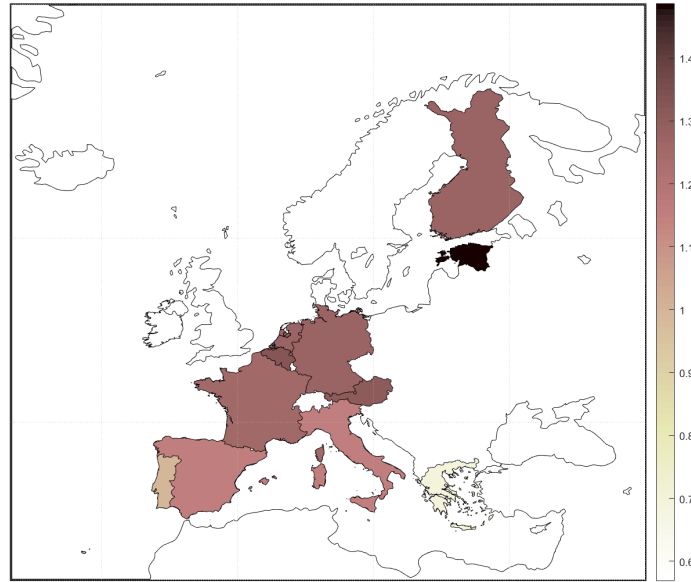


FIGURE 1 – Anomalie température moyenne des pays de la zone Euro (1996-2021)

Pour le PIB, avec des données trimestrielles et $h = 0, \dots, 8$, l'équation s'écrit :

$$\ln(Y_{p,q+h}) - \ln(Y_{p,q-1}) = \beta_p^h \text{Temp_anom}_{p,q} + \sum_{k=1}^2 a_k^h (\ln(Y_{p,q+h-k}) - \ln(P_{p,q-k})) + \epsilon_{p,q} \quad (2)$$

Nous utilisons l'estimateur de la matrice de variance covariance de Newey-West afin que les résidus ϵ soient robustes à l'autocorrélation et à l'hétéroscédasticité. Pour les réponses de l'inflation à l'anomalie température, les auteurs utilisent 6 retards de la variable dépendante afin d'éviter une éventuelle autocorrélation dans les termes d'erreur.

Les betas obtenus pour les différents horizons h correspondent aux fonctions de réponse impulsionnelles. Elles permettent de mesurer de combien augmente ou diminue l'inflation (respectivement le PIB) pour une hausse de l'anomalie de température de 1°C .

4.3 Résultats obtenus

Les fonctions de réponses impulsionnelles que nous obtenons pour l'inflation et le PIB sont respectivement présentées en figure 2 et 3. Les intervalles de confiance au seuil de 68% (c'est-à-dire \pm un écart type) des betas sont également affichés.

Au regard des IRF d'inflation, nous remarquons qu'une hausse de l'anomalie température n'impacte pas tous les pays avec la même ampleur. A horizon 24 mois, l'impact est significativement positif pour seulement 4 pays d'après nos intervalles de confiance : Pays-Bas, Estonie, Grèce, Irlande. Il reste néanmoins particulièrement faible (moins de 10bp). Pour tous les autres, la hausse des températures n'impacterait pas significativement l'inflation à horizon 2 ans. Quel que soit l'horizon, les courbes restent dans l'ensemble très proche de 0.

Ces résultats divergent de ceux qu'obtiennent Bennani & Farvaque (2024), et plus globalement ceux de la littérature qui tendent à montrer une relation négative entre anomalie température et inflation. Dans leur article, ils obtiennent un impact négatif significatif à horizon 2 ans pour 5 pays : Italie, Espagne, Portugal, Grèce, Estonie. De plus, leurs impacts sont plus importants en niveau, entre -20 et -40bp. Ces impacts significatifs concernent exclusivement (à l'exception de l'Estonie) des pays du sud de l'Europe, où les températures sont déjà plus élevées initialement que dans les autres pays.

Comme mentionné en section 2, les impacts de la hausse des températures sur l'inflation divergent selon la localisation géographique des pays, leur développement économique et le régime de politique monétaire en vigueur dans le pays. Les pays sujets aux sécheresses par exemple verront leur inflation augmenter en cas de choc de température positif, en raison de la tension sur la composante alimentaire de l'inflation induite par la sécheresse. L'agriculture est particulièrement sensible aux chocs de températures, et plus globalement aux événements climatiques extrêmes (inondations, cyclones, tempêtes...). Les rendements des terres seront affaiblis en cas de hausse des températures, réduisant l'offre et conduisant à un excès de demande, ce qui fera donc augmenter les prix des denrées alimentaires. Cet effet est davantage accentué pour les pays pauvres ou en

développement, pour lesquels l'alimentation repose essentiellement sur ce qui est produit au niveau national. Par ailleurs, ce sont essentiellement ces pays les moins développés ou émergents qui sont le plus sujets à ces risques climatiques. Ils seront sujets à une hausse de l'inflation après un choc de température positif. La baisse de la production agricole pèse ainsi négativement sur le PIB.

La littérature met également en avant la potentielle baisse de productivité des travailleurs face à une hausse des températures, à la fois pour les individus travaillant en extérieur et en intérieur (en l'absence de système de climatisation, d'autant plus impactant dans les pays moins développés), ce qui réduit la production des entreprises et augmente leurs coûts de production. L'effet est donc davantage positif sur l'inflation et négatif sur le PIB.

Concernant les pays développés, comme c'est le cas dans l'échantillon que nous avons sélectionné, les tensions inflationnistes sont assez limitées. A l'inverse, des pressions baissières peuvent également s'exercer suite à un choc de température positif. Une hausse de la température s'accompagne d'une réduction de la consommation d'énergie attribuable aux besoins de chauffage en période hivernale ou automnale. Cette réduction de consommation énergétique peut néanmoins être partiellement compensée par une consommation plus forte en période estivale en raison de systèmes de climatisation, bien que cela concerne moins de ménages.

Enfin, des études mettent également en avant la baisse de consommation des ménages¹⁸, invoquant une baisse des déplacements dans les lieux de consommation en période de chaleur plus importante. Il s'agit ici de consommation pour des produits non essentiels. Cette baisse de demande des ménages pèse également négativement sur l'inflation.

Dans les pays Européens de notre étude, d'après les résultats de Bennani & Favarque (2024), la baisse de l'inflation suite à une hausse des température suggère que les effets négatifs sur la demande l'emportent.

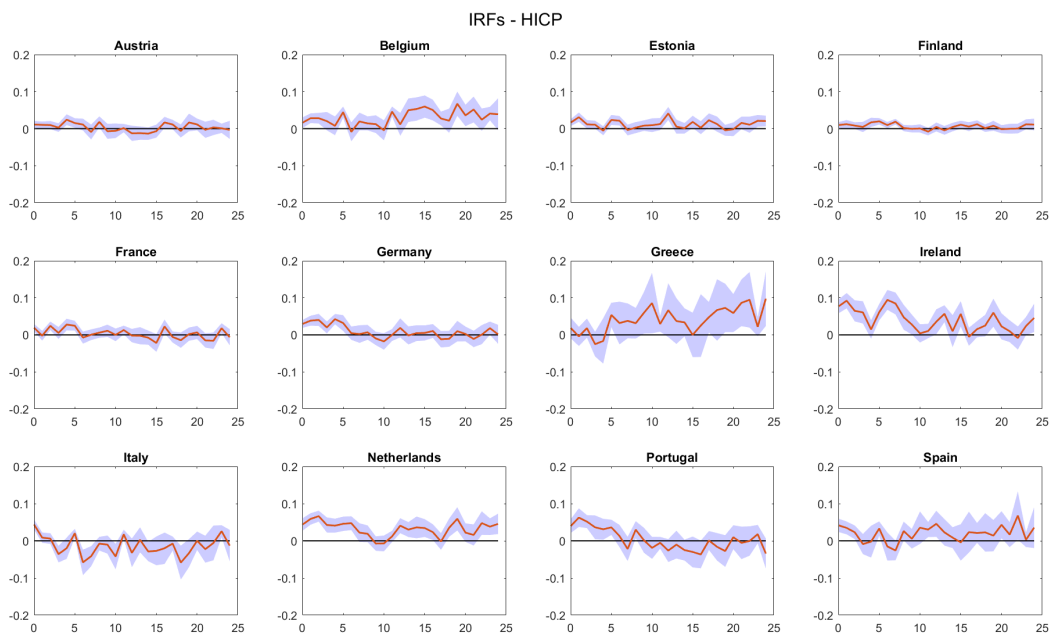


FIGURE 2 – IRF HICP

Concernant les fonctions de réponses du PIB à un choc de température, nous obtenons une relation positive significative pour plusieurs pays à horizon 2 ans : France, Grèce, Portugal, Espagne. Là encore, il s'agit essentiellement de pays du sud de l'Europe. L'impact varie de 10bp (France) à 50bp (Grèce). Pour les autres pays, l'impact n'est pas significatif à cet horizon. Néanmoins, les trajectoires de réponse du PIB pour l'ensemble des pays sont plutôt orientées à la hausse ou sinon stagne autour de zéro. Là encore, ces résultats sont contraires à ceux qu'obtiennent Bennani & Favarque (2024). Leur article met en avant une décroissance significative du PIB à l'horizon deux ans pour plus de la moitié des pays : Autriche, Belgique, Grèce, Estonie, Finlande, Allemagne, Italie. Pour les autres pays, l'exception de l'Irlande, ils obtiennent des trajectoires flat.

Comme évoqué précédemment, la hausse des températures tend à faire baisser la productivité du travail, réduire la production des entreprises par conséquent, et diminuer la consommation des ménages. Tout ceci contribue à réduire la croissance économique. De plus, les investissements tendent à se réduire suite à un choc de température : il y a moins de ressources à investir en raison la réduction de production des entreprises.

18. Roth Tran, Brigitte. 2022 "Sellin' in the Rain : Weather, Climate, and Retail Sales," Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2022-02

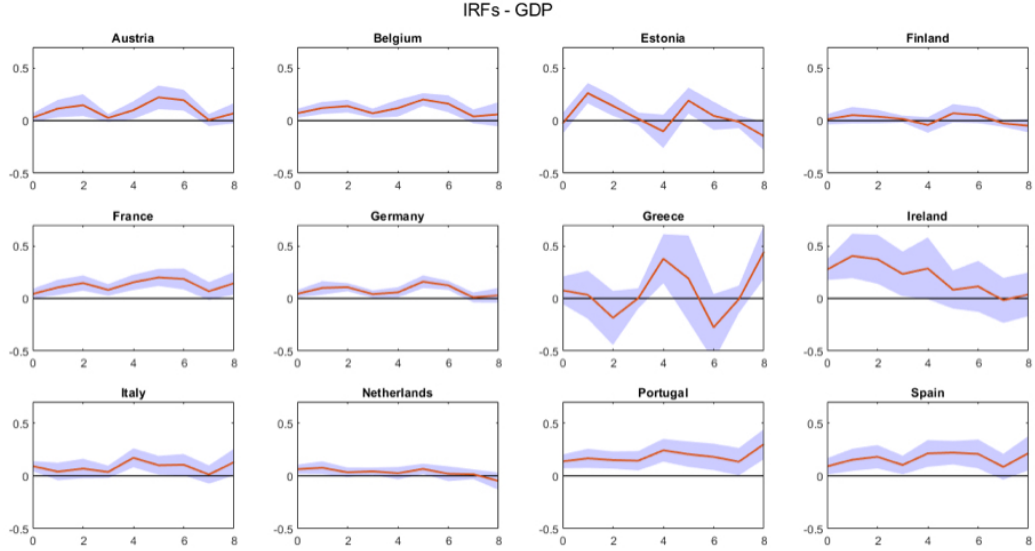


FIGURE 3 – IRF PIB

Les différences de résultats que nous obtenons par rapport aux auteurs concernant les betas associés à l'anomalie température à l'horizon 2 ans sont présentés en table 1.

	Résultats de l'article		Nos résultats	
	Inflation	PIB/habitant	Inflation	PIB/habitant
Autriche	0.0069743	-0.4695802	-0.0032	0.0709
Belgique	-0.0002493	-0.2587495	0.0389	0.0603
Estonie	-0.1510064	-0.4326935	0.0206	-0.1475
Finlande	-0.0666084	-0.2465675	0.0111	-0.0481
France	-0.0636513	-0.2011965	-0.0064	0.1469
Allemagne	-0.0195247	-0.3843606	0.0015	0.0316
Grèce	-0.3789182	-0.4510485	0.0978	0.4467
Irlande	0.0663101	-0.1377134	0.0458	0.0405
Italie	-0.2787566	-0.3133269	-0.0130	0.1295
Pays-Bas	0.0096166	-0.1869576	0.0456	-0.0493
Portugal	-0.2413174	0.1762825	-0.0342	0.3002
Espagne	-0.238673	0.1618944	0.0355	0.2152

TABLE 1 – Betas associés à l'anomalie température à horizon 2 ans

4.4 Projections à l'horizon 2025-2100

Dans cette sous-section, nous cherchons d'abord à simuler l'impact des hausses de températures sur l'inflation et le PIB réel par habitant sur la période 2025-2100.

4.4.1 Anomalie température projetée

Nous calculons désormais l'anomalie de température des pays p projetée pour l'année $y = 2025, \dots, 2100$, en utilisant les projections de températures des scénarios $SSP_i, i = 1, 2, 3, 5$ mentionnés en section 3 :

$$\text{Temp_anom}_{p,y}^{SSP_i} = \text{Temp}_{p,y}^{SSP_i} - \overline{\text{Temp}_{p,y}} \quad (3)$$

Avec $\overline{\text{Temp}_{p,y}}$ la température historique annuelle moyenne du pays p sur la période 1995-2015.

Les anomalies obtenues pour le scénario central (SSP_2) sont présentées en figure 4. Ces résultats mettent en avant la persistance des différences marquées en termes d'exposition des pays aux hausses de températures, comme ce qui a pu être observé historiquement en figure 1. Les pays d'Europe du Nord (Finlande, Estonie) sont les plus

sujets à une hausse des températures, prévue en moyenne supérieure à $2^{\circ}C$. Ils sont suivis par les pays du sud de l'Europe (Grèce, Espagne, Italie), avec une anomalie moyenne comprise entre $1.8^{\circ}C$ et $2.8^{\circ}C$. Le réchauffement est plus modéré pour les pays d'Europe centrale.

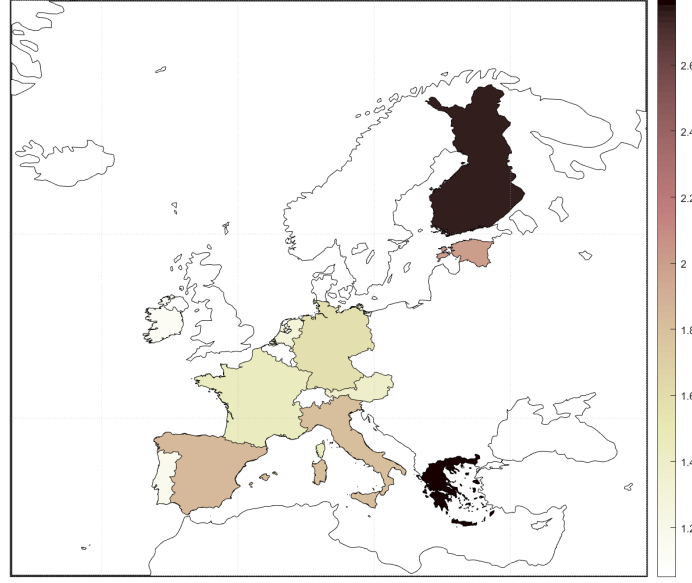


FIGURE 4 – Anomalie température moyenne projetée des pays de la zone Euro (2025-2100)

Selon les scénarios considérés, les évolutions d'anomalies températures entre 2025 et 2100 peuvent être plus ou moins importantes, comme l'illustre la figure 5. Le scénario le plus pessimiste (SSP_5) prévoit des augmentations d'anomalie supérieures à $3^{\circ}C$ pour l'ensemble des pays, ce qui aurait des conséquences dramatiques.

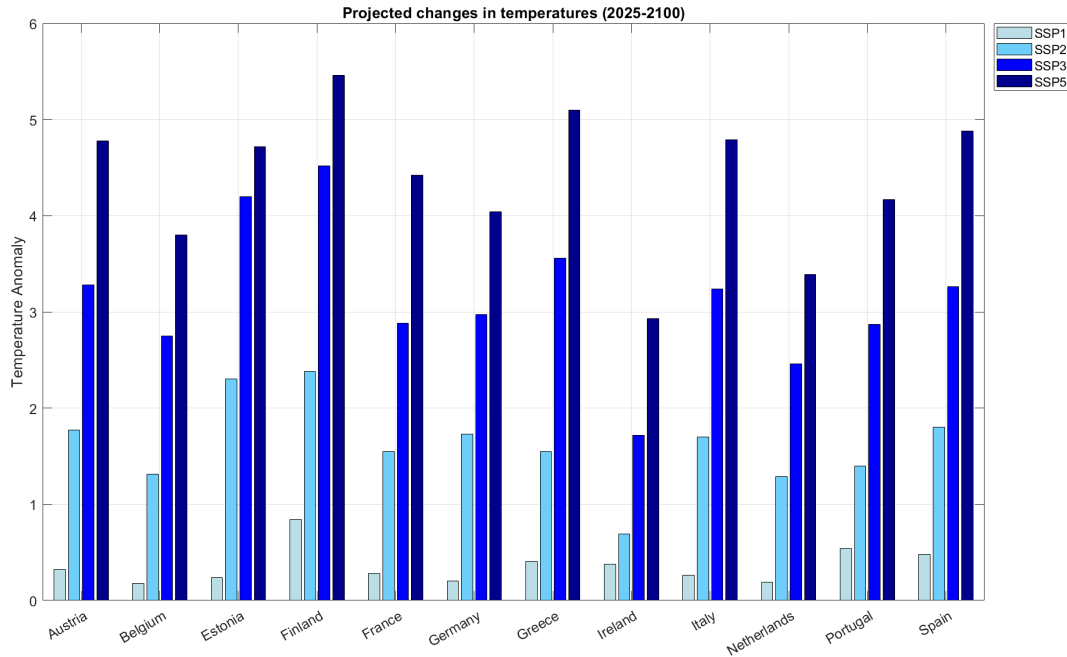


FIGURE 5 – Hausses des anomalies projetées entre 2025 et 2100 des pays de la zone Euro

4.4.2 Projection des impacts sur l'inflation et le PIB

Pour l'ensemble des pays, nous modélisons désormais les changements d'inflation ($\pi_{p,y}^{SSP_2}$) et de PIB ($Y_{p,y}^{SSP_2}$) liés au réchauffement climatique, sur la période $y = 2025$ à 2100. Nous utilisons la démarche proposée par Bennani & Favarque (2024) :

$$\pi_{p,y}^{SSP_2} = \beta_p^{24} \times \text{Temp_anom}_{p,q}^{SSP_2} \quad (4)$$

$$Y_{p,y}^{SSP_2} = \beta_p^8 \times \text{Temp_anom}_{p,q}^{SSP_2} \quad (5)$$

Avec β_p^8 et β_p^8 les betas de l'anomalie température du pays p à l'horizon 2 ans obtenus par les auteurs et fournis dans leur article, que nous avons préféré utiliser en raison de nos résultats peu concluants (voir 1).

Pour l'ensemble des pays, les trajectoires que nous obtenons pour les impacts sur l'inflation et le PIB avec le scénario SSP_2 sont respectivement présentées en figure 6 et 7. En guise d'intervalle de confiance, nous affichons les trajectoires obtenus avec deux autres scénarios : le scénario SSP_1 pour la borne inférieure (trajectoire climatique optimiste) et le scénario SSP_5 pour la borne supérieure (trajectoire climatique pessimiste).

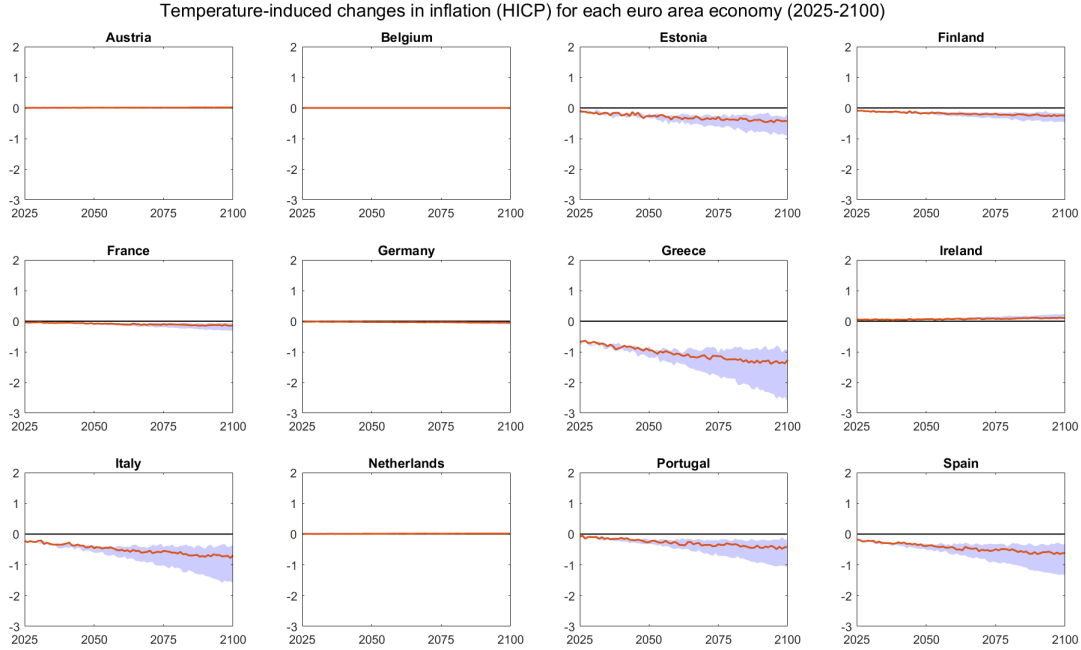


FIGURE 6 – Projections d'évolution de l'inflation liées à une hausse des températures (2025-2100)

A nouveau, des différences marquées apparaissent entre les pays. Dans l'ensemble, les pays d'Europe du Nord et d'Europe centrale voient l'anomalie température impacter leur inflation de manière négligeable à long terme. En revanche, les pays du bassin méditerranéen (Espagne, Italie, Grèce) et le Portugal seraient davantage sous la menace de pressions déflationnistes. Les baisses d'inflation iraient de -42bp (Portugal) à -126bp (Grèce) dans le scénario central, mais pourraient être accentuées de -65bp (Portugal) à -130bp (Grèce) supplémentaires dans le scénario pessimiste SSP_5 .

Concernant le PIB, les impacts sont cette fois-ci négatifs pour la quasi totalité des pays, à l'exception de l'Espagne et du Portugal qui verraient leurs PIB croître à long terme de 30 à 40bp dans le scénario SSP_2 . Pour les autres, les baisses de PIB peuvent être plus ou moins marquées, allant de -35bp (Pays-Bas) à -150 bp (Grèce) sous les projections du scénarios SSP_2 . Il ne semble ici pas y avoir de distinction dans les résultats entre pays d'Europe du sud et d'Europe du Nord, ni entre pays aux économies plus ou moins solides.

5 Stress monétaire lié au réchauffement climatique

5.1 Un taux directeur induit par la température

Le mandat de la BCE est de maintenir la stabilité des prix. Nous étudions dans quelle mesure le taux directeur devrait évoluer en réponse à l'effet persistant des anomalies de température sur l'inflation et le PIB par habitant.

Nous recourons à une règle monétaire de type Taylor, traditionnellement utilisée pour mesurer la fonction de réaction des banques centrales et notamment la BCE. Taylor (1993)¹⁹ suggère que le comportement du taux d'intérêt peut être décrit par la règle suivante :

$$\dot{i}_t = \pi_t + \phi(\pi_t - \bar{\pi}) + \gamma y_t + r \quad (6)$$

19. Taylor, J.B., 1993. Discretion versus policy rules in practice, in : Carnegie-Rochester conference series on public policy, Elsevier. pp. 195–214.

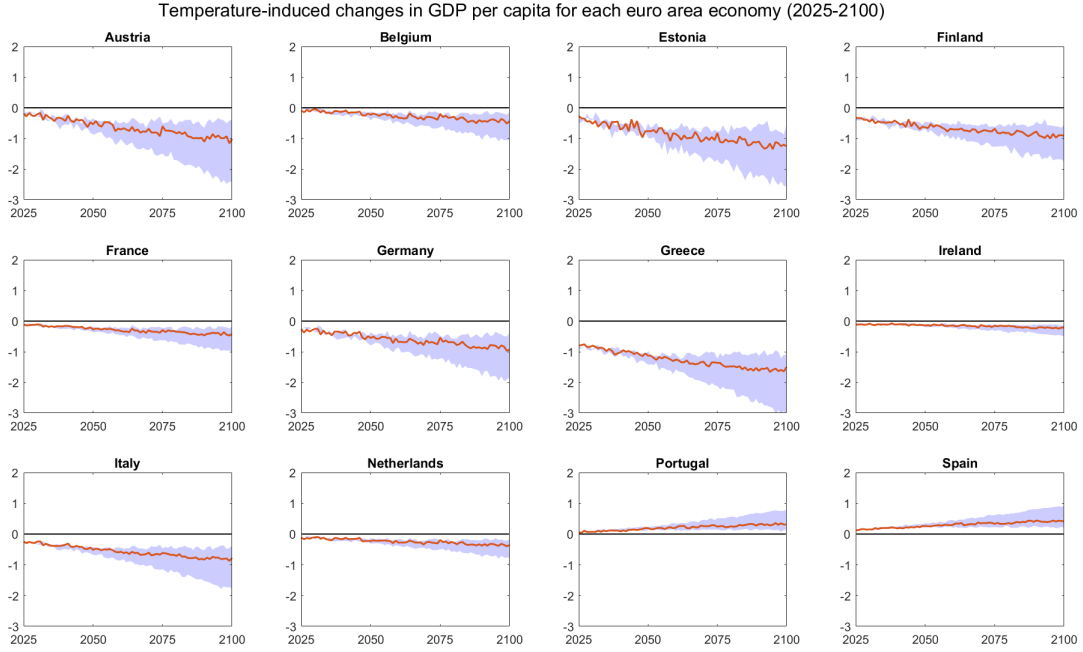


FIGURE 7 – Projections d'évolution du PIB liées à une hausse des températures (2025-2100)

où i_t est le niveau cible du taux d'intérêt nominal à court terme, π_t est le taux d'inflation et $\bar{\pi}$ le niveau cible d'inflation annuelle en zone Euro, établi à 2%. $\pi_t - \bar{\pi}$ correspond donc l'inflation gap, c'est-à-dire l'écart entre l'inflation observé et la cible d'inflation. y_t est ici l'output gap, c'est-à-dire l'écart entre le PIB et le PIB potentiel. Enfin, r représente le taux d'intérêt réel neutre : c'est le taux d'intérêt réel compatible avec une économie à l'équilibre, c'est-à-dire permettant à l'économie d'avoir un PIB à son niveau potentiel et une inflation stable. Avec ϕ et γ égaux à 0,5 et r à 2%, l'équation devient :

$$\hat{i}_{SSP2c,y} = 1.0 + 1.5\hat{\pi}_{SSP2c,y} + 0.5\hat{y}_{SSP2c,y} \quad (7)$$

où $\hat{\pi}_{SSP2c,y}$ et $\hat{y}_{SSP2c,y}$ reflètent les changements projetés induits par la température dans l'inflation et le PIB réel par habitant, estimés via les équations présentées dans la sous-section 4.4.2.

Compte tenu des résultats obtenus dans la sous-section 4.4.2, c'est-à-dire une baisse de l'inflation et du PIB pour la plupart des pays, nous nous attendons à des projections de baisses des taux directeurs de la BCE. La figure 8 confirme cette intuition et montre que, comme les auteurs, la plupart des pays considérés dans notre échantillon auront besoin d'une politique monétaire accommodante dans le cadre du scénario central SSP_2 . Néanmoins, le degré d'accommodation monétaire varie d'un pays à l'autre. Pour les pays pour lesquels nous prévoyons les anomalies températures les plus élevées (Estonie, Finlande, Grèce, Espagne, Italie), nous avons obtenu qu'en conséquence, ils verraient également leurs niveaux d'inflation et de PIB fortement réduit. Par conséquent, ils correspondent aux pays ayant le plus besoin d'une politique monétaire accommodante : les résultats prévoient même la nécessité d'un retour des taux directeurs en territoire négatif pour l'Estonie, la Grèce et l'Italie à l'horizon 2100 dans le scénario SSP_2 . La liste s'étend à l'Autriche, la Finlande, l'Allemagne et le Portugal dans le cadre du scénario climatique le moins favorable (SSP_5).

A l'inverse, d'autres pays comme la Belgique, les Pays-Bas, l'Irlande ou la France n'auraient pas besoin de changement significatif du taux directeur suite à une hausse des anomalies températures. Pour rappel, ces pays figuraient parmi ceux aux prévisions d'anomalie températures les plus modérées et par conséquent avec des impacts sur leur niveau d'inflation et de PIB plutôt limités.

Malgré ces différences marquées entre les pays, la politique monétaire établit par la BCE est unique et s'applique de façon indifférenciée entre tous. La définition de cette politique monétaire constitue donc un véritable défi pour la BCE

5.2 Stress monétaire induit par la température

Les taux directeurs observés dans la figure 8 impliquent que la politique monétaire unique de la BCE ne sera pas appropriée à tous les états membre de la zone euro. En effet, tous les pays ne verront pas leur PIB et inflation impacté de la même manière par la hausse des températures : ils auront donc des besoins différents en termes de politique monétaire. Ainsi, la politique commune sera encore moins pertinente dans le contexte

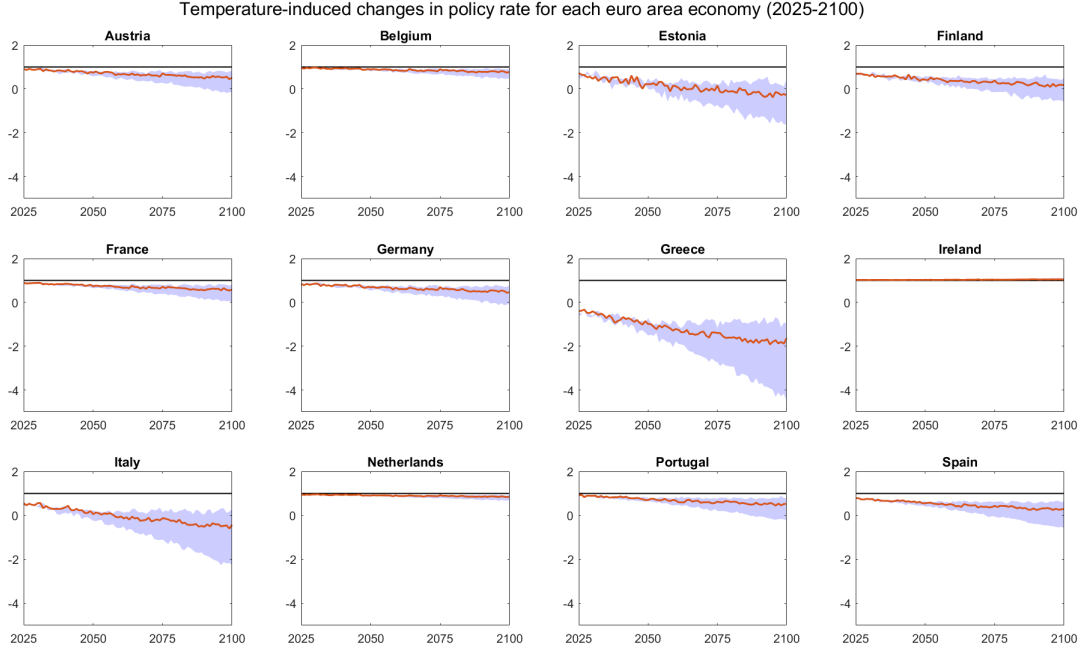


FIGURE 8 – Changements du taux directeur induits par l’anomalie température (2025-2100)

du réchauffement climatique. Ces divergences entre les taux directeurs requis par chaque pays en réponse aux changements projetés de température sur l’inflation et le PIB par habitant alimenteront les pressions politiques sur la BCE.

Dans leur article, Sturm & Wollmershauser²⁰ définissent le stress monétaire pour un pays c comme la différence entre le taux directeur induit par la hausse des températures pour ce pays et la moyenne des taux directeurs des autres pays (en excluant le pays c). Le stress monétaire constitue ainsi un indicateur de l’incapacité de la BCE à mettre en oeuvre une politique monétaire optimale qui satisfait les besoins de tous les pays. Nous le mesurons pour chaque pays c de notre échantillon et sur la période 2025-2100 comme suit :

$$MS_{c,y}^{SSP2} = \hat{i}_{c,y}^{SSP2} - i_{-c,y}^{SSP2} \quad (8)$$

où, dans le cadre du scénario SSP_2 , $\hat{i}_{c,y}^{SSP2}$ est le taux d’intérêt projeté pour le pays c à l’année projetée y et $i_{-c,y}^{SSP2}$ la moyenne des taux projetés pour les autres pays de notre échantillon à l’exclusion du pays c . Une valeur positive de $MS_{c,y}^{SSP2}$ indique que la politique monétaire requise pour le pays c est plus restrictive que celle requise pour les autres pays. A l’inverse, si $MS_{c,y}^{SSP2}$ est négatif, la politique monétaire nécessaire pour le pays c est plus accommodante que pour les autres pays de l’échantillon.

Les résultats obtenus pour chaque pays sont présentés en figure 9. Sans surprise, les pays qui, d’après les résultats en sous-section 5.1, nécessiteront les politiques monétaires les plus accommodantes (Grèce, Italie, Estonie) à horizon 2100 par rapport aux autres pays de notre échantillon présentent un stress monétaire négatif. Ces pays auront besoin de taux plus bas de 58bp (Estonie) à 200bp (Grèce) par rapport à la moyenne des autres pays. A l’inverse, les pays qui n’ont pas besoin de taux bas comme l’Irlande, les Pays-Bas ou la Belgique affichent un stress monétaire positif, traduisant un besoin de taux plus élevé allant de 59 à 88bp. Pour ces deux extrêmes (stress positif ou négatif), le stress est d’autant plus marqué (à la hausse ou à la baisse) pour le scénario climatique catastrophe (SSP_5). De plus, Par ailleurs, Bennani & Favarque soulignent que cette mesure de stress pourrait souffrir d’un biais de sous-estimation : les disparités concernant les besoins en termes de politiques monétaires pourraient être en réalité encore plus marquées. Enfin, les autres pays, qui se situent dans la moyenne, ont donc un stress proche de 0.

Enfin, nous agrégeons les indicateurs de stress spécifiques à chaque pays afin d’avoir une vue globale sur la zone Euro. Pour ce faire, comme suggéré par Sturm & Wollmershauser, nous pondérons chaque pays en fonction de son PIB et une valeur absolue pour agréger les mesures de stress individuelles. La mesure de stress agrégé est calculée comme suit :

$$MS_{EA,y}^{SSP2} = \sum_c w_c |MS_{c,y}^{SSP2}|, \quad (9)$$

20. Sturm, J.E., Wollmershauser, T., 2008. The Stress of Having a Single Monetary Policy in Europe. KOF Working papers 08-190. KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich

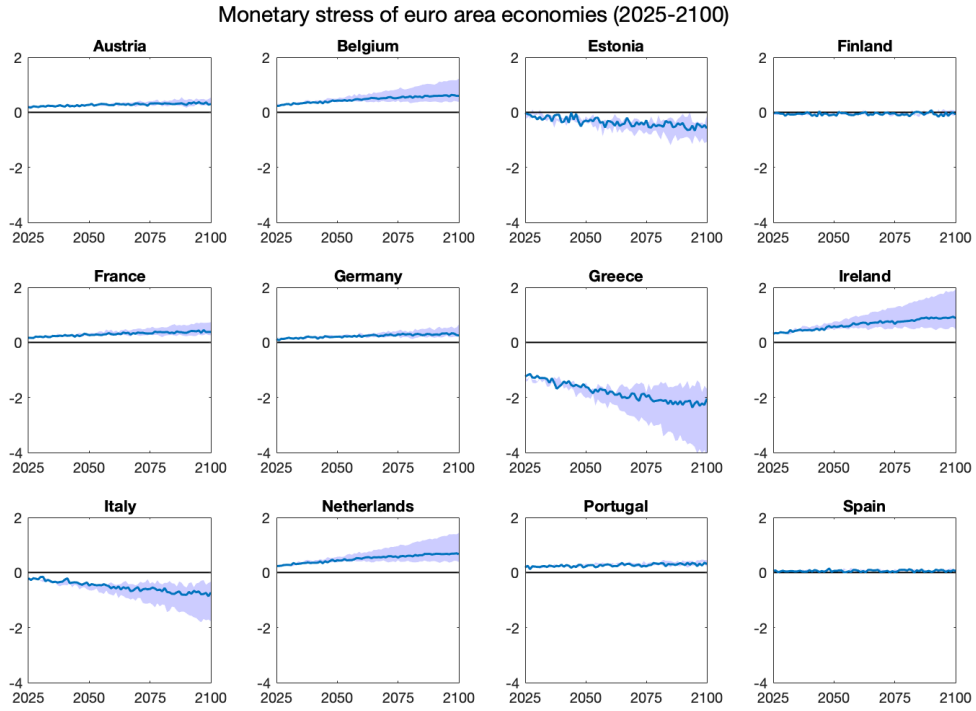


FIGURE 9 – Stress monétaire des différentes économies (2025-2100)

où w_c est la pondération du PIB attribuée au pays c dans la zone euro. Ils suggèrent d'utiliser la valeur absolue du stress de chaque pays, considérant que les besoins de taux trop élevés ou trop bas sont sources d'un niveau de stress similaire. De plus, sans utiliser de valeurs absolues, le niveau de stress agrégé pour la zone Euro vaudrait sinon toujours zéro par construction.

La figure 10 montre que la mesure de stress agrégée tend à augmenter au fil du temps, à des niveaux allant 0.3 (SSP_1 , scénario favorable) à 0.9 (SSP_5 , scénario défavorable), traduisant des besoins individuels des pays de plus en plus dispersés en termes de politique monétaire. Ces résultats suggèrent que la politique monétaire unique sera de moins en moins adaptée face au réchauffement climatique : le défi pour la BCE sera donc d'autant plus difficile à relever.

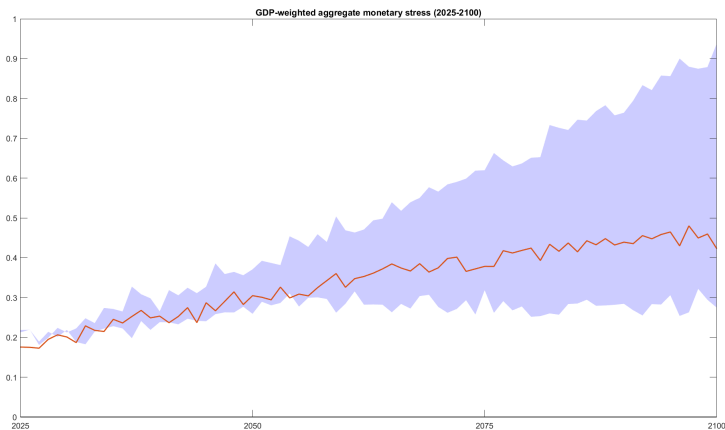


FIGURE 10 – Stress monétaire agrégé des économies de la zone Euro (2025-2100)

6 Conclusion

Dans le cadre de ce projet, nous avons étudié l'impact du réchauffement climatiques, par le prisme des températures, sur la dynamique de l'inflation et du PIB de différents pays de la zone Euro et la politique monétaire découlant de ces chocs de températures. Nous avons vu que ces derniers impactent de façon différenciée les pays sélectionnés, certains sont plus touchés que d'autres. Les scénarios climatiques projettent que les hausses de températures toucheront également les pays de façon inégale : les pays d'Europe au bord de la Méditerranée seront les plus touchés, ainsi que les pays les plus au nord (Estonie, Finlande). Ces pays verront alors leur inflation et leur PIB diminuer significativement par rapport aux autres pays. Les impacts sont d'autant plus importants pour les scénarios les plus pessimistes sur le plan climatique. Cela se traduit par des besoins d'une politique monétaire plus accommodante pour les pays les plus touchés, à l'inverse des pays peu impactés : des situations marquées de stress monétaires émergent. Ce stress monétaire tend à s'accroître au fil du temps et serait d'autant plus fort que la hausse des température serait importante. La politique monétaire unique montrerait alors ses limites face aux impacts climatiques disparates au sein de la zone Euro.

7 Annexes

7.1 Robustesse - Ajout de variables de contrôle

Afin de tester la robustesse de nos estimations et d'isoler l'effet des variables d'intérêt, nous avons enrichi le modèle avec des variables de contrôle. Plus précisément, nous avons inclus des dummies afin de capturer les effets saisonniers récurrents et mieux isoler l'impact des chocs sur les variables endogènes. De plus, nous avons également intégré des termes de tendance linéaire, quadratique et cubique pour tenir compte des dynamiques temporelles complexes dans les données.

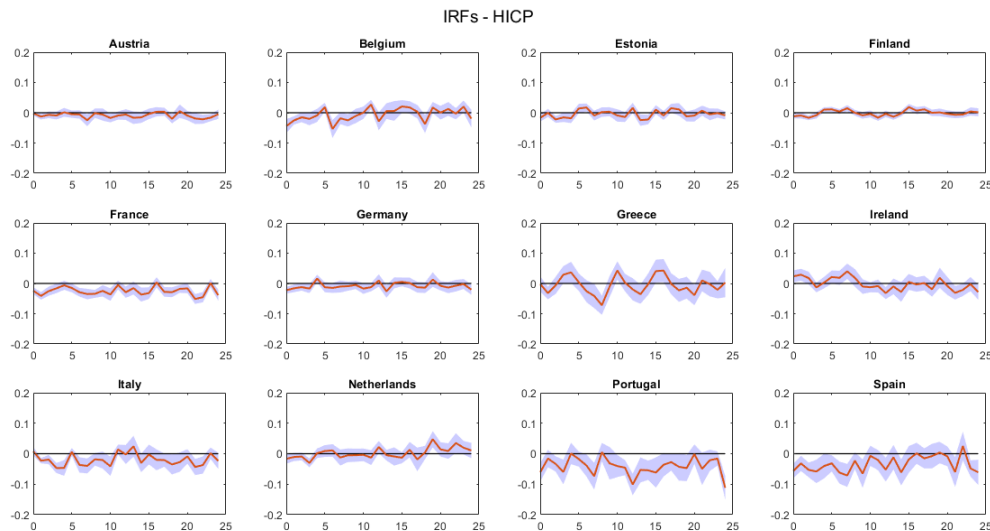


FIGURE 11 – IRF HICP - avec variables de contrôle

Concernant les IRF sur l'inflation, l'ajout des variables de contrôle modifie légèrement nos observations. Bien que l'impact d'une hausse des températures reste globalement faible pour l'ensemble des pays, on peut constater que pour la France, l'Espagne et le Portugal cet impact devient significativement négatif selon nos intervalles de confiance. Dans le cas de ces pays les résultats obtenus seraient en ligne avec ceux de Bennani & Farvaque (2024), et plus globalement ceux de la littérature qui tendent à montrer une relation négative entre anomalie température et inflation.

Concernant les fonctions de réponses du PIB à un choc de température, nous obtenons une relation négative significative uniquement pour quelques pays à horizon 2 ans : Grèce, Italie et Estonie (toutefois la décroissance du PIB induite par la hausse de la température est beaucoup plus prononcée pour la Grèce). Pour le reste des pays les trajectoires de PIB stagnent autour de zéro. Là encore, ces résultats sont contraires à ceux qu'obtiennent Bennani & Farvaque (2024). Leur article met en avant une décroissance significative du PIB à l'horizon deux ans pour plus de la moitié des pays.

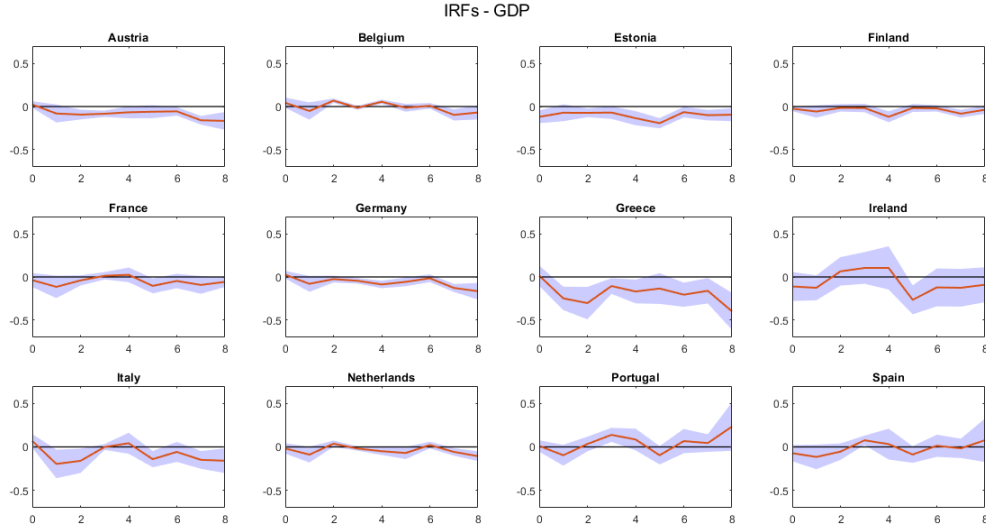


FIGURE 12 – IRF GDP - avec variables de contrôle

7.2 Anomalie précipitation

Afin d'aborder le changement climatique sous un autre aspect, nous avons également étudié l'anomalie précipitation, définie de façon analogue à l'anomalie température présentée en section 4.1 : il s'agit de l'écart de précipitations, pour un pays et un mois donné, par rapport à la moyenne historique (sur la période 1950-1980) des précipitations pour ce même mois. Ces données de précipitations nous sont également fournies par le Climate Change Knowledge Portal.

Nous estimons les mêmes équations que celles présentées en section 4.2 pour l'anomalie température, mais cette fois-ci avec l'anomalie précipitation. Les résultats obtenus sont peu concluants. Pour l'inflation (figure 13), nous obtenons des fonctions de réponses impulsives évoluant très peu, et demeurant à des niveaux extrêmement faibles : l'impact d'une hausse de l'anomalie précipitation sur le niveau d'inflation des pays de notre échantillon ne dépasse jamais 1bp à horizon 2 ans. De même, pour le PIB (figure 14), la hausse des précipitations n'impacte pas le PIB, avec un effet négligeable à l'horizon 2 ans (2bp au maximum). Face à ces résultats, nous n'avons pas poursuivi l'analyse.

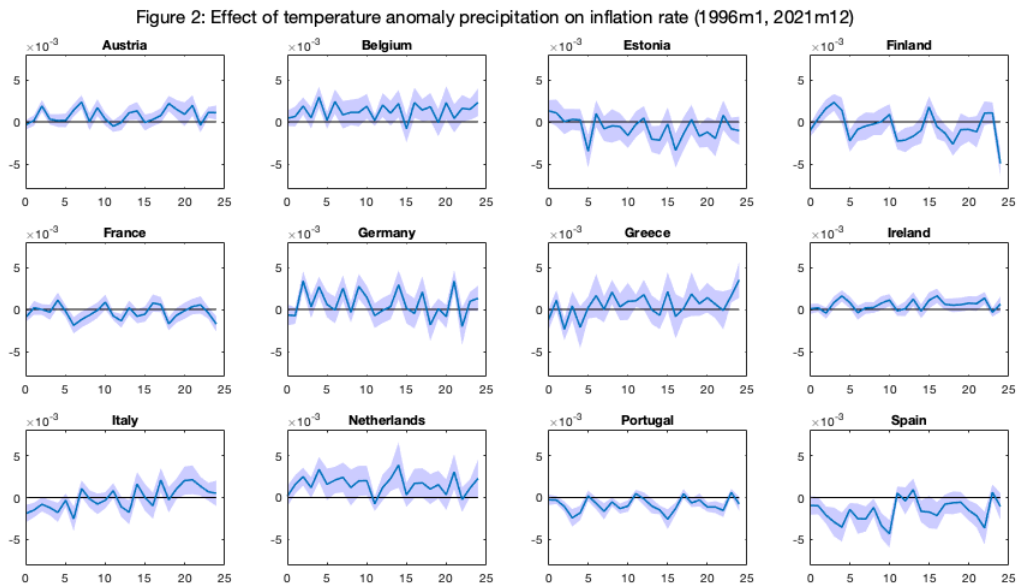


FIGURE 13 – IRF HICP - anomalie précipitation

Figure 3: Effect of temperature anomaly precipitation on GDP per capita (1996Q1, 2021Q4)

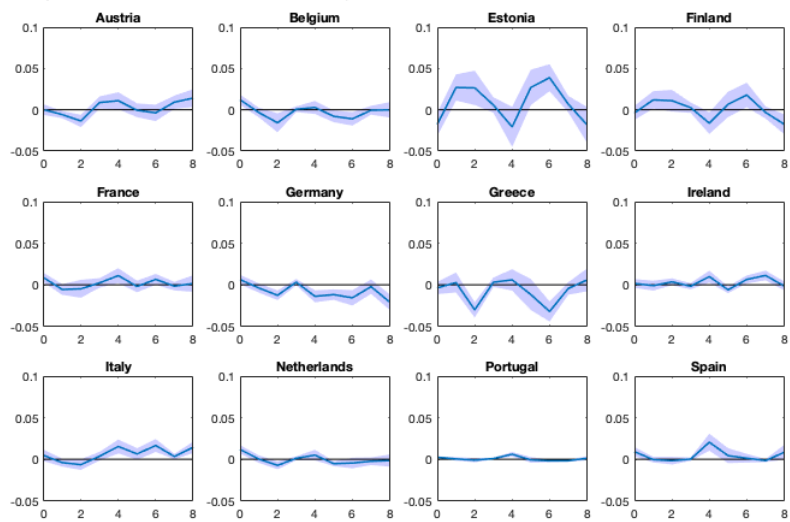


FIGURE 14 – IRF GDP - anomalie précipitation