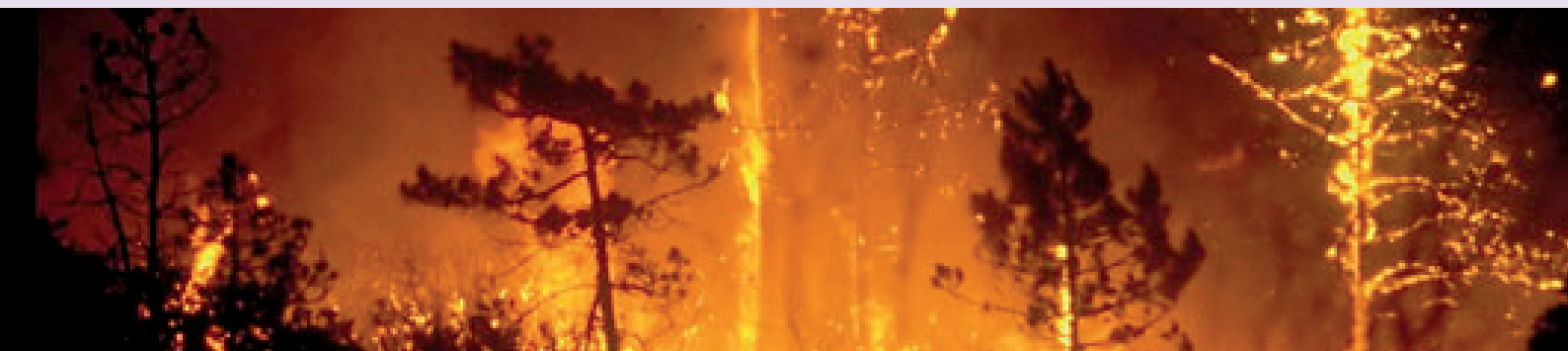


ÉVALUATION DES IMPACTS ÉCONOMIQUES DES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES DANS LES PAYS MÉDITERRANÉENS

Céline Gimet





ÉVALUATION DES IMPACTS ÉCONOMIQUES DES ÉVÉNEMENTS
EXTRÊMES DANS LES PAYS MÉDITERRANÉENS

Céline Gimet

Conception de la couverture : Plan Bleu

Mise en page : Plan Bleu

Notice légale

Les appellations employées dans le présent document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Plan Bleu aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, régions ou villes, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Droits de copyright

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Le Plan Bleu serait reconnaissant d'avoir un exemplaire de toutes les publications qui ont utilisé ce matériel comme source. Il n'est pas possible d'utiliser la présente publication pour la revente ou à toutes autres fins commerciales sans demander au préalable par écrit la permission au Plan Bleu.

Pour des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit :

Plan Bleu : Evaluation des impacts économiques des événements extrêmes dans les pays méditerranéens. Plan Bleu, Valbonne, 2010 (Les Cahiers du Plan Bleu 5).

ISBN : 978-2-912081-19-3

© 2010 Plan Bleu



Plan Bleu
Centre d'activités régionales du PNUE/PAM
15, rue Beethoven, Sophia Antipolis
06560 Valbonne
France
www.planbleu.org

Table des matières

Remerciements	3
Résumé	5
Introduction	5
La Méditerranée face au changement climatique	7
Les références météorologiques.....	7
Les études économiques	8
Les chocs climatiques extrêmes en Méditerranée durant les années 1980-2002	9
Etude de l'impact des événements extrêmes	11
Les variables.....	11
Les restrictions contemporaines.....	11
Les résultats	12
Les pertes anticipées liées à la variation du climat sur la période 2010-2030	16
Les pertes économiques liées à chaque événement climatique extrême	17
Conclusions et recommandations	18
Annexes	19
Annexe 1 - Le modèle	20
Annexe 2 - Réponses des pays à des chocs climatiques	22
Annexe 3 - Décomposition de la variance	30
Annexe 4 - Réponses des pays à un choc de températures (temp) et de précipitations (prec) à partir des simulations concernant la période 2010-2030, selon un scénario A1B	34
Annexe 5 - Décomposition de la variance à la suite d'un choc de précipitations (prec) et de températures (temp) à partir des simulations concernant la période 2010-2030, selon les deux scénarios	37
Annexe 6 - Réponses aux chocs normalisées (impact d'une unité du choc externe)	38
Références	39

Remerciements

Rapport réalisé sous la direction d'Henri-Luc Thibault, directeur du Plan Bleu.

Auteur

Céline Gimet

Maître de conférence à l'Université Lyon 2, GATE (Groupe d'Analyse et de Théorie Economique) UMR 5824
CNRS, ENS Lyon Bureau R132, 15 Parvis René Descartes BP 7000, 69342 Lyon cedex 07, France
Tel: 04.37.37.62.82; Fax: 04.37.37.60.24; Email: gimet@gate.cnrs.fr

Réalisation

Bibliographie et documentation : Hélène Rousseaux

Conception graphique et réalisation : Isabelle Jöhr

Relecture : Sandra Dulbecco

Résumé

La Méditerranée est l'une des zones les plus exposées au changement climatique. La mise en place de mesures de prévention et d'adaptation est une priorité pour la région en vue de limiter les coûts liés au climat. L'objectif de cette étude est de mettre en lumière les pertes économiques déjà supportées par les pays méditerranéens suite à des événements extrêmes. Un modèle VAR Structurel permet de juger de la vulnérabilité des secteurs réels monétaires et financiers de quatre pays de la région, qui se caractérisent par des profils économiques différents, suite à des périodes de variation extrême du climat. L'analyse révèle que l'ensemble des pays de l'échantillon connaît d'ores et déjà des pertes économiques très importantes qui ne vont cesser de s'accroître avec le renforcement de ces phénomènes climatiques si aucune action n'est entreprise.

Classification JEL : Q54, C32, E00.

Mots clés : Événements extrêmes, coût économique, région Méditerranée, modèle VAR Structurel, variation des températures, des précipitations.

Introduction

La Méditerranée compte parmi les zones qui seront les plus rapidement confrontées à d'importantes difficultés physiques liées à la variation du climat (Stern, 2006 ; Plan Bleu, 2008). Ces problèmes seront accentués par une augmentation de la demande de produits agricoles, d'infrastructures, d'habitat, d'énergie liée au développement économique et à l'évolution de la démographie des pays. Cette situation peut engendrer un creusement des inégalités entre le nord et le sud d'une part, mais aussi au sein d'une même région. En particulier, les conséquences néfastes des événements extrêmes affecteront sensiblement la croissance de la zone et créeront d'importantes difficultés dans les pays. Paradoxalement, l'impact économique du changement climatique dans les pays de la Méditerranée a été peu traité dans la littérature empirique sur ce thème. Il est donc urgent de mettre l'accent sur les coûts qu'auront à supporter les pays dans les décennies à venir, si aucune mesure de prévention n'est mise en œuvre pour anticiper ou limiter ces phénomènes. Il s'agit d'alerter les décideurs sur la nécessité de considérer ce problème dans sa globalité et sur l'urgence quant à la mise en place de mesures de prévention et d'adaptation. En outre, la prise en compte en amont des conséquences et enjeux du changement climatique dans la définition des stratégies de développement est cruciale pour assurer, dans les années à venir, la stabilité politique de la région.

L'objectif de cette étude est de souligner les coûts liés aux événements extrêmes en Méditerranée en tenant compte des différents profils des pays. Tous les pays de la région sont déjà soumis à ce type de choc dont l'ampleur et la récurrence ne vont cesser de s'amplifier. Il s'agit alors dans un premier temps d'évaluer les pertes actuelles que les pays ont à subir dès lors qu'apparaissent des variations extrêmes de climat. Selon la spécialisation du pays dans la production et l'exportation de biens issus du secteur primaire, secondaire ou tertiaire, les coûts ne sont pas identiques. De même, certains pays ont déjà opté pour la mise en place de mesures visant à limiter les impacts de la variation extrême du climat, ce qui leur permet de mieux appréhender et d'amortir plus rapidement les conséquences néfastes de ces chocs. En outre, selon leur position géographique les aléas climatiques sont et seront différents, et les effets économiques et sociaux dépendront en grande partie des spécificités des pays en termes de croissance démographique et de développement. C'est pourquoi, il semble intéressant de comparer des pays de la région Méditerranée qui ont des profils très divers: un pays du nord, de l'est, et deux pays du sud, l'un importateur et l'autre exportateur de pétrole. Il s'agit de proposer une étude novatrice sur ce thème grâce à la mise en œuvre d'un modèle VAR Structurel, encore peu utilisé pour estimer les coûts de la variation du climat. Il offre la possibilité d'introduire des restrictions en ce qui concerne les relations de court et de long terme entre les variables en fonction d'hypothèses économiques sous-jacentes, ce qui permet de préciser l'identification du modèle et facilite l'interprétation des résultats

(Sims, 1986)¹. En tant qu'évènements extrêmes, il s'agit de considérer le cas particulier des vagues de chaleur et des inondations pouvant avoir lieu sur une période allant de un jour à plusieurs semaines, et dont les conséquences sont catastrophiques et de grande échelle (Hallegate et al., 2007).

Dans un premier temps, il est important de rappeler les principaux résultats de la littérature économique concernant les coûts du changement climatique en Méditerranée. Dans un deuxième temps, l'analyse empirique dont l'objectif est de mesurer le coût des évènements extrêmes dans les pays sélectionnés pour l'étude sera développée. Avant de souligner les coûts engendrés par la non-action dans les années à venir (2010-2030), il s'agira d'abord d'estimer les pertes actuelles à partir de données concrètes. La méthode choisie, les variables et les restrictions retenues permettant de caractériser le modèle seront précisées. Les résultats mettront en lumière les diverses réactions des pays, l'importance des coûts entraînés par chaque type d'évènement extrême, et la capacité de réaction de chacun d'eux révélée par l'ampleur et la durée du choc. Les conclusions pourront aboutir à des recommandations concernant les mesures potentielles à adopter en vue de prévenir et de limiter les impacts de ces chocs extrêmes dans les pays les plus vulnérables notamment.

¹ Les choix opérés sont justifiés par la littérature économique (Blanchard *et al.*, 1989, Gali, 1992, Mackowiak, 2007), ainsi que par les travaux d'experts (Plan Bleu, 2005, 2008).

La Méditerranée face au changement climatique

La plupart des études visant à évaluer les pertes économiques liées au climat se concentrent plus particulièrement sur les coûts futurs du changement climatique sans s'intéresser aux dommages déjà existants. L'évaluation de ces coûts repose alors sur des hypothèses en termes d'anticipation de l'évolution du climat fondées sur des études scientifiques. Or, l'incertitude inhérente aux évolutions socio-économiques, climatiques et environnementales des pays implique nécessairement une prise en compte de différents scénarios climatiques et économiques, en particulier pour les études dont l'horizon d'analyse est supérieur à 2050.

Les références météorologiques

Il est difficile d'estimer avec exactitude les variations futures du climat. C'est pourquoi, afin de prendre en compte les différents cas de figure possibles, plusieurs scénarios prévisionnels dont la possibilité de réalisation dépend d'une certaine probabilité sont généralement retenus. Ainsi, des scénarios pessimistes et optimistes sont comparés à un scénario de base « business as usual », qui se définit par le maintien du statu quo (Stern, 2006). Les choix diffèrent selon les économistes, ce qui rend difficile une comparaison objective de leurs résultats. Les principales hypothèses climatiques retenues dans la littérature économique sont celles proposées par le 3ème rapport IPCC (généralement A2, A1B et B2) (Mendelson et al. 2000 ; Nordhaus, 2006, Stern, 2006). Toutefois, les études les plus précises, qui s'intéressent à une région en particulier, font appel à des scénarios climatiques détaillés et issus de modèles distincts².

Dans le cas de la région Méditerranée, le réchauffement s'est amorcé au début du siècle et s'est intensifié ces dernières décennies. Un réchauffement de près de +2°C depuis quarante ans a été identifié dans le Sud-ouest de l'Europe (GIEC 2007, Plan Bleu, 2008). Cette situation est identique dans le nord de l'Afrique mais plus difficilement quantifiable du fait d'un réseau d'observations incomplet. Les études climatiques concentrées sur la région prévoient une augmentation de la température de l'air de +2,2 C° à +5,1 C° pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne sur la période 2080-2099 par rapport à la période 1980-1999 (GIEC 2007, scénario A1B). Ce phénomène sera accompagné d'une diminution sensible de la pluviométrie, comprise entre -4 et -27 % pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne (alors que les pays du Nord de l'Europe connaîtront une hausse comprise entre 0 et 16 %) (GIEC 2007, scénario A1B) (Plan Bleu, 2008). Les phénomènes extrêmes vont s'intensifier dans les décennies à venir, et les trajectoires vont changer, ce qui va élargir le pourcentage de surfaces concernées. Leur fréquence a presque doublé entre les années soixante et quatre-vingt-dix entraînant des coûts économiques de plus en plus lourds (Munich-Re, 2009)³. En Méditerranée, ils se traduiront plus particulièrement par une augmentation des périodes de sécheresse du fait d'une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépassera 30°C (Giannakopoulos et al. 2005). De même, outre ces vagues de chaleur, les périodes d'inondations pourraient être plus violentes. De plus, elles évolueront de manière exponentielle à partir d'un certain niveau de température créant des dommages irréparables (Stern, 2006). Cependant, bien qu'il soit clairement démontré que la fréquence de ces perturbations extrêmes va augmenter dans le futur, il reste difficile d'établir des évaluations précises concernant la récurrence de ces événements.

Toutefois, malgré leur manque de précision inhérente à l'incertitude quant à l'évolution future du climat, ces études climatiques servent de socle aux études économiques des coûts du changement climatique.

² Pour Mendelson (2007) par exemple les anticipations climatiques sont établies selon trois procédés différents : le « Panel Climate Model » (Washington *et al.*, 2000), du « Center for Climate Research Studies Model » (Emori *et al.*, 1999) et du « Canadian General Circulation Model », (Boer *et al.*, 2000).

³ Selon les statistiques proposées par les principales agences d'assurance sur une moyenne de 650 catastrophes naturelles dans le monde par an, sur les dix dernières années, 15% sont d'origine purement géologiques (éruptions volcaniques, tremblements de terre...), les 85% autres sont en grande majorité liées au climat (tempêtes, cyclones, inondations...). Leur coût pour l'année 2004 se chiffre à 145 milliards de dollars, dont 100 milliards pouvant être imputés aux variations extrêmes du climat, soit plus du double par rapport à l'année précédente (Munich-Re, 2005).

Les études économiques

Les études portant sur l'évaluation économique des impacts du changement climatique se sont multipliées ces dernières années suite à la prise de conscience progressive de l'importance des coûts économiques et sociaux liés à la non-action. Pour susciter une réaction rapide des décideurs et afin que soient adoptées dès maintenant des politiques d'action préventives, ou d'adaptation, pour répondre au mieux à la variation du climat, il est nécessaire de mettre en lumière les pertes économiques existantes et les risques futurs pour les pays. Les difficultés liées à la prise en compte d'un ensemble de facteurs économiques, démographiques, sociaux et environnementaux ainsi que de leurs interactions dans une même étude conduisent généralement à une sous-estimation des coûts du changement climatique.

Compte tenu de la complexité et de la nouveauté de cette approche, on ne recense qu'un nombre limité d'études sur ce sujet⁴. Elles ont d'abord concerné les pays industrialisés, du fait notamment de la volonté des décideurs de quantifier les effets de plusieurs options et de les comparer pour répondre au mieux aux contraintes de baisse des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du Protocole de Kyoto. Puis, les travaux ont porté progressivement sur les économies émergentes, dès lors que les divers scénarios climatiques ont mis l'accent sur le fait que ces pays étaient les plus exposés géographiquement et économiquement au changement climatique. Ils vont être confrontés très rapidement à d'importantes difficultés, alors même qu'ils possèdent des moyens très limités pour s'adapter et qu'ils ont eu, jusque là, une responsabilité relativement faible en terme d'émission de gaz à effet de serre. C'est le cas notamment des pays du sud de la Méditerranée. Cependant, cette région située à la frontière entre deux continents est insuffisamment prise en considération dans des études régionales qui privilégient des analyses ciblées sur l'Afrique ou l'Europe (Mendelson et al., 2000 ; Tol, 2002 ; Nordhaus et al., 2000 ; Nordhaus, 2006 ; Stern, 2006).

L'intérêt principal de la région Méditerranée est qu'elle est composée de pays ayant des profils économiques et environnementaux très variés. Les impacts du changement climatique sur la région sont donc très différents. De par leur situation géographique, les pays les plus au nord ne subiront pas immédiatement des pertes importantes liées au changement climatique, mais pourront même, sur une certaine période, en tirer certains bénéfices (économie d'énergie, évolution des cultures) dans le cas d'une modification des températures inférieure à 2° par rapport à la période pré-industrielle (années 1960 à 1990) (Mendelson et al., 2000, 2006 ; Tol 2002). En revanche, les pays du sud connaissent déjà des pertes liées au climat qui ne vont cesser de s'accroître dans les années à venir.

Les analyses les plus précises sont celles qui prennent en considération les effets du changement climatique à la fois sur les secteurs marchand et non-marchand des pays mais, surtout qui intègrent l'occurrence des événements extrêmes ainsi que le coût supplémentaire important qu'ils engendrent (Stern, 2006). Il n'existe pas de définition précise des phénomènes climatiques extrêmes dans la littérature économique, mais ils sont identifiés comme étant des mouvements climatiques de grande amplitude pouvant atteindre et dépasser des seuils maximum et se caractérisent par leur rareté et l'ampleur de leurs effets négatifs. Par conséquent, leur faible récurrence fait qu'il est important de disposer d'une série de données très étendue pour étudier leurs conséquences sur les pays (IPCC, 2007). Il est donc très difficile d'intégrer ces phénomènes dans un modèle économique. Ils sont généralement associés à une réaction chaotique des températures et des précipitations de faible fréquence mais d'impact important. Selon l'IPCC (2001), dans le cadre d'un événement climatique extrême, on assiste à un déplacement vers le haut de la distribution des températures et des précipitations dans son ensemble et de manière disproportionnée au-delà de seuils définis comme dommageables. Pour Stern (2006), ces seuils sont fixés à deux écarts-types par rapport à la moyenne. Cependant, il convient d'être prudent lors de l'utilisation d'une telle référence car la définition des seuils peut être influencée par un changement dans la moyenne des données ou la variance, ou les deux.

Les effets qu'ils produisent se traduisent par d'importantes destructions de capital (d'infrastructures notamment mais aussi de productions agricoles) mais surtout par des effets sociaux et environnementaux catastrophiques (morts, blessés, épidémies...) sur une période allant de un jour (dans le cas des cyclones, par exemple) à quelques semaines (pour des inondations) (Hallegatte et al., 2007). Ainsi, pour les Compagnies d'Assurance (Swiss Re, 2007 ; Munich Re, 2007), le seuil retenu est fonction d'un niveau de perte

⁴ Parmi les plus référencées : Mendelson *et al.* 2000, 2007 ; Tol 2002, 2007 ; Nordhaus *et al.*, 2000, 2006 ; Smith *et al.*, 2003 ; Stern, 2006.

économique, qui varie selon les pays. Dès lors que les coûts supposent des investissements lourds qui auraient pu être évités, cela souligne la nécessité d'une intervention politique préventive.

La plupart des auteurs n'incluent pas ces phénomènes dans leur analyse. Cela s'explique par plusieurs facteurs. Tout dépend d'abord des modèles mis en œuvre. Dans le cadre des analyses en données transversales, seules les modifications intervenues durant la période d'analyse et sur l'échantillon de pays considérés sont prises en compte. Par ailleurs, les analyses établies à partir des modèles de croissance de long terme ne considèrent pas les chocs de court terme. Enfin, très peu de modèles IA⁵ (Tol, 2006) prennent en compte ces événements⁶. D'autre part, comme l'anticipation de la fréquence et de la force de ces manifestations extrêmes par les études climatiques est difficile, elles ne sont pas souvent considérées.

Globalement, les coûts mondiaux futurs estimés partent de 7% (en 2100) et peuvent atteindre jusqu'à 14% (en 2200) du PIB mondial par tête selon les études les plus complètes (Nordhaus et al., 2000 ; Stern, 2006). Les résultats des analyses portant sur la région Méditerranée sont assez disparates du fait d'une influence déterminante du cadre d'analyse et des hypothèses retenues. Toutefois, les pertes anticipées d'ici 2100 seront proches de 1,88% du PIB en moyenne pour l'Afrique et de 1,50% pour l'Europe de l'Est selon l'hypothèse d'une augmentation des températures de 2,5° en 2100. Lors de l'introduction des événements extrêmes, il est supposé que les températures pourraient progresser de 6° par rapport à la période préindustrielle. Les pertes atteindraient alors 7,12% et 6,94% du PIB respectivement (Nordhaus et al., 2000). Il est donc évident que ce sont les événements extrêmes qui sont et seront responsables des pertes économiques les plus fortes.

Toutefois, pour juger plus précisément de l'impact économique futur du changement climatique, il est nécessaire de prendre en compte la capacité d'adaptation des pays, généralement peu considérée, qui dépend d'un grand nombre de facteurs spécifiques (environnement institutionnel, accès à la technologie (Tol, 2007 ; Stern, 2006)). C'est pourquoi, avant de proposer des estimations sur les coûts anticipés des impacts des événements extrêmes sur un horizon de long terme, il s'agit de mesurer les pertes actuelles sur différents pays de la région et leur vitesse de réaction, ce qui soulignera leurs capacités d'adaptation actuelles à la variation extrême du climat et donc les progrès à réaliser pour en limiter les impacts.

Les chocs climatiques extrêmes en Méditerranée durant les années 1980-2002

En référence aux travaux de Stern (2006), les périodes au cours desquelles sont intervenus les événements climatiques extrêmes sont identifiées dès lors que les indicateurs en niveau (températures et précipitations) prennent une valeur supérieure ou inférieure à deux écarts-types par rapport à la moyenne.

Lorsqu'on compare l'évolution des températures et des précipitations dans les quatre pays de l'échantillon de nombreuses différences apparaissent. En effet, il ressort clairement de ces graphiques une plus importante exposition des pays du sud (Algérie et Tunisie) à des températures élevées et à des précipitations plus faibles. Concernant les événements extrêmes, en suivant la définition de Stern (2006), il apparaît une forte récurrence des vagues de chaleur dans les quatre économies. En revanche, les pays ne connaissent pas de vagues de froid, à l'exception de la France, pays le plus au nord, mais qui reste rarement impactée par ce type de choc.

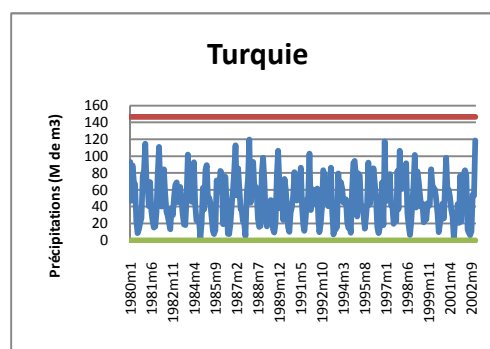
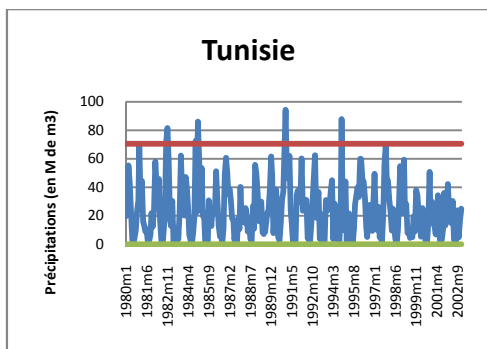
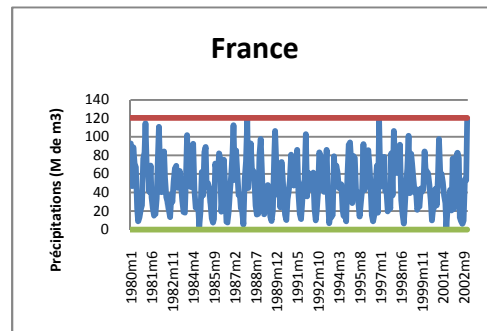
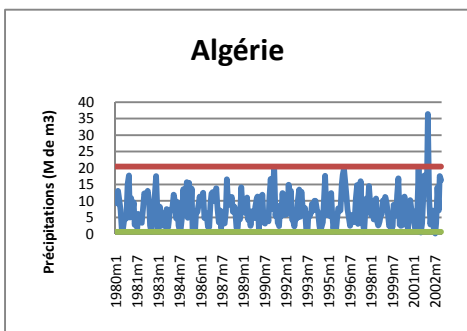
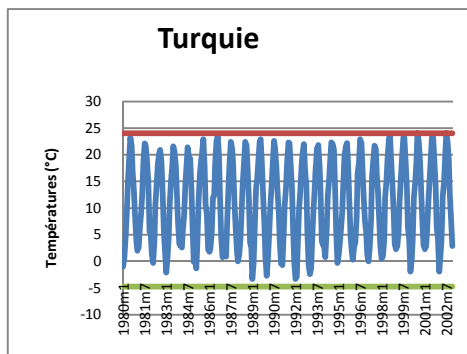
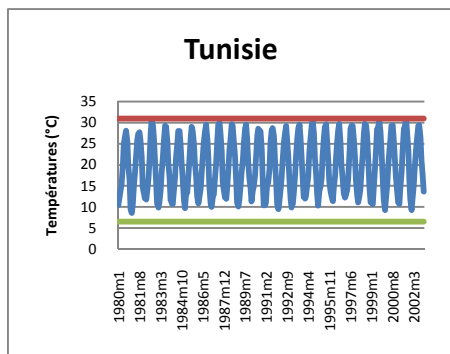
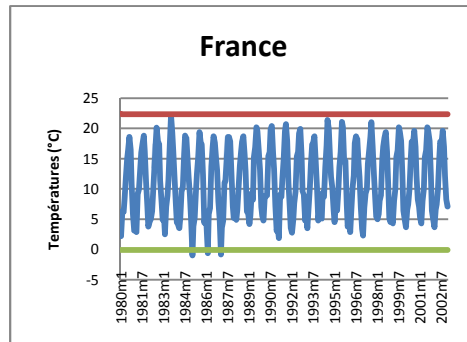
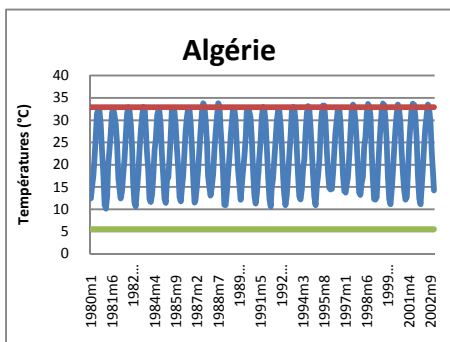
Pour ce qui est des précipitations, les pays sont à la fois soumis à des périodes de forte concentration des pluies mais aussi à des périodes de sécheresse. Les événements extrêmes sont alors bien marqués car ils correspondent à une évolution de la variable bien au-delà ou en deçà des limites retenues.

Il est donc clair que les pays de la région sont d'ores et déjà largement exposés aux variations extrêmes de climat. Le changement climatique va intensifier ce phénomène. L'objectif de ce travail est de mettre en lumière le coût relatif à chaque type de choc. Les pertes sont décuplées dès lors que l'on considère l'ensemble des événements extrêmes sur cette période.

⁵ Integrated Assessment Modelling.

⁶ Pour éliminer ce problème, Hallegatte *et al.* (2007) proposent une étude qui permet d'introduire des déséquilibres transitoires, pouvant être attribués à des chocs exogènes, venant perturber le sentier de croissance des économies (*non-equilibrium dynamic model* (NEDyM)).

Tableaux 1 à 8. Variations climatiques des températures et des précipitations des pays de l'échantillon durant la période 1980-2002



Etude de l'impact des événements extrêmes

Les variables

Quatre pays ont été retenus dans le cadre de l'analyse : l'Algérie, la Tunisie, la Turquie et la France sur la période 1980:1, 2002:12, en périodicité mensuelle.

Cinq variables domestiques et deux chocs climatiques ont été sélectionnés. En ce qui concerne les variables domestiques, l'objectif est de rendre compte des conséquences des variations brutales du climat dans les secteurs réel, financier et monétaire de chaque pays, ainsi que des interactions entre les différentes sphères de l'économie. L'indicateur de production (y) a été choisi en fonction de la spécialisation des pays (la production industrielle pour la Tunisie, la Turquie et la France et pétrolière pour l'Algérie), le volume total des exportations (xpt), l'indice des prix à la consommation (prx), la part des actifs étrangers détenus par la Banque Centrale (res), et le taux d'intérêt ($interet$). Il s'agit de variables couramment utilisées dans la littérature concernant les VAR Structurels⁷ ce qui facilite la mise en place des restrictions de court et de long terme. La variable res a toutefois été ajoutée en vue d'étudier les mouvements de capitaux internationaux dans les économies, suite aux différents chocs⁸.

Dans le cadre du choix des variables climatiques, il est nécessaire de distinguer les catastrophes naturelles non liées au climat (tremblements de terre, tsunamis) des événements météorologiques. Ces derniers peuvent être de plusieurs ordres : tempête tropicale, tempête hivernale, tempête de grêle, blizzard, tornade, vagues de chaleur, sécheresses, inondations, crues éclair.

Les données relatives à la puissance des vents étant peu disponibles et les tempêtes tropicales ne concernant pas la région, seules une variation décuplée des températures et des précipitations sont retenues dans cette analyse de la même manière que les études sur ce thème (IPCC, 2001 ; 2007, Hallegate, 2007 ; Stern, 2006). Les perturbations externes retenues sont donc un choc des températures et des précipitations. Les variables ont été prises dans un premier temps en niveau ($prec$ et $temp$) puis la volatilité de ces indicateurs a été calculée afin de rendre compte des variations brutales de ces indicateurs pouvant refléter des périodes aux cours desquelles les événements extrêmes sont les plus violents ($vprec$ et $vtemp$)⁹. Un modèle GARCH qui donne la variance conditionnelle de chaque indice a alors été utilisé puis l'écart type a pu être déduit.

Toutes les variables ont été transformées en logarithme, sauf le taux d'intérêt des pays et les températures en niveau qui peuvent prendre des valeurs négatives. Les variables domestiques ont été désaisonnalisées. Comme des contraintes de court terme ne sont pas imposées, la stationnarité des variables n'est pas un critère essentiel¹⁰ (Sims et al., 1990, Hamilton, 1994, p.557). Il en est de même en ce qui concerne les relations de cointégration éventuelles (Engle et Granger, 1987).

Les restrictions contemporaines

$$\text{Soient } \Delta Y = \begin{pmatrix} \Delta ext \\ \Delta y \\ \Delta xpt \\ \Delta prx \\ \Delta res \\ \Delta interet \end{pmatrix} \text{ le vecteur des variables endogènes, et } \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{ext} \\ \varepsilon_s \\ \varepsilon_{ce} \\ \varepsilon_p \\ \varepsilon_{fi} \\ \varepsilon_{ms} \end{pmatrix} \text{ le vecteur des chocs structurels, où}$$

ε_{ext} représente le choc externe c'est-à-dire le choc des précipitations $prec$ ou le choc des températures $temp$ en

⁷ Parmi les principales références on retrouve les travaux de Gali (1992), Clarida et Gali (1995), Sims et Zha (1995), Cushman et Zha (1997), Kim et Roubini (2000), Canova (2003), Mackowiak (2003).

⁸ Les données macroéconomiques et financières sont issues du IMF *International Financial Statistics Cd-Rom* (2009).

⁹ Les données sont issues de « Tyndall Centre for climate Change Research » et l'échantillon est complété par les données Plan Bleu issus du CRU.

¹⁰ En revanche, cette stationnarité est indispensable pour poser des restrictions de long terme.

niveau et en variation (*vprec* et *vtemp*), et *es*, *ece*, *ep*, *efi*, *ems* sont respectivement le choc d'offre réel domestique, le choc commercial, le choc financier domestique, le choc de prix domestique, le choc d'offre monétaire domestique.

L'objectif est d'identifier les n^2 éléments de la matrice P . Statistiquement il est nécessaire de poser 21 contraintes identifiantes. En effet, comme la matrice Ω est symétrique, $n(n+1)/2$ contraintes d'orthogonalisation sont déjà admises. En vue de déterminer les $n(n-1)/2$ contraintes restantes, 15 dans le modèle, la littérature économique a été utilisée. Seules des contraintes de court terme ont été choisies.

Une première hypothèse est que les chocs climatiques sont considérés comme exogènes (Cushman et Zha, 1997). Cela suppose que les économies de l'analyse dépendent de manière significative du climat, sans pour autant que leur influence sur la variation de ce dernier ait été démontrée, en particulier dans le court terme (Mackowiack, 2007).

Par conséquent, $P_{12} = P_{13} = P_{14} = P_{15} = P_{16} = 0$.

Par ailleurs, l'hypothèse d'un retard dans la réponse de l'activité économique et des exportations à des chocs monétaires et financiers internes est retenue (Kim and al., 2000).

Donc, $P_{25} = P_{26} = P_{35} = P_{36} = 0$.

En outre, la réponse des prix à un choc de réserves internationales est différée d'un mois, de même que celle de la production à un choc lié aux exportations (Kim and al., 2000).

Ce qui signifie que $P_{45} = P_{23} = 0$.

Enfin, de nombreux auteurs (Sims et Zha, 1995 ; Kim et Roubini, 2000) ont défini leur fonction d'offre de monnaie comme correspondant à la fonction de réaction des autorités monétaires c'est-à-dire au taux d'intérêt, sans prendre en compte l'influence des prix et de la production dans le court terme. Cette démarche repose sur l'hypothèse selon laquelle il est indispensable de prendre en compte un délai de réaction de la politique monétaire lié à un manque d'informations. Il s'est agi d'élargir cette hypothèse en supposant que le choc financier et le choc lié au commerce international n'impactent pas le taux d'intérêt dans le court terme. Cela se traduit par

$P_{62} = P_{63} = P_{64} = P_{65} = 0$.

En suivant les tests de Schwartz, Akaike et Hannan-Quinn deux retards ont été retenus pour tous les modèles. En outre, des tests complémentaires ont permis de juger de l'absence d'auto-corrélation des résidus¹¹. Le logiciel Stata Statistical Software : Release 9.0. a été utilisé.

La totalité des restrictions requises étant imposée, il est maintenant possible d'interpréter les résultats.

Les résultats

Le contexte économique et financier

Lors de l'interprétation des résultats, il faut tenir compte au préalable de plusieurs facteurs susceptibles d'influencer les réactions des variables domestiques.

Il est important, dans un premier temps, d'envisager la spécialisation des pays car elle peut avoir une influence significative sur les différences de coûts subis. Les pays agricoles sont très vulnérables aux événements extrêmes pouvant entraîner une perte des récoltes. Les effets néfastes peuvent alors ne pas être seulement ponctuels mais s'étendre sur l'ensemble de l'année. De même, les pays dont les industries nécessitent un grand nombre d'infrastructures, surtout si celles-ci sont concentrées dans les zones côtières, peuvent connaître des coûts particulièrement élevés en cas de chocs extrêmes importants de type inondations par exemple. Par ailleurs, certaines activités tertiaires comme le tourisme, sont très sensibles aux variations extrêmes de températures et de précipitations pouvant décourager les voyages et donc se traduire par une perte de réserves internationales pour le pays.

¹¹ Les détails des tests sont disponibles auprès de l'auteur sur simple demande.

La France produit et exporte essentiellement des services, de même que la Tunisie et la Turquie, qui sont aussi particulièrement présentes sur le secteur secondaire. En outre, une grande partie de la population active est concentrée dans le secteur agricole dans la plupart des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée, notamment en Turquie, et en Algérie. L'Algérie, la Tunisie et la Turquie ont une production industrielle importante. Il existe une certaine proximité entre la structure de l'économie de ces deux derniers pays. La part de l'industrie (minière, manufacturière, électricité, gaz, eau) est dominante. Elle est prépondérante aussi en Algérie où elle représente près de la moitié de la valeur ajoutée totale en 2007, le pays étant un des principaux exportateurs de pétrole du monde. La Tunisie et la Turquie ont des activités tertiaires orientées dans le commerce, la restauration et l'hôtellerie, l'économie étant plutôt axée sur le développement du tourisme. De même, les transports, le stockage et la communication sont très développés dans ces pays, ces deux activités étant très liées (Plan Bleu 2002, 2005).

Par ailleurs, il est essentiel de préciser que l'environnement macroéconomique est très différent d'un pays à l'autre de l'échantillon et cela peut largement influencer leur vulnérabilité face aux chocs internationaux. Tout d'abord, les pays n'ont pas amorcé leur ouverture commerciale et financière au même moment et donc ils n'ont pas atteint aujourd'hui le même stade d'intégration internationale. On anticipe donc que les réactions des variables relatives aux exportations et aux réserves internationales peuvent être plus prononcées dans des pays qui ont ouvert leur économie plus prématurément. La France est le premier pays de l'échantillon à avoir libéralisé son économie. A la suite des chocs pétroliers, à la fin des années 70, l'objectif était de capter l'épargne internationale pour relancer l'activité économique ce qui s'est traduit par une réduction des barrières financières. De même l'intégration européenne qui a débuté à la fin des années 50 s'est accompagnée d'une réduction progressive des freins au commerce international. Pour les autres pays de l'échantillon, l'ouverture commerciale a réellement débuté dans les années 90 dans le cadre de la politique méditerranéenne, puis a été renforcée par les accords de Barcelone en 1995. Cependant, les principaux partenaires de ces pays sont les économies européennes, le commerce avec le reste du monde étant encore limité. De même, l'ouverture financière, datant des années 2000, est très récente pour ces économies.

En outre, le taux de change est un élément essentiel à prendre en compte, d'autant que celui-ci est généralement lié à la politique monétaire du pays et peut donc expliquer les réactions du taux d'intérêt en particulier dans le cadre de la mise en place d'une politique de relance économique. La France a quasi-fixé son taux de change très tôt, dans le cadre du Serpent monétaire tout d'abord, puis, du SME à partir de 1979. Les fluctuations du change étaient alors encadrées par des bandes plutôt restrictives (2,25% en moyenne hormis lors de la crise de 1993). Une des contraintes imposées par ce système de zone cible est que la crédibilité du pays dépend en grande partie du niveau de taux d'inflation (Svensson, 1994). La marge de manœuvre sur les taux d'intérêt était alors limitée durant la quasi-totalité de la période d'analyse. En outre, l'objectif étant l'entrée dans la zone euro, le pays a dû maintenir ses taux d'intérêt et d'inflation faibles à la fin des années 90 en vue de respecter les critères de Maastricht. Au début de la période d'analyse, l'Algérie avait opté pour un régime de change fixe qui a subi plusieurs dévaluations. Ainsi, la marge de manœuvre sur le taux d'intérêt était très faible. Depuis 1996, l'Algérie privilégie un flottement impur avec une intervention des autorités monétaires en vue de maintenir une certaine parité avec le Dollar US car les hydrocarbures qui représentent les principales exportations du pays sont libellés dans cette devise. Le pays est parvenu à maîtriser une inflation importante à partir du milieu des années 90. Depuis la fin des années 80, la Tunisie a opté pour un régime intermédiaire de parité glissante. Le pays a choisi un régime de change plutôt encadré avec des réajustements périodiques afin de réduire les différentiels d'inflation avec les pays partenaires et de stabiliser le prix des exportations en devises. En effet, la Tunisie a souffert d'une inflation importante lui imposant de maintenir ses taux d'intérêt à un niveau relativement élevé. Celle-ci est apparue au début des années 80 contraignant le pays à abandonner son système d'ancrage à un panier de monnaie où le dollar était dominant. Il en est de même pour la Turquie qui a connu de nombreuses variations de politiques de change : après un régime de crawling peg en 1980-1981, le pays a adopté un régime de flottement dirigé jusqu'en 1999, puis de nouveau un régime intermédiaire, abandonné à la suite de la crise de 2001. Malgré une forte inflation, et donc des contraintes sur le taux d'intérêt (celui-ci ayant été maintenu à un niveau très élevé pendant la plus grande partie de la période d'analyse), on anticipe que ce pays est malgré tout celui qui a la plus grande marge de manœuvre en terme de politique monétaire pour résoudre un choc climatique et relancer la croissance économique.

L'impact des évènements extrêmes

En ce qui concerne les réactions des pays à différents types de chocs climatiques, la significativité des résultats est jugée à partir des graphiques qui illustrent les réactions des variables domestiques qui succèdent à une variation d'une unité de la variable externe (Annexe 2). L'intervalle de confiance, calculé à partir de la procédure bootstrapping, est de 90 %.

Un choc dans les précipitations (*prec*) impacte directement et significativement la production des pays (*y*). Une augmentation des précipitations peut avoir, dans un premier temps, des effets favorables, pour les cultures notamment, comme c'est le cas en France et en Tunisie durant le premier mois. Mais ces derniers se transforment rapidement en impacts néfastes pour les économies. Ils sont particulièrement importants dans le court terme où les pertes sont considérables pour l'ensemble des pays de l'échantillon. La France et la Tunisie parviennent à limiter ces effets au terme de 4 mois. En revanche, l'Algérie et la Turquie subiront les conséquences difficiles de ce choc durant une plus longue période pouvant aller jusqu'à un an. En outre, les effets négatifs se font ressentir sur les exportations (*xpt*) durant les deux premiers mois qui suivent le choc en France et en Turquie et sur le plus long terme en Tunisie, les précipitations ayant certainement endommagé certaines productions agricoles. L'Algérie qui exporte principalement du pétrole ne verra pas sa balance commerciale affectée, les précipitations n'ayant pas eu d'impact sur les structures encadrant la production d'hydrocarbures d'une part, et le pays disposant de stocks importants d'autre part. L'impact sur les prix est nul en France (*prx*). En Algérie, ils connaissent une légère hausse durant les deux premiers mois du fait du ralentissement de la production d'hydrocarbures. Les prix diminuent en Tunisie et en Turquie influencés par les politiques monétaires des pays visant à limiter la hausse générale des prix, en particulier lors de chocs pouvant engendrer des effets inflationnistes. Une diminution de la fréquentation touristique peut aussi expliquer ce phénomène. La baisse des exportations pèse légèrement sur les réserves en France durant le premier mois suivant le choc (*res*). L'Algérie ne connaît pas de réduction dans les réserves internationales car d'une part ses exportations ne sont pas affectées et d'autre part de nombreuses barrières viennent limiter les mouvements internationaux de capitaux. En revanche, la Turquie et la Tunisie subissent une forte perte de réserves dans les premiers mois qui suivent le choc et qui persiste tout au long de l'année à un rythme plus faible. Les politiques monétaires mises en place sont limitées par des contraintes macroéconomiques mais se traduisent parfois (en Turquie par exemple) par une diminution du taux d'intérêt en vue de relancer la croissance économique du pays (*interet*).

Si l'on s'intéresse maintenant à une variation de la volatilité des précipitations (*vprec*) pouvant traduire une période d'excédent de pluie que l'on peut associer à des inondations ou, au contraire, des périodes de pénurie d'eau, les effets sont particulièrement néfastes dans l'ensemble des économies de l'échantillon. Les pertes économiques (*y*) sont beaucoup plus prononcées en Algérie où les effets catastrophiques s'étendent sur une plus longue période. Il en est de même en France où les impacts négatifs sont considérables dans les deux premiers mois qui suivent le choc puis s'estompent à partir du quatrième mois. En Tunisie et en Turquie les pertes sont plus limitées. Toutefois, à l'exception de l'Algérie, les exportations des pays s'en trouvent largement affectées (*xpt*). Cela s'explique par le fait que la plupart d'entre eux vendent à l'étranger une partie de leur production agricole, très vulnérable aux variations extrêmes de climat. De la même manière que lors du choc précédent, l'impact sur les prix (*prx*) est limité en Algérie et en France où l'inflation est contrôlée et elle diminue en Turquie et Tunisie encouragée par la politique monétaire en place d'une part et du fait d'un ralentissement du tourisme lors de ces périodes d'instabilité d'autre part. C'est pourquoi, la Tunisie et la Turquie connaissent la plus forte baisse de réserves internationales (*res*) dans le court terme et qui se maintient tout le long de l'année. Celle-ci est limitée en France et Algérie. Cela s'explique par le fait que la France ayant un marché des capitaux très ouvert, la baisse des recettes commerciales est compensée par une entrée de devises par l'intermédiaire de placements financiers. En Algérie, les exportations ayant été peu affectées, les ressources financières du pays le sont aussi. Les effets sur le taux d'intérêt des pays sont faibles (*interet*), et pour la plupart peu significatifs, les pays étant contraints de maintenir ces taux à un niveau élevé pour garantir la crédibilité de leur économie.

Un choc dans les températures (*temp*) a un impact négatif important en France durant les deux premiers mois. Les effets sur la production (*y*) de l'Algérie et de la Tunisie sont limités. En Turquie, l'impact est tout d'abord positif puis, au-delà d'une certaine température, négatif. Ces résultats rappellent les conclusions des analyses

ricardiennes concernant les conséquences positives puis négatives d'une augmentation des températures¹² à partir d'un certain seuil (Mendelson et al., 2000 ; Kurukulasuriya et al., 2006). Les exportations des pays (xpt) sont peu affectées hormis en France et en Turquie au cours du deuxième mois qui succède au choc. Ces effets limités s'expliquent par le fait que durant les décennies 80 et 90, les pays de la région ont connu une élévation des températures limitée. Or celle-ci va s'accroître dans les années à venir sachant qu'elle part déjà d'un niveau relativement haut (Stern, 2006, Plan Bleu, 2008, IPCC, 2007). Cela va engendrer alors des dégâts très importants dans un futur très proche. Une simulation des pertes futures que ces pays connaîtront, selon un scénario business-as-usual, permettra de mettre en lumière ces coûts. Les prix (prx) réagissent faiblement en France et en Algérie. En revanche, ils augmentent au terme des troisième et quatrième mois en Tunisie et en Turquie du fait d'une dégradation de la production agricole qui se fait ressentir tout au long de l'année. Les réserves en devises (res) sont alors peu affectées. Enfin, seulement en Turquie, le taux d'intérêt subit un léger fléchissement à partir du deuxième mois.

Si un choc des températures a un effet limité sur les économies de l'échantillon, en revanche, une variation extrême de cet indicateur pouvant refléter des périodes de sécheresse intense ou de climat très froid impacte largement et négativement les économies des pays (vtemp). En effet, l'incidence sur la production (y) sont immédiats et de grande ampleur en France et dans une certaine mesure, en Tunisie. Ils se maintiennent dans le plus long terme en Algérie et en Turquie. Les exportations de l'ensemble des pays (xpt) diminuent alors sensiblement, en particulier dans les premiers mois qui suivent le choc. Les prix (prx) augmentent en Tunisie et en Algérie du fait d'une diminution de la production, notamment de la production agricole. La tendance est plutôt à la baisse en France et en Turquie. Cela peut s'expliquer dans une certaine mesure par une diminution de la fréquentation touristique du fait de ces épisodes de sécheresse ou de froid, en particulier en Turquie et par un ralentissement de l'activité économique dans les pays du nord de la Méditerranée. Les effets en termes de réserves en devises (res) sont faibles en Algérie et en France. En revanche, on constate une diminution de celles-ci en Turquie, immédiatement à la suite du choc et dans le plus long terme en Tunisie. Le taux d'intérêt (interet) reste inchangé en France, contrainte par le régime de change en place, alors qu'en Algérie, en Tunisie et en Turquie les autorités monétaires tentent de relancer la croissance économique par une action à la baisse sur cet indicateur.

L'annexe 3 met en lumière l'implication des chocs climatiques dans la variation totale de chaque indicateur. Le résultat est saisissant. En effet, il ressort de cette étude le fait que dans les années 80 et 90, les chocs climatiques étaient déjà responsables d'une variation parfois supérieure à 20% de la production des différents pays, dans le court et le moyen terme. Les chocs extrêmes expliquent la diminution de la production sur l'ensemble de la période considérée (8 mois). Ils jouent un rôle particulièrement important en Turquie et en France. De même, on peut leur attribuer près de 10% de la variation des exportations et parfois plus de 15% de la variation des prix, notamment en Turquie. Seule l'évolution des taux d'intérêt ne dépend pas directement du climat. De ces tableaux, il ressort donc une large dépendance de l'ensemble des économies de la région aux variations climatiques. La Turquie semble toutefois être le pays dont la production et les exportations sont les plus vulnérables au climat alors que l'Algérie spécialisée dans le secteur du pétrole paraît légèrement moins sensible. La France et la Tunisie sont dans une position intermédiaire, la Tunisie étant cependant relativement moins dépendante du climat.

¹² Ce type d'analyse repose sur l'hypothèse selon laquelle pour tous les secteurs sensibles au climat, il existe une température qui maximise le bien-être de ce secteur. En deçà de ce seuil une croissance des températures se traduit par une augmentation de la production. Au-delà de ce maximum, le secteur subit alors des pertes importantes.

Les pertes anticipées liées à la variation du climat sur la période 2010-2030

Dans un second temps, il s'agit de s'intéresser à la période 2010-2030. Plus précisément, l'étude a été prolongée afin de rendre compte de l'impact de chocs des températures et des précipitations sur ces mêmes pays dans les années à venir, si aucune mesure de prévention et d'adaptation n'est mise en œuvre.

La plupart des études qui analysent les effets économiques futurs du climat forment leurs anticipations en prenant comme référence une situation économique donnée et raisonnent donc en statique (Mendelson et al., 2000 ; Nordhaus et al., 2000 ; Tol, 2002). Pour dépasser en partie ces limites, il s'est agi de procéder à des simulations quant à l'évolution des variables domestiques des pays selon un scénario « business as usual ». Celui-ci se traduit par une augmentation de la production à un taux constant liée notamment à une ouverture économique et financière plus prononcée ainsi qu'au maintien de la stabilité de la politique monétaire et de change. Pour ce faire, la période 1980-2009 a été prise comme référence¹³ et un modèle ARIMA¹⁴ a permis d'anticiper la variation de ces variables sur la période 2010-2030.

En ce qui concerne les variables climatiques (temp et prec), l'anticipation de leur évolution pour les 20 prochaines années repose sur le scénario A1B¹⁵ de l'IPCC(2007). Globalement, selon ce scénario, l'augmentation des températures en 2020-2030 pourrait atteindre +1,25°C par rapport à la période 1980-1990. Sachant que la région Méditerranée est une des zones où la variation des températures sera la plus prononcée, il a été supposé, dans cette analyse, que les températures sur la période 2010-2030 augmenteraient en moyenne de +1,5°C par rapport à la période 1980-1990. De même, les précipitations ont été considérées comme plus importantes en France (+1,5% par rapport à 1980-1990) et moins élevées à l'est (-2,5%) et au sud (-3% par rapport à 1980-1990).

La périodicité mensuelle des données a été conservée, et les variations des précipitations et des températures dans les pays tout au long de l'année suivent la même répartition que durant la période 1990-2010.

Ainsi, il est possible de procéder à la même analyse que précédemment en se fondant sur le même modèle SVAR auquel sont attribuées les mêmes contraintes de court terme. Cependant, les résultats sont beaucoup moins précis car ils reposent sur des données anticipées et non concrètes. Par conséquent, il est impossible de faire appel à des degrés de significativité pour encadrer les réactions aux chocs à la manière du test précédent. Par ailleurs, la volatilité de ces variables ne peut être mesurée. Il s'agit ici de s'intéresser à une tendance concernant les réactions de la production et des exportations des pays (à travers y et xpt) à un choc positif des températures et des précipitations et de voir dans quelles mesures celles-ci diffèrent de celles de la période précédente (annexe 3).

Globalement, il ressort de l'analyse dès lors que l'on compare les résultats relatifs à la période 1980-2000 et ceux de la période 2010-2030, un impact négatif beaucoup plus prononcé d'un choc de températures (temp) sur la production (y) et les exportations (xpt) de l'ensemble des pays de la région. En effet, même si le choc ne provoque pas immédiatement une chute de la production dans les pays du nord, de l'est et du sud de la Méditerranée, les effets néfastes se font largement ressentir dès le deuxième mois qui suit la perturbation. Cela s'explique par un court délai de réaction de la production, en particulier dans le secteur agricole et du tourisme suite à une période de sécheresse. En outre, les effets néfastes d'un choc de températures s'étendent sur une période beaucoup plus longue que précédemment. En effet, il semble que le choc provoque une réduction de la production sur une période moyenne de 8 mois, alors que l'impact négatif d'un choc des températures dans les années 1980 et 1990 n'était que transitoire et n'excédait pas 3 mois. Ce constat révèle une plus grande difficulté de la part des pays dans les années à venir à résorber ce type de choc. Enfin, ce choc semble expliquer plus de 30% des variations de la production et donc des exportations, ce qui souligne le fait que ces économies ont une dépendance accrue au climat (annexe 5).

¹³ La prise en compte d'une période de référence longue permet de limiter l'influence de la crise des *subprimes* sur l'évolution du PIB des pays et de raisonner à partir d'une tendance sur le plus long terme.

¹⁴ Le modèle ARIMA ("Auto-Regressive - Integrated - Moving Average"), formalisé par Box et Jenkins (1976), permet de prédire l'évolution d'une variable en fonction de la somme pondérée d'un ensemble de points précédents, plus un terme aléatoire d'erreur. Il a été noté que ce modèle requiert la stationnarité des variables, celles-ci ont donc été considérées en différence première.

¹⁵ Le scénario A1B suppose une forte croissance économique et démographique, l'utilisation de technologies nouvelles avec un recours aux énergies fossiles équilibré.

Pour ce qui est des précipitations (prec), malgré une diminution de celles-ci dans trois des quatre pays de la région, un choc de précipitations qui représente une forte concentration de pluie durant une période donnée, a toujours un impact négatif sur les économies, en particulier celles qui sont spécialisées dans l'agriculture. Ces effets sont moins importants que durant la période précédente, mais restent caractéristiques. On assiste à une réduction immédiate et importante de la production et des exportations de l'ensemble des pays de la région. Le constat est le même pour la France qui, à l'inverse des autres pays de la région connaît de plus fortes précipitations. Toutefois, cet effet néfaste ne provoque des pertes qu'à court terme, n'excédant pas 3 mois alors que durant la période précédente l'impact négatif s'étendait sur une période plus longue (en général supérieure à 4 mois). Un choc des précipitations explique en moyenne près de 10% de la variation de la production des pays et plus de 20% en Tunisie (annexe 4). Par conséquent, malgré la réduction moyenne des précipitations pouvant engendrer des difficultés pour les pays, celles-ci restent concentrées sur quelques mois et peuvent être à l'origine d'importantes pertes.

Les pertes économiques liées à chaque événement climatique extrême

Les résultats de l'analyse convergent avec ceux de la littérature économique. En effet, le coût global associé aux événements extrêmes durant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle est évalué à 0,1% du PIB en moyenne. Ces pertes pourraient s'intensifier avec le changement climatique dans les années à venir et atteindre 0,5 à 1% du PIB global pour une augmentation des températures de 2°C (Stern, 2006). De même, cette variation du climat serait susceptible d'entraîner une hausse des tempêtes orageuses de grande intensité de 25 à 30%. Les pertes seraient alors démesurées si on part du constat selon lequel une augmentation de l'intensité de ces événements de 5 à 10% engendre un coût moyen de 0,13% du PIB pour le pays¹⁶ (Nordhaus, 2006).

L'impact des chocs a été normalisé de manière à pouvoir mesurer la réaction des variables à un choc d'une unité de la variable climatique (annexe 6). Les interprétations des réponses sont très précises dans le cadre d'un SVAR car on s'appuie sur la théorie économique pour définir le modèle. Il s'agit de mettre en lumière les pertes engendrées par chaque type d'évènement extrême qui seront multipliés avec l'occurrence des chocs.

Une augmentation brutale de 10% des précipitations que l'on peut associer à des périodes d'inondations a généré un coût proche de 0,3% du PIB total des quatre pays, soit un montant cumulé d'environ 3398 millions de Dollars US dans les années 1980-2002 durant les 3 mois qui ont suivi la perturbation. Les pays les plus impactés sont la Turquie (0,8% du PIB) et la France (0,2% du PIB). Les exportations des pays diminuent alors de 0,2% en France de 0,12% en Tunisie et 0,03% en Turquie sur cette même période d'analyse. Ces pertes seront plus faibles dans les 20 prochaines années du fait d'une diminution des précipitations qui pourra cependant être à l'origine de période de sécheresse importante.

En revanche, on constate le phénomène inverse en ce qui concerne les températures. Une augmentation brutale de 5°C par rapport à la normale saisonnière (soit environ un écart-type par rapport à la moyenne), pouvant être associée à une vague de chaleur a pour conséquence une diminution de la production des pays de 0,01% le premier mois qui se résorbe dès le troisième mois suivant le choc pour la période 1980-2002. Le coût supporté par les quatre pays s'élevait alors à 209 millions de Dollars US pour un choc de température durant cette période. Si aucune mesure de prévention n'est mise en œuvre, l'impact de ce choc sera plus difficile à résorber et coûtera 0,1% du PIB le cinquième mois suivant le choc pour atteindre environ 381 millions de Dollar US d'ici 2030 pour l'ensemble des quatre pays. Les économies les plus impactés sont la Tunisie et la France (0,01% du PIB durant la période 1980-2002) et Turquie durant la période future (0,01% du PIB)¹⁷.

Le changement climatique est susceptible d'augmenter les coûts imposés par ces mouvements météorologiques extrêmes. D'une part, les variations de températures sont décuplées, mais en outre la distribution de probabilité augmente (plus de canicules). De même, le changement climatique intensifie le cycle de l'eau, de sorte que de

¹⁶ Pour les Etats-Unis cela correspondrait à 100 – 150 milliards de US Dollar.

¹⁷ Ce qui représente environ 152,99 millions de Dollars US pour la France, 1,28 millions de Dollars US pour la Tunisie et 81,31 millions de Dollars US pour la Turquie pour un choc externe.

graves inondations, les sécheresses et les tempêtes se produisent plus souvent avec une ampleur plus importante (Stern, 2006). Les coûts des événements extrêmes, dans les années à venir, devraient atteindre 0,5 à 1% du PIB global pour une augmentation des températures de 2°C (Stern, 2006). La Méditerranée sera particulièrement sensible à une augmentation des périodes de sécheresse et de vagues de chaleur. Or, certaines études (Wigley, 1985 ; Stern, 2006) prévoient qu'une augmentation de 1°C pourrait multiplier par 10 les périodes de fortes chaleurs. L'impact futur des événements extrêmes dans cette zone aura donc un coût particulièrement élevé s'il on part de l'hypothèse que les pertes mises en évidence dans notre analyse pour un choc soient multipliées par dix dans l'avenir...

Conclusions et recommandations

L'objectif de cette étude est de mettre en lumière les coûts économiques liés à la variation du climat pour les pays méditerranéens. L'accent est mis plus particulièrement sur l'impact des événements extrêmes subis par les pays durant les deux dernières décennies. Le choix des pays a été orienté en vue de considérer des économies ayant des profils et des positions géographiques différents. L'évolution des températures et des précipitations à l'échelle de chacun d'eux, en périodicité mensuelle a été retenue et la volatilité de ces indicateurs reflétant les variations extrêmes du climat a été calculée.

Il ressort de cette analyse des pertes considérables liées au climat durant les décennies 80 et 90 dans tous les pays de l'échantillon. Quelles que soient la position géographique du pays et sa spécialisation économique, tous subissent largement les effets néfastes d'une variation extrême des températures et des précipitations. Cela se traduit en particulier par diminution de la production des pays. Par voie de conséquence leurs exportations chutent considérablement, en particulier dans les régions agricoles et lorsque les événements extrêmes impactent des infrastructures de production souvent mal localisées. Dans ce cas, il est très difficile pour le pays de faire face à ce choc dans le court terme et les pertes s'étendent alors sur l'ensemble d'une année. En outre, la diminution de la production peut avoir pour conséquence une augmentation des prix, en particulier des matières premières. Cette situation est particulièrement difficile pour les populations les plus pauvres qui connaissent des difficultés supplémentaires à se nourrir. Cela peut engendrer des épidémies et des mouvements massifs de populations des campagnes vers les villes, pas toujours équipées pour recevoir un flux important de personnes. Au-delà des effets économiques, les conséquences sociales sont alors catastrophiques. Une diminution des exportations a pour effet un assèchement des réserves internationales des pays. Cela pose des problèmes en particulier lorsque ces derniers ont opté pour un régime de change fixe ou quasi-fixe. Ils connaissent alors des pressions déstabilisatrices pouvant entraîner des dépréciations du taux de change. Ils disposent alors d'une marge de manœuvre encore plus réduite d'autant que tous les pays ayant de fortes contraintes en termes de stabilité des taux d'intérêt, les autorités ont un pouvoir très faible pour relancer la croissance économique.

L'analyse a montré que d'ores et déjà, la variation du climat, en particulier les mouvements extrêmes des températures et des précipitations avaient pour conséquences des pertes économiques très importantes pour les pays pouvant freiner le développement économique de ces derniers. Ces chocs climatiques expliquent déjà plus de 20% de la variation de la production et plus de 10% des exportations de chacun d'eux. Le fait que tous les pays soient impactés et que les effets soient importants quelles que soient la situation géographique et de la spécialisation des pays montre que ces derniers ne sont absolument pas préparés à affronter les variations futures du climat. Cette étude révèle donc le manque de mesure d'anticipation et d'adaptation de l'ensemble des pays de l'échantillon pour prévenir ou limiter les chocs climatiques.

Une analyse complémentaire a permis de dégager des tendances en ce qui concerne les réactions de la production et des exportations des pays dans les 20 années à venir selon un scénario climatique intermédiaire A1B. Les résultats révèlent un aggravement de la situation économique des pays lors d'un choc de températures et le maintien des pertes économiques considérables alors même que la moyenne des précipitations annuelles se réduit. S'il faut plus d'une année pour amortir les effets néfastes de ces chocs et s'ils deviennent plus récurrents, il ne sera pas possible pour les pays de la région méditerranéenne de leur faire face dans le futur. Il est donc nécessaire qu'une coopération régionale s'organise en vue de renforcer les capacités des pays à affronter de tels chocs grâce à l'adoption de mesures de préventions et d'adaptation à l'échelle de la zone.

Annexes

Annexe 1 - Le modèle

Soit la représentation vectorielle autorégressive VAR(q) du modèle sous forme réduite :

$$Y_t = \sum_{i=1}^q A_i Y_{t-i} + e_t \quad (1)$$

où q est le nombre de retards, et e_t est un bruit blanc.

En vue de simplifier la représentation, les variables sont réparties en deux blocs : y_{1t} représente la variable étrangère et y_{2t} les variables domestiques.

On a donc :

$$Y_t = \begin{pmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{pmatrix} \quad \text{avec } Y_{t-1} \text{ le vecteur de ces variables retardées,}$$

$$A_i = \begin{pmatrix} a_{11}^{(i)} & a_{12}^{(i)} \\ a_{21}^{(i)} & a_{22}^{(i)} \end{pmatrix} \quad \text{la matrice } n \times n \text{ des paramètres du modèle,}$$

$$e_t = \begin{pmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{pmatrix} \quad \text{le vecteur d'erreur dont la matrice des variances covariances ne fait l'objet d'aucune restriction, en d'autres termes } E(e_t, e_t^T) = \Omega \text{ et } E(e_t) = 0.$$

Soit L l'opérateur de retard, le modèle VAR(q) peut s'écrire alors sous la forme :

$$A(L) Y_t = e_t \quad \text{o}$$

$$A(L) = I_n - A_1 L - \dots - A_q L^q$$

En vue d'obtenir les fonctions de réponse aux chocs ainsi que les décompositions de la variance de l'erreur de prévision, il est nécessaire d'écrire ce processus sous la forme moyenne mobile infinie structurelle. Pour ce faire, une étape intermédiaire consiste à « inverser » le modèle VAR canonique selon le théorème de Wold.

Le VAR canonique sous forme moyenne mobile se présente donc ainsi :

$$Y_t = \sum_{j=0}^{\infty} C_j e_{t-j} = C(L) e_t \quad (2)$$

où e_t représente le vecteur des innovations canoniques.

D'où la forme moyenne mobile structurelle du VAR :

$$Y_t = \sum_{j=0}^{\infty} \Theta_j \varepsilon_{t-j} = \Theta(L) \varepsilon_t \quad (3)$$

Où la matrice Θ_j représente les fonctions de réponse aux chocs et des éléments de Y_t ¹⁸

avec

$$e_t = P \varepsilon_t \quad (4)$$

¹⁸ L'absence de réponse dans le long terme d'un certain nombre de variables Y_t aux chocs ε se traduit par la nullité du multiplicateur de long terme dynamique correspondant.

où P est une matrice de passage inversible $n \times n$ qu'il faut estimer en vue d'identifier les chocs structurels. Les contraintes de court terme se traduisent par la nullité de certains coefficients de la matrice P .

On suppose que les différents chocs structurels ne sont pas corrélés entre eux et ont une variance unitaire :

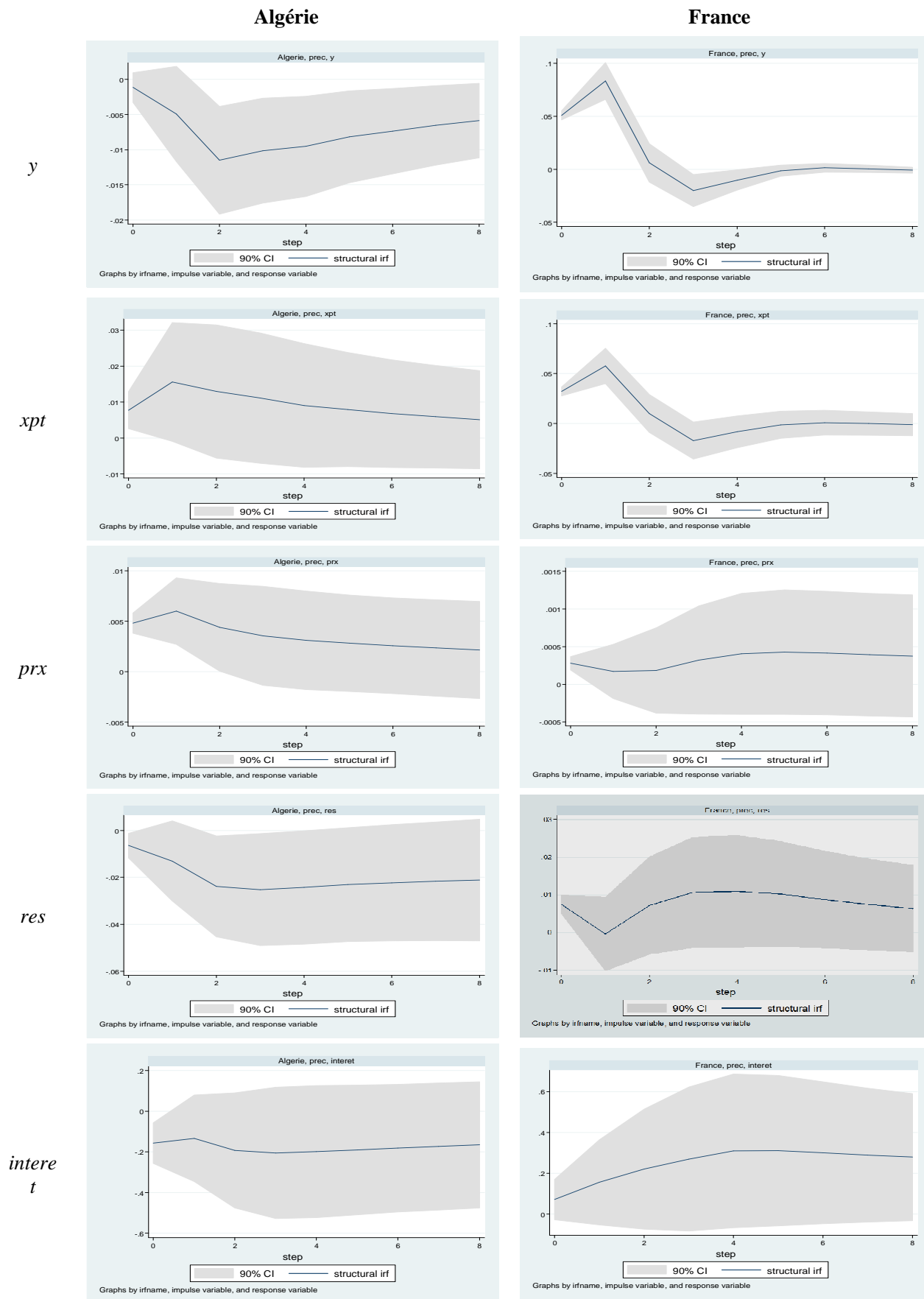
$$E(\boldsymbol{\varepsilon}_t, \boldsymbol{\varepsilon}_t^T) = I_n \quad (5)$$

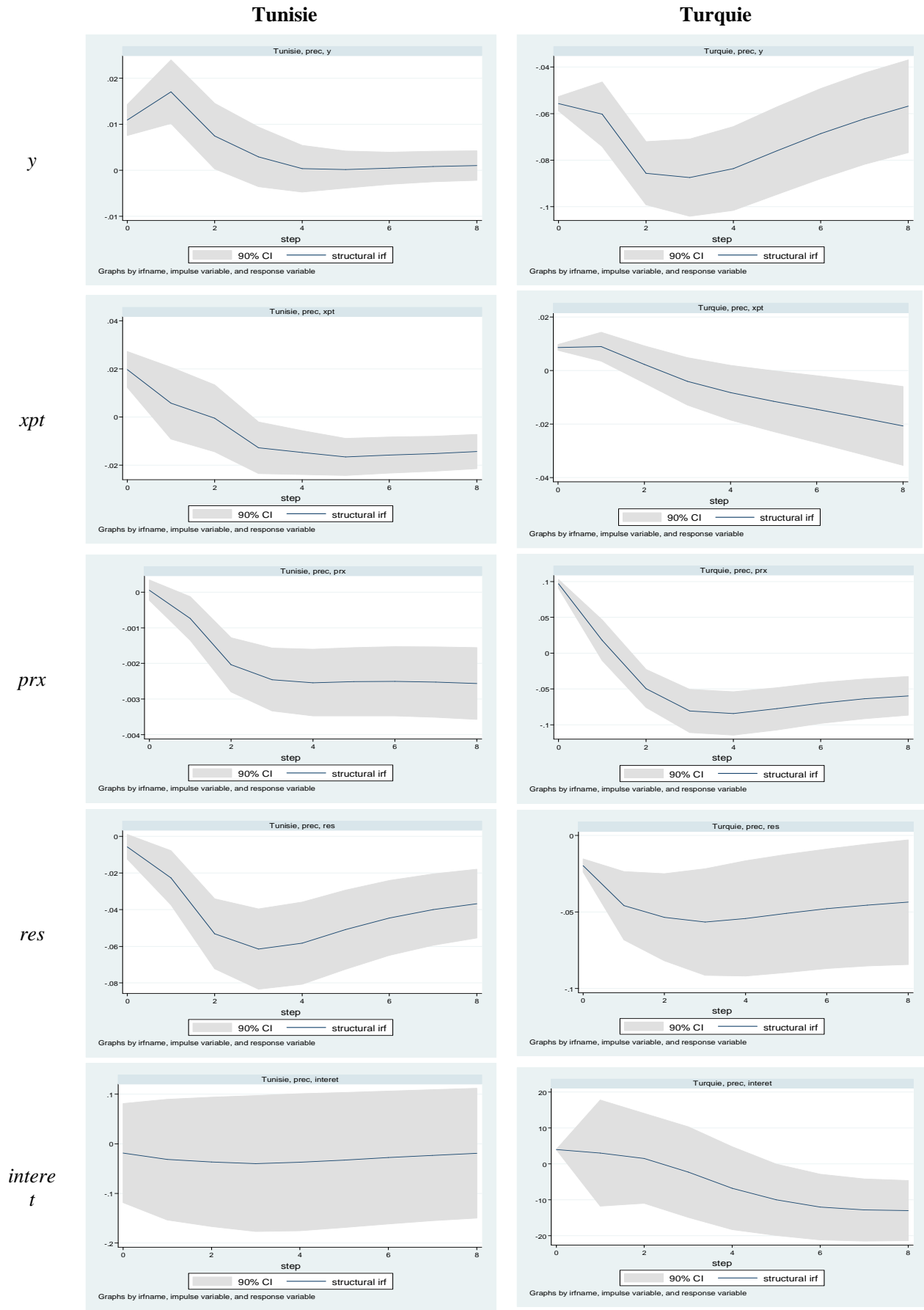
Ω étant la matrice des variances covariances des innovations canoniques et, on a :

$$E(e_t, e_t^T) = PE(\boldsymbol{\varepsilon}_t, \boldsymbol{\varepsilon}_t^T)P^T = PP^T = \Omega \quad (6)$$

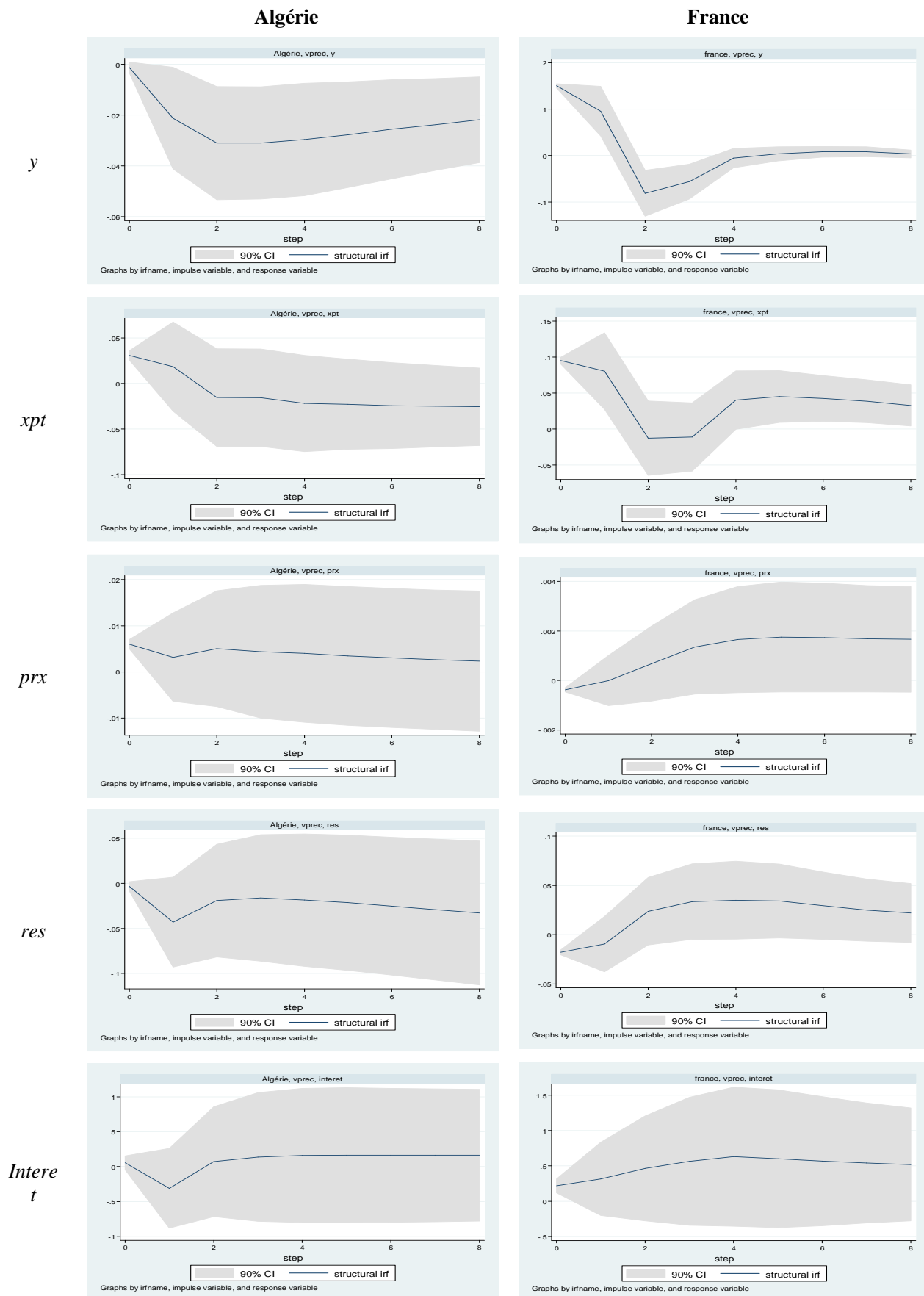
Annexe 2 - Réponses des pays à des chocs climatiques

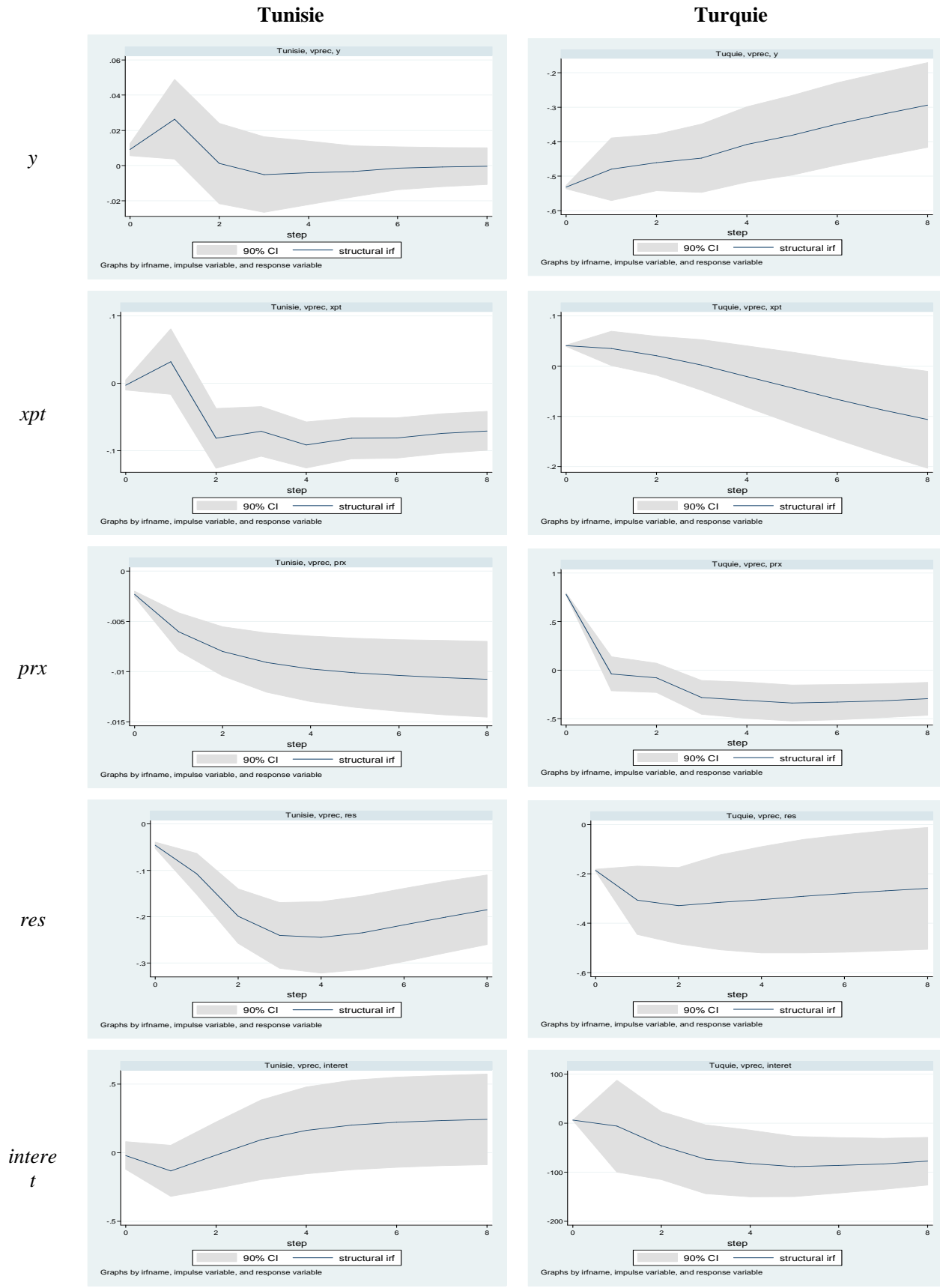
Graphique 2.1 Réponses à un choc de précipitations (prec)



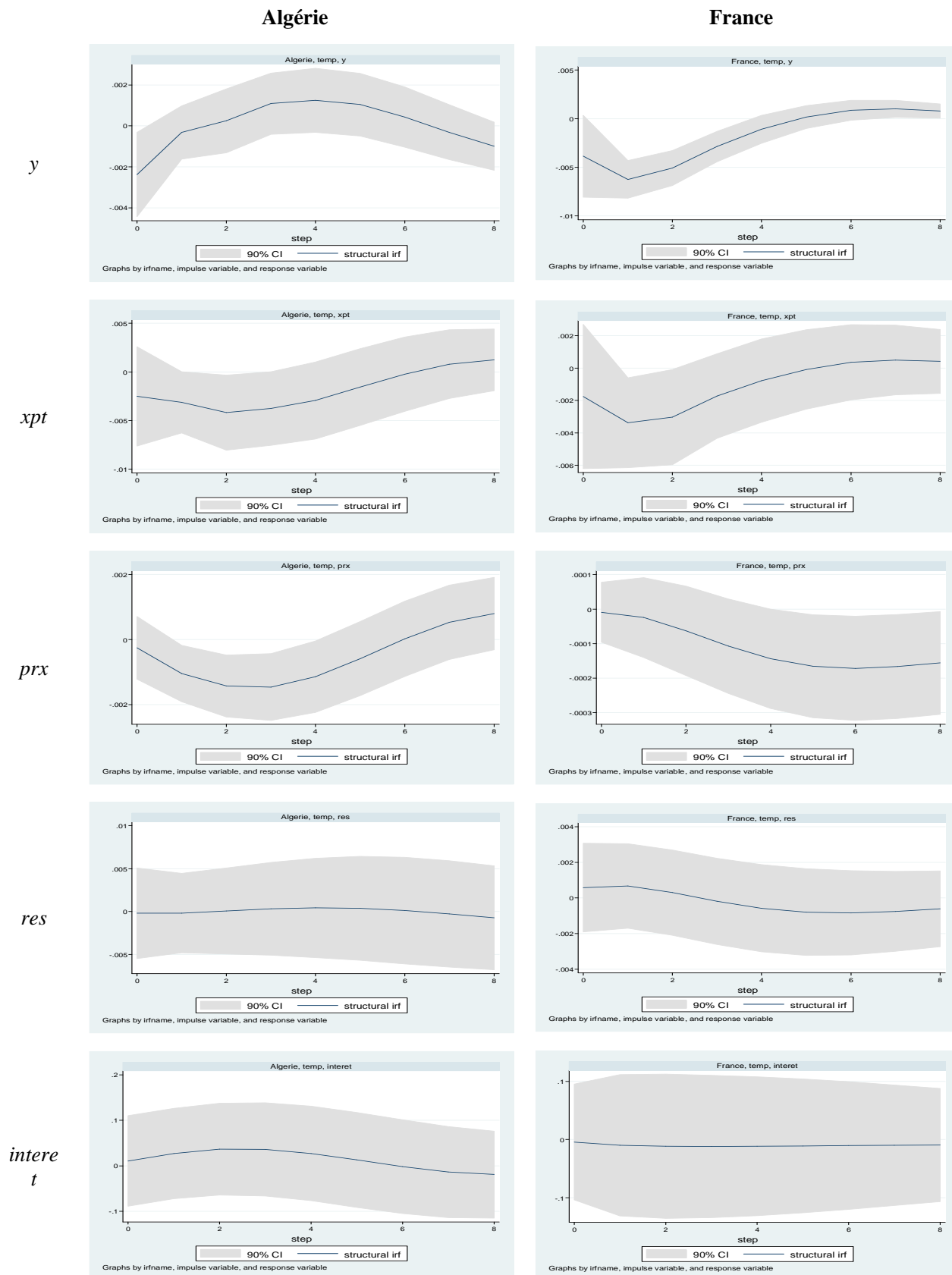


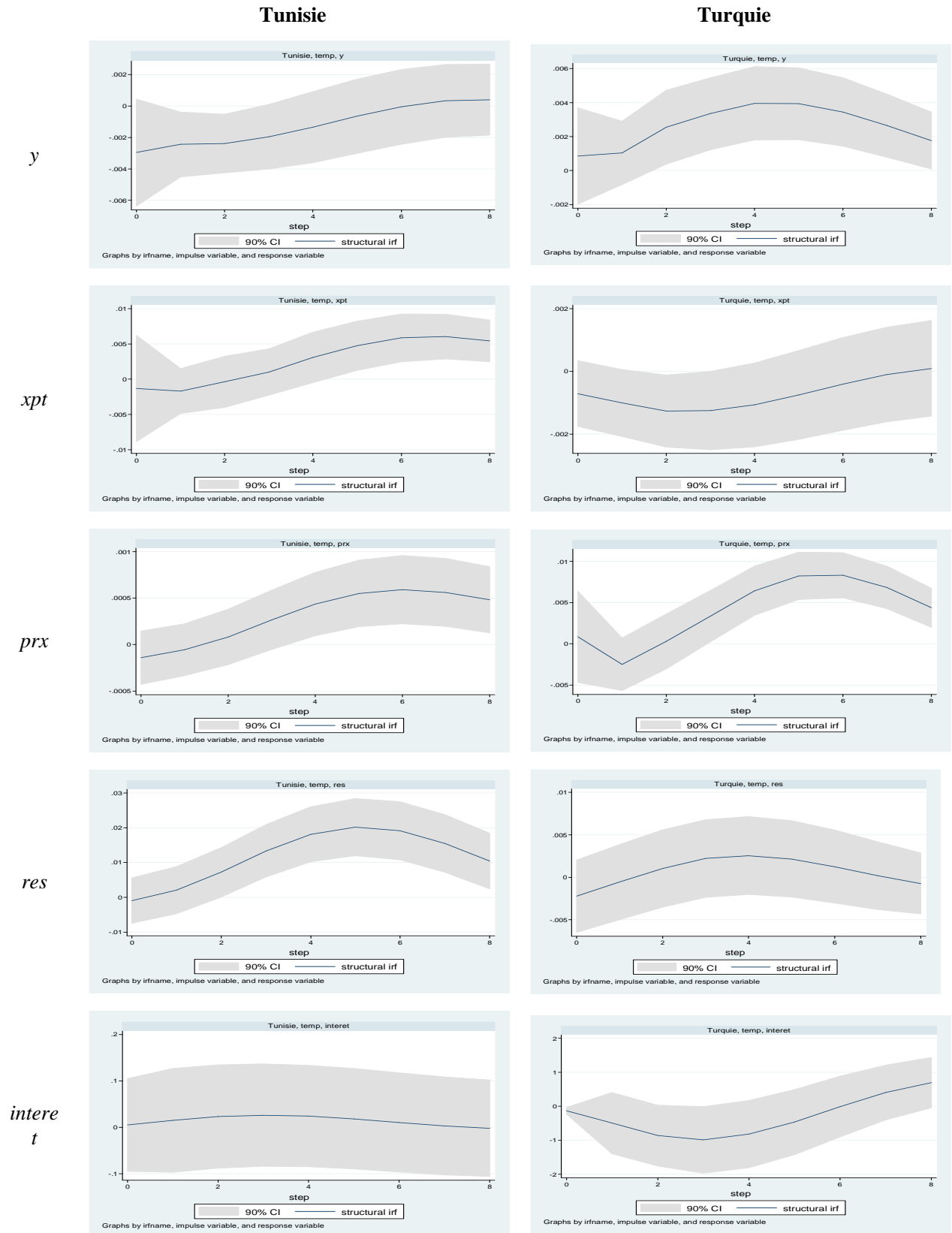
Graphique 2.2 Réponses des pays à un choc de variations des précipitations (vprec)



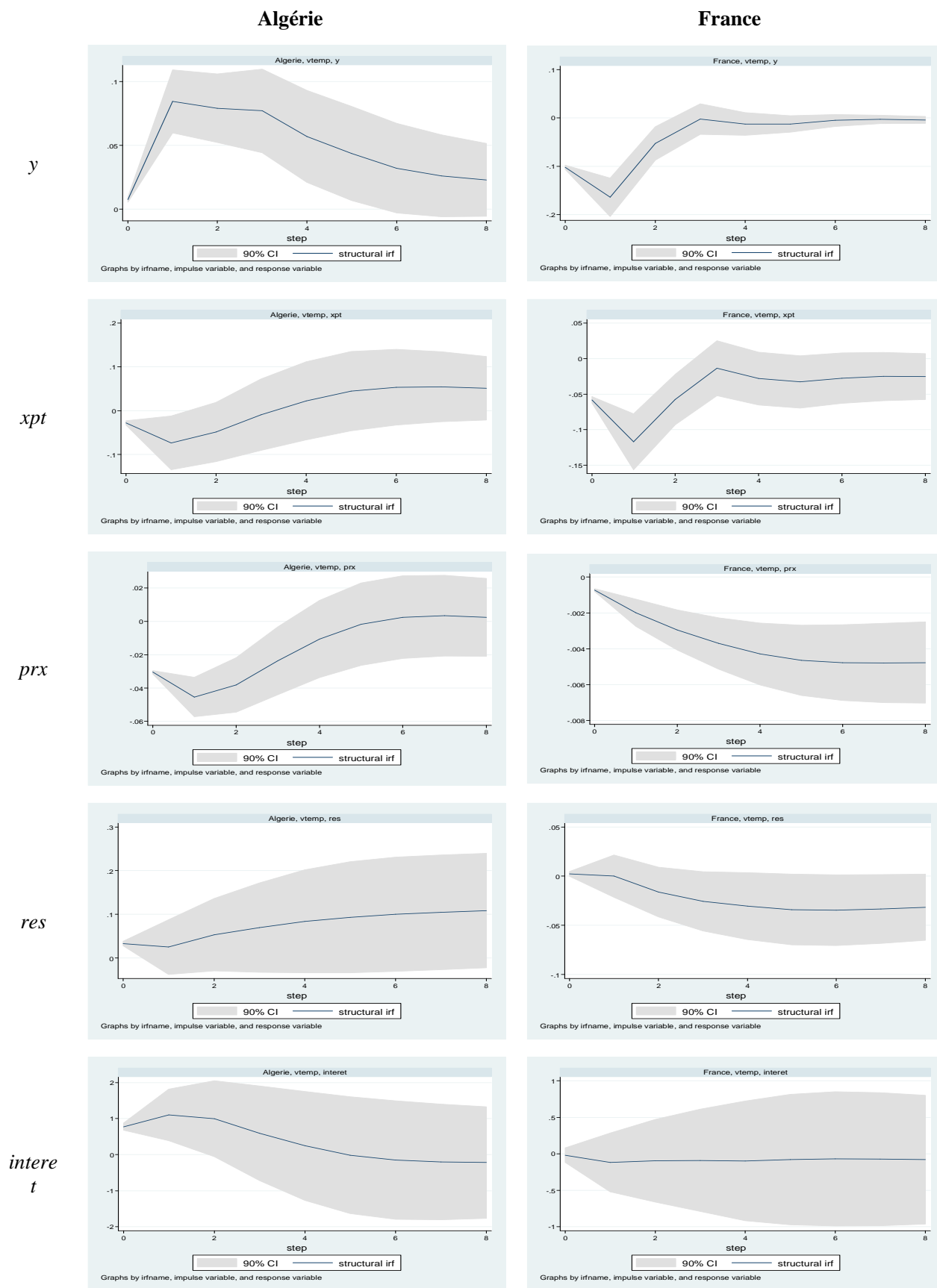


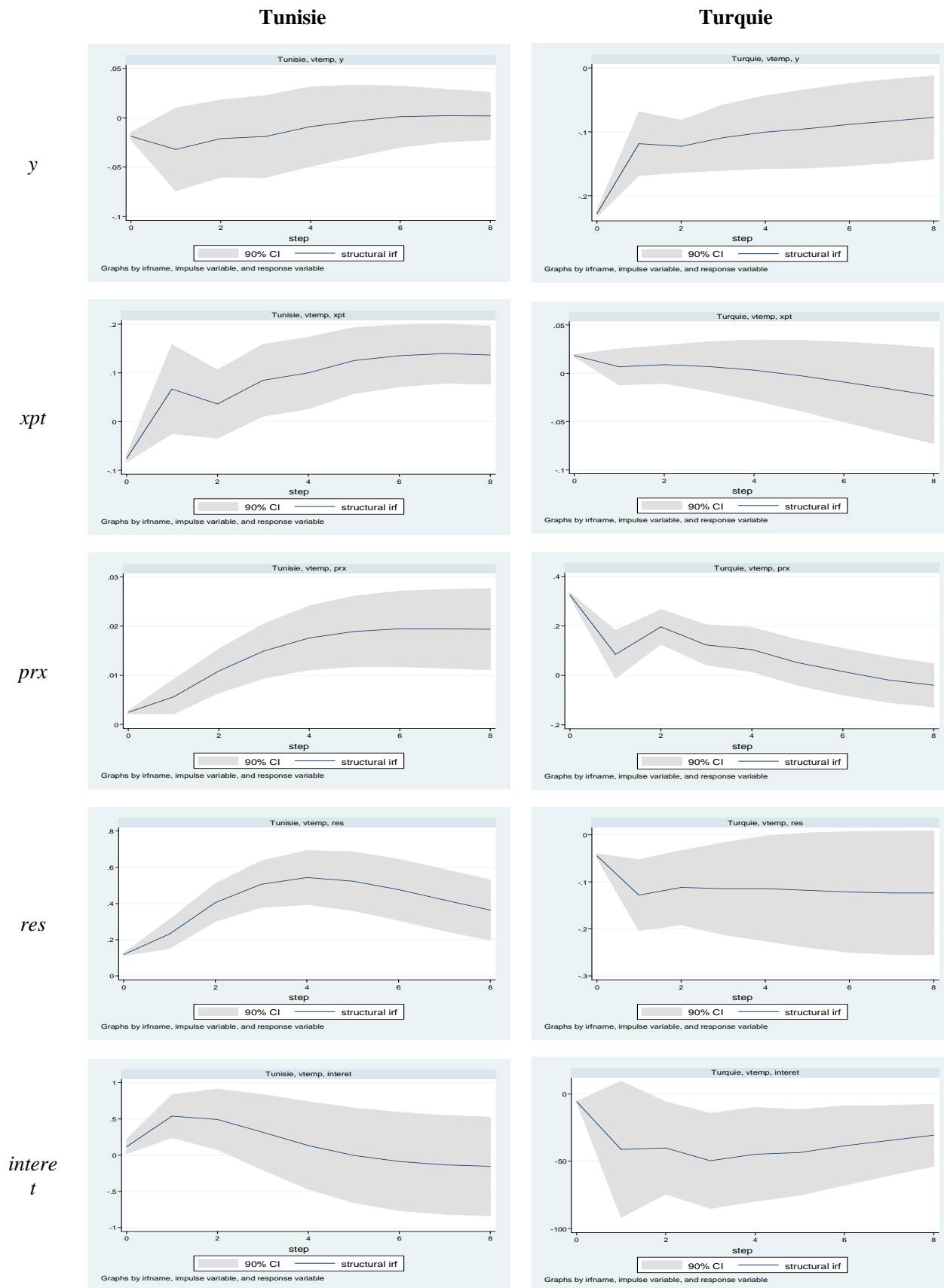
Graphique 2.3 Réponses des pays à un choc de températures (temp)





Graphique 2.4 Réponses des pays à un choc de variations des températures (vtemp)





Annexe 3 - Décomposition de la variance

Tableau 3.1. Décomposition de la variance à la suite d'un choc de précipitations (prec)

Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y		res	res	res	res
1	.000289	.082402	.025455	.000084	1	.001464	.005803	.001819	.000022
2	.004063	.236094	.069573	.026908	2	.004428	.003158	.015084	.003755
3	.018628	.232019	.070968	.113043	3	.011265	.00431	.063768	.006811
4	.025999	.238528	.06885	.166088	4	.01558	.007071	.10467	.009402
5	.030657	.239464	.066689	.199757	5	.017658	.009219	.12914	.010382
6	.033123	.238536	.06527	.215824	6	.018546	.010574	.14083	.010726
7	.03468	.237718	.064185	.224751	7	.018834	.011164	.146169	.010782
8	.03562	.236973	.063349	.229875	8	.018808	.011344	.148527	.010793
	xpt	xpt	xpt	xpt		int	int	int	int
1	.002199	.031485	.017135	.012368	1	.006725	.001664	.001675	.001414
2	.008299	.102629	.017511	.009264	2	.005701	.003876	.002846	.002572
3	.009645	.08872	.015547	.007936	3	.007184	.006438	.003611	.00472
4	.01026	.084453	.020384	.014538	4	.008292	.009219	.004261	.005344
5	.010179	.078405	.026345	.021917	5	.008868	.012173	.004513	.005219
6	.010016	.072959	.033745	.02805	6	.009146	.014438	.004508	.005436
7	.009768	.068666	.039795	.033102	7	.009248	.016094	.004349	.006253
8	.009508	.065211	.045055	.037809	8	.009248	.017378	.004124	.007412
	prx	prx	prx	prx					
1	.022283	.006286	.000092	.003689					
2	.030807	.003323	.009464	.002991					
3	.027912	.002589	.054154	.064038					
4	.024922	.003172	.091826	.118961					
5	.022418	.004066	.116349	.157488					
6	.020411	.004788	.131324	.17792					
7	.018719	.005213	.141301	.189138					
8	.017254	.005431	.148811	.195825					

Tableau 3.2 Décomposition de la variance à la suite d'un choc de variations des précipitations (vprec)

Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y		res	res	res	res
1	.000039	.072138	.001519	.044244	1	.000043	.003727	.010275	.003663
2	.00789	.088896	.011541	.140914	2	.004243	.002644	.033957	.00816
3	.018392	.103758	.010389	.160032	3	.003525	.004481	.089914	.00794
4	.026044	.11088	.010264	.172653	4	.003017	.007665	.141872	.006651
5	.031123	.110347	.010165	.176449	5	.002761	.010244	.178445	.005672
6	.034896	.109817	.010095	.177445	6	.002667	.012146	.2027	.005026
7	.037552	.109516	.009956	.17713	7	.002711	.013036	.218391	.004584
8	.039592	.109303	.009823	.176326	8	.002852	.01337	.228796	.004258
	xpt	xpt	xpt	xpt		int	int	int	int
1	.00384	.029222	.000031	1.1e-06	1	.00009	.001724	.000185	.005374
2	.003929	.04037	.003909	.007949	2	.001482	.002181	.003384	.008239
3	.003494	.03506	.025088	.020376	3	.001041	.003352	.002215	.007223
4	.00343	.03181	.039284	.033322	4	.000929	.004641	.002437	.00751
5	.003804	.032095	.060266	.045329	5	.000908	.005908	.00388	.008332
6	.004208	.033362	.075074	.05559	6	.000902	.006705	.005736	.009092
7	.004681	.034297	.088321	.064053	7	.000899	.007235	.007561	.009724
8	.005164	.034858	.098456	.070974	8	.000899	.007632	.009242	.010197
	prx	prx	prx	prx					
1	.003703	.00133	.014128	.004031					
2	.002561	.000515	.059453	.090875					
3	.002723	.001241	.101408	.18186					
4	.002643	.003511	.135309	.236189					
5	.002524	.005746	.161196	.26697					
6	.00236	.007441	.181199	.282073					
7	.002191	.008535	.196727	.288961					
8	.002027	.009244	.209151	.291379					

Tableau 3.3 Décomposition de la variance à la suite d'un choc températures (temp)

Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y		res	res	res	res
1	.034514	.057475	.022365	.004799	1	.000038	.003896	.000634	.01431
2	.026983	.172976	.030656	.008643	2	.000041	.005002	.00194	.007563
3	.020477	.220682	.038411	.028813	3	.00003	.003982	.015679	.006209
4	.020958	.235929	.043384	.054628	4	.000052	.003311	.049961	.008585
5	.022307	.236649	.045144	.08284	5	.000085	.003822	.096543	.01137
6	.022724	.235771	.044913	.104585	6	.000098	.005067	.139185	.01262
7	.021431	.236411	.044172	.117372	7	.000085	.006281	.16692	.012258
8	.020366	.237734	.043714	.121991	8	.000086	.007039	.177966	.011388
Période	xpt	xpt	xpt	xpt	Période	int	int	int	int
1	.006422	.011244	.000943	.023213	1	.000892	.000737	.001584	.000108
2	.012538	.042426	.002351	.033805	2	.003227	.00175	.006586	.00145
3	.019446	.054558	.002146	.043129	3	.005585	.00238	.013285	.004834
4	.023232	.054305	.002508	.045223	4	.006711	.002743	.018475	.009196
5	.023867	.050575	.00623	.042362	5	.006583	.00298	.020716	.011974
6	.022408	.04701	.014744	.036812	6	.00578	.003121	.020237	.012804
7	.020592	.044365	.026826	.030981	7	.00502	.003211	.018345	.012695
8	.019398	.042444	.038797	.026126	8	.004633	.003282	.016293	.013303
Période	prx	prx	prx	prx	Période	prx	prx	prx	prx
1	.00187	.000762	.007296	.001271	1	.00187	.000762	.007296	.001271
2	.019372	.002552	.004694	.009414	2	.019372	.002552	.004694	.009414
3	.036335	.010318	.004213	.007896	3	.036335	.010318	.004213	.007896
4	.045883	.025536	.01091	.018209	4	.045883	.025536	.01091	.018209
5	.046084	.044834	.025183	.052858	5	.046084	.044834	.025183	.052858
6	.040884	.063086	.042549	.101267	6	.040884	.063086	.042549	.101267
7	.035381	.077057	.057385	.143023	7	.035381	.077057	.057385	.143023
8	.03235	.086156	.06651	.1671	8	.03235	.086156	.06651	.1671

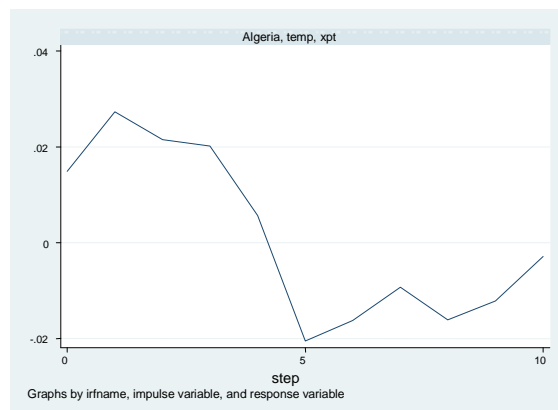
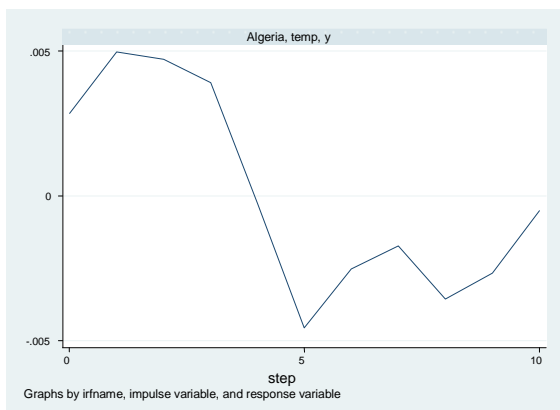
Tableau 3.4 Décomposition de la variance à la suite d'un choc de variations des températures (vtemp)

Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Période	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y		res	res	res	res
1	.000731	.082694	.001684	.014796	1	.002093	.000144	.019129	.047804
2	.065373	.233229	.005497	.07688	2	.001949	.000079	.048266	.043509
3	.089551	.241015	.006572	.101979	3	.003591	.002812	.112889	.050665
4	.108648	.239947	.007485	.126713	4	.00562	.007757	.17811	.058963
5	.111001	.239224	.007507	.141777	5	.007902	.013115	.229169	.066571
6	.109522	.239308	.007378	.152554	6	.010044	.018687	.261441	.071871
7	.105801	.238717	.00726	.159637	7	.01192	.023556	.27945	.075025
8	.102279	.238042	.007179	.164367	8	.01352	.027393	.287842	.076521
	xpt	xpt	xpt	xpt		int	int	int	int
1	.001581	.02704	.006003	.000348	1	.008985	.000026	.001657	.00198
2	.00937	.105573	.00997	.00838	2	.013426	.000479	.015487	.014628
3	.009635	.105359	.010031	.008126	3	.013931	.000497	.01772	.01774
4	.008203	.095541	.015492	.006231	4	.011897	.000494	.01557	.02046
5	.007569	.090452	.022449	.004727	5	.009833	.000521	.012865	.020997
6	.008299	.088318	.033075	.004323	6	.008308	.00051	.010834	.020927
7	.00956	.085884	.044492	.004907	7	.007267	.000496	.009511	.020762
8	.010808	.083735	.055938	.006168	8	.006522	.000496	.008651	.020943
	prx	prx	prx	prx					
1	.05176	.011767	.004193	.000348					
2	.090114	.038434	.014457	.00838					
3	.09118	.067087	.040489	.008126					
4	.07961	.095689	.073108	.006231					
5	.066922	.122405	.103886	.004727					
6	.056977	.144606	.128502	.004323					
7	.049572	.161312	.1467	.004907					
8	.043832	.173583	.159667	.006168					

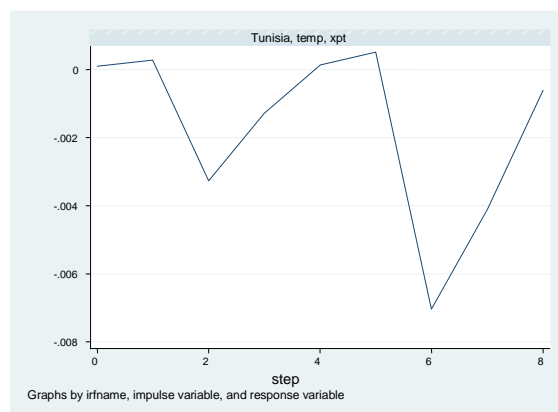
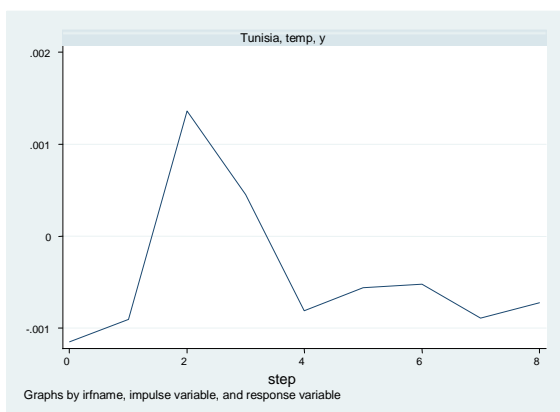
Annexe 4 - Réponses des pays à un choc de températures (temp) et de précipitations (prec) à partir des simulations concernant la période 2010-2030, selon un scénario A1B

Graphique 4.1 Réponses des pays à un choc de variations des températures (temp)

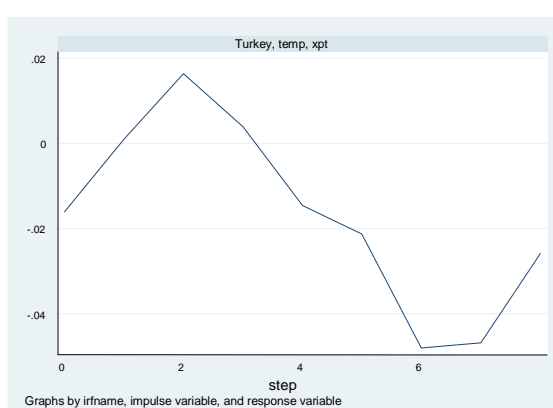
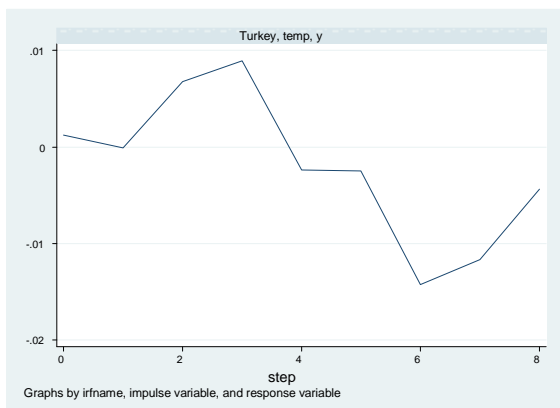
Algérie



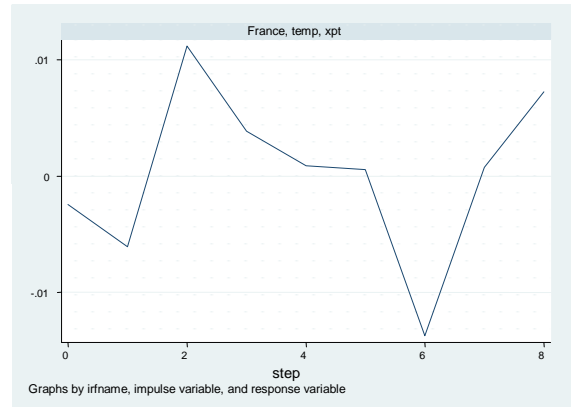
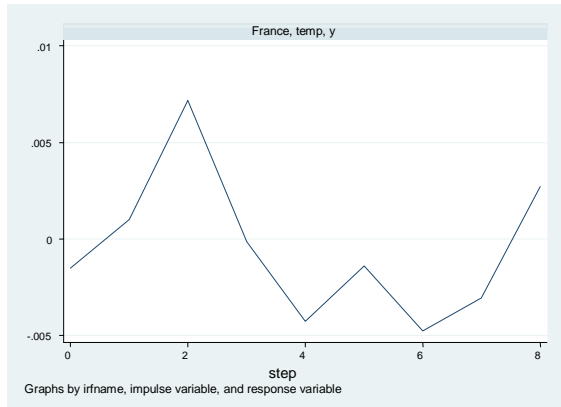
Tunisie



Turquie

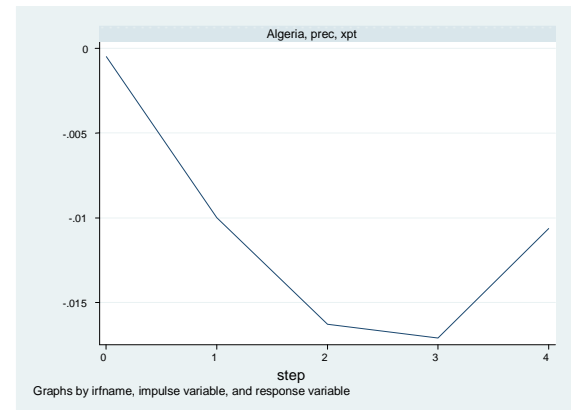
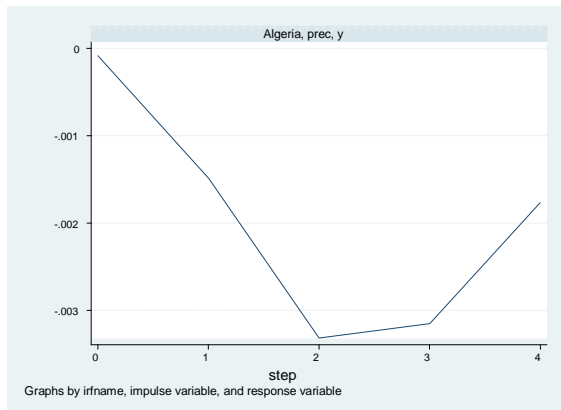


France

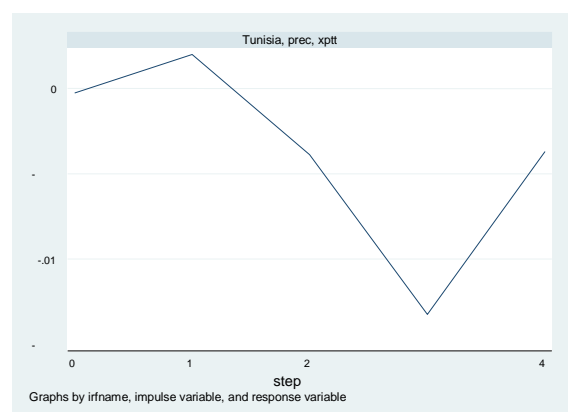
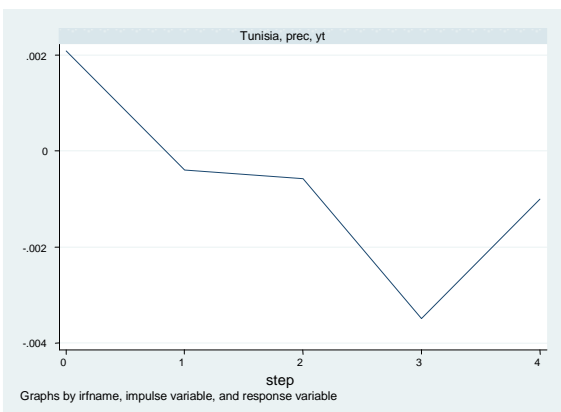


Graphique 4.2 Réponses des pays à un choc de variations de précipitations (prec)

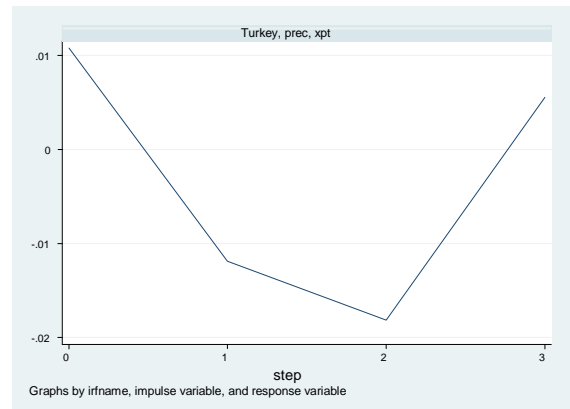
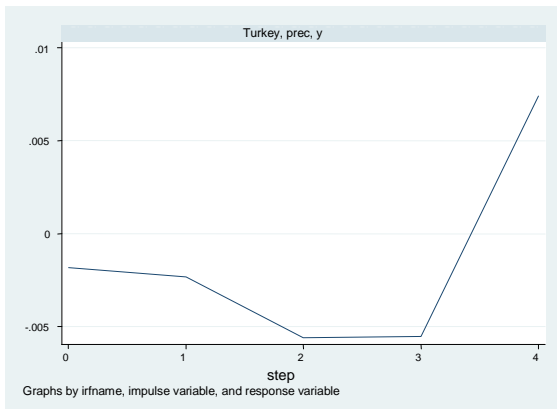
Algérie



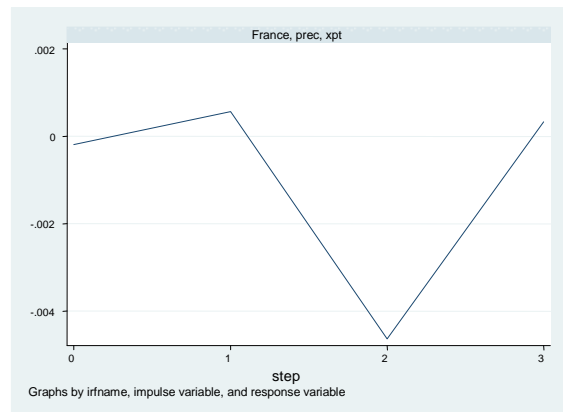
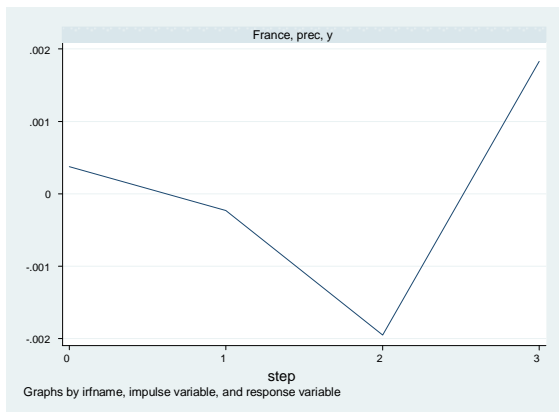
Tunisie



Turquie



France



Annexe 5 - Décomposition de la variance à la suite d'un choc de précipitations (prec) et de températures (temp) à partir des simulations concernant la période 2010-2030, selon les deux scénarios

Tableau 5.1 Décomposition de la variance à la suite d'un choc de températures (temp) et de précipitations (prec)

période	Algérie				Tunisie			
	prec		temp		prec		temp	
	y	xpt	y	xpt	y	xpt	y	xpt
1	.000063	.000113	.259028	.34628	.345155	.032591	.112831	.000104
2	.012883	.025533	.499309	.616002	.284081	.380055	.116289	.001442
3	.058789	.068807	.481435	.527332	.135832	.128731	.171605	.053871
4	.078227	.092725	.487464	.551893	.307626	.517434	.173491	.052383
5	.086465	.103645	.435314	.502459	.303733	.43965	.1612	.032387
6	.078002	.095748	.46997	.522762	.312231	.366488	.162572	.028275
7	.075529	.092467	.452512	.525136	.327701	.403464	.168287	.116438
8	.075153	.090294	.449647	.515846	.405966	.489429	.171029	.12254
9	.080791	.094148	.462461	.527957	.366603	.456626	.159545	.117236
10	.08721	.09961	.445225	.497408	.362792	.452199	.183954	.168073
11	.088998	.100999	.44529	.495608	.351932	.449881	.27494	.212476
12	.088078	.099754	.448102	.496541	.349563	.448452	.260995	.213487

période	Turquie				France			
	prec		temp		prec		temp	
	y	xpt	y	xpt	y	xpt	y	xpt
1	.015913	.14676	.028615	.189919	.004697	.0004	.098289	.179944
2	.031199	.144745	.024743	.167055	.0028	.001012	.088482	.218751
3	.09393	.197037	.27384	.240218	.015597	.036388	.266589	.35286
4	.050548	.174335	.364664	.218534	.024463	.03347	.22844	.341771
5	.079451	.213995	.350842	.260802	.067562	.069991	.237856	.326491
6	.102756	.146608	.291205	.279239	.060576	.042925	.232893	.234591
7	.115504	.135825	.462341	.492943	.058225	.039985	.277068	.280923
8	.109826	.118232	.539772	.597547	.049203	.03935	.270121	.274251
9	.111893	.114756	.520555	.605608	.054977	.042998	.27066	.26676
10	.112657	.109621	.520324	.614091	.057306	.045077	.275405	.26829
11	.111588	.109304	.488361	.592994	.05746	.046377	.279584	.26728
12	.114967	.109405	.487797	.593572	.056481	.048487	.277134	.266797

Annexe 6 - Réponses aux chocs normalisés (impact d'une unité du choc externe)

Tableau 6.1 Impact d'une augmentation des températures de 1°C sur les périodes 19980-2002 et 2010-1030

temp	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y	xpt	xpt	xpt	xpt
1	-0,002374	-0,00386	-0,00296	0,000858	-0,002504	-0,001763	-0,001328	-0,000708
3	0,00109	-0,002854	-0,001956	0,003349	-0,003765	-0,001727	0,001031	-0,00125
5	0,001037	0,000173	-0,000651	0,003935	-0,001559	-0,000083	0,004755	-0,000751
8	-0,000989	0,000802	0,000405	0,001763	0,001247	0,000408	0,005437	0,000096
temp	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y	xpt	xpt	xpt	xpt
1	0,005078	0,001025	-0,000846	-0,00009	0,028326	-0,006064	0,000428	0,000978
3	0,004109	-0,000117	0,000459	0,008939	0,020936	0,003875	-0,001146	0,003975
5	-0,004492	-0,00139	-0,000608	-0,002464	-0,01998	0,000594	0,000284	-0,021229
8	-0,003663	0,002716	-0,000774	-0,00436	-0,016783	0,007276	-0,000621	-0,025848

Tableau 6.2 Impact d'une augmentation des précipitations de 10% sur les périodes 19980-2002 et 2010-1030

prec	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y	xpt	xpt	xpt	xpt
1	-0,1156	-0,050925	-0,0109	-0,55715	0,007772	-0,032067	0,19758	-0,08698
3	-0,10147	-0,20067	-0,002912	-0,87566	0,011133	-0,17114	-0,12769	-0,03997
5	-0,08168	-0,0141	0,000169	-0,75948	0,00794	-0,01445	-0,16603	-0,11443
8	-0,05863	-0,00817	0,001026	-0,56872	0,005121	-0,01247	-0,1434	-0,20665
prec	Algérie	France	Tunisie	Turquie	Algérie	France	Tunisie	Turquie
	y	y	y	y	xpt	xpt	xpt	xpt
1	-0,01488	-0,00226	-0,0081	-0,02325	-0,09996	0,00564	-0,010981	-0,01187
3	-0,03154	0,01835	-0,01647	-0,05523	-0,17112	0,00338	-0,000155	0,005564
5	-0,00389	-0,00583	0,00394	0,08412	-0,03699	0,00325	-0,000563	0,030204
8	0,02063	-0,01885	0,00805	-0,03517	0,09772	-0,03416	-0,002659	0,000695

Références

- Blanchard, O., Quah, D. (1989). The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances. *American Economic Review* 79, 655-673.
- Boer, G., G. Flato, and D. Ramsden (2000). A transient climate change simulation with greenhouse gas and aerosol forcing: projected climate for the 21st century. *Climate Dynamics* 16, 427-450.
- Box, G.E.P. & Jenkins, G.M. (1976). *Time series analysis: Forecasting and control*. Oakland, CA : Holden-Day.
- Buckle, R.A., Kim, K., Kirkham, H., McLellan, N., Sharma, J. (2002). *A structural VAR model of the New Zealand business cycle*. (New Zealand Treasury Working Paper, 02/06).
- Clarida, R. et Gali, J. (1994). *Sources of Real Exchange Rate Fluctuations: How Important are Nominal Shocks?*(NBER Working Papers 4658).
- Cushman, D.O., and T. Zha (1997). Identifying Monetary Policy in Small Open Economy under Flexible Exchange Rate. *Journal of Monetary Economics* 39, 433-448.
- Emori, S., Nozawa, T., Abe-Ouchi, A., Namaguti, A., Kimoto, M. (1999). Coupled ocean-atmospheric model experiments of future climate change with an explicit representation of sulphate aerosol scattering. *Journal Meteorological Society Japan* 77, 1299-1307.
- Engle, R.F. and C.W.J. Granger (1987). Co integration and Error-Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica* 55, 251-276
- Gali, J. (1992). Does the IS-LM Model Fit US Postwar Data ? *Quarterly Journal of Economics*, CVII, 708-738.
- Giannakopoulos C., Bindi, M., Moriondo, M., P. LeSager and T. Tin. (2005). *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise*. WWF Report.
- Hallegatte, S., Hourcade, J.C., Dumas, P. (2007). Why economic dynamics matter in assessing climate change damages: Illustration on extreme events. *Ecological Economics* 62(2, 20), 330-340.
- Hamilton, J.D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007, the Fourth IPCC Assessment report*.
- Kim, S. and N. Roubini (2000). Exchange Rate Anomalies in the Industrialized Countries: A Solution with a Structural VAR Approach. *Journal of Monetary Economics* 45, 561-586.
- Linnerooth-Bayer, J., Mechler, R. (2006). Insurance for assisting adaptation to climate change in developing countries: a proposed strategy. *Climate Policy* 6, 621-636.
- Lack, C. et Lenz, C. (2000). *A Program for the Identification of Structural Var Models*. WWZ-Studie, 58, april.
- Mackowiak, B. (2007). External Shocks, US Monetary Policy and Macroeconomic Fluctuations in Emerging Markets. *Journal of Monetary Economics* 54, 2512-2520.
- Mendelson, R. (2007). Measuring climate impact with cross-sectional analysis. *Climatic Change* 81(1).
- Mendelson, R., Morrison, W., Schlesinger, M. E., Andronova, N.G. (2000). Country-specific market impacts of climate change. *Climatic change* 45, 553-569.
- Munich Re (2009). *Topics Geo Natural catastrophes 2008*. Munich Reinsurance Group, Munich.
- Nordhaus, W.D. (2006). Geography and macroeconomics: New data and new findings. *Proceedings of National Academy of Sciences* 103(10), 3510-3517.
- Nordhaus, W.D., Boyer, J.G. (2000). *Warming the World: The Economics of the Greenhouse Effect*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Plan Bleu, PAM-PNUE, BEI (2008). *Climate Change, Energy and the Mediterranean*.
- Plan Bleu, Benoit, G, Comeau, A (2005). *Méditerranée : les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement*. éditions de l'Aube.
- Sims, C.A. (1986). Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis. Federal Reserve Bank of Minneapolis. *Quarterly Review*, 10, 2-16.

- Sims, C.A., J.H. Stock and M.W. Watson (1990). Inference in Linear Time Series Models with Some Unit Roots. *Econometrica*, 58, 113-144.
- Sims, C.A. and T. Zha (1995). *Does monetary policy generate recessions? :Using less aggregate price data to identify monetary policy*. Yale University, CT. (Working paper).
- Smith, J.B. Schellnhuber, H.-J., Mirza, M.M.Q., Fankhauser, S., Leemans, R., Lin, E., Ogallo, L., Pittock, B., Richels, R.G., Rosenzweig, C., Tol, R.S.J., Weyant J.P., Yohe, G.W. (2001). Vulnerability to climate change and reasons for concern: a synthesis. In *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 913-967.
- Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Svensson, L.E.O. (1994). Fixed Exchange Rate as a Means to Price Stability: What have we Learned? *European Economic Review* 38, 447-468.
- Swiss Re, (2007). *Sigma, Natural Catastrophes and Man-Made Disasters in 2006*. Swiss Reinsurance Company, Zurich.
- Tol, R.S.J. (2002). Estimates of the damage costs of climate change – part II: dynamic estimates. *Environmental and Resource Economics* 21, 135-160.
- Tol, R.S.J. (2006). *Integrated Assessment Modelling*. (Working Paper FNU-102).
- Tol, R.S.J. (2007). *Why Worry About Climate Change? A Research Agenda*. Fondazione Eni Enrico Mattei. (Nota di Lavoro 136).
- Wigley, T.M.L. (1985). Impact of extreme events. *Nature* 316, 106-107.

Plan Bleu pour l'Environnement et le Développement en Méditerranée
15 rue Beethoven, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne
+33 (0)4 92 38 71 30 - www.planbleu.org

