



CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE-ACTION  
POUR LE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE  
ET SOCIAL INTEGRE

CERADESI *La recherche-action pour le développement*

## Evaluation des impacts socio-économiques de la COVID 19 sur les enfants et les femmes du Burkina Faso



### Rapport final

05 BP 6153 Ouagadougou 05  
Tél. : (226) 25 36 97 97 - (226) 63 49 69 69  
Site web : [www.ceradesi.org](http://www.ceradesi.org)  
Email : [info@ceradesi.org](mailto:info@ceradesi.org)

Janvier 2021

# Table des matières

Acronymes .....	5
Résumé.....	6
Introduction.....	9
Point sur la situation de la COVID 19 au Burkina .....	12
<b>Partie I : Modélisation Macroéconomique .....</b>	<b>16</b>
<b>I- Modèle économique et travaux empiriques sous-jacents .....</b>	<b>17</b>
1.1. Modèle de l'économie dépendante.....	17
1.2. A la recherche des déterminants de la croissance .....	18
<b>II- Données utilisées.....</b>	<b>19</b>
2.1. Variable dépendante (PIB).....	19
2.2. Variables mesurant l'afflux de ressources extérieures .....	19
2.3. Variables mesurant l'offre .....	20
2.4. Variables mesurant la demande .....	21
2.5. Variables sociales .....	22
2.6. Transformation des variables .....	23
<b>III- Modèles économétriques.....</b>	<b>24</b>
3.1. Modèles de type VAR .....	24
3.2. Modèles de type ARDL.....	25
3.3. Modèles à changement de régimes .....	26
<b>IV- Processus de modélisation .....</b>	<b>27</b>
4.1. Logiciel statistique utilisé .....	27
4.2. Analyse de la stationnarité des séries .....	27
4.3. Tests de sélection du modèle optimal .....	28
<b>V- Analyse des résultats.....</b>	<b>30</b>
5.1. Modèle retenu.....	30
5.4. Tests de diagnostic du modèle.....	31
5.5. Interprétation des résultats.....	32
<b>VI- Simulations .....</b>	<b>34</b>
6.1. Simulation 1: Choc de -50% sur le TCR.....	34
6.2. Simulation 2: Baisse du taux de croit de la population de 30%.....	36
6.3. Simulation 3: Baisse du taux de scolarisation de 25%.....	37
6.4. Simulation 4 : Baisse de l'espérance de vie de 10% .....	38

6.5. Simulation 5: Baisse des exportations de 10%	39
Conclusion de la partie macroéconomique	40
Partie II : Microsimulation	41
VII- Microsimulation en temps continue	42
7.1. Modèle de base	42
7.2. Adaptation du modèle <i>MicSim</i>	43
VIII- Spécification du Modèle	44
8.1. Définition de la population virtuelle	44
8.2. Caractéristiques de la population initiale	45
8.3. Espace des états	47
8.4. Horizon de la simulation et âge maximum	47
8.5. Transitions et fonctions de transitions	47
8.6. Simulations	49
IX- Résultats des microsimulations	49
9.1. Scénario de base	49
9.2. Scénario à impact COVID	50
9.3. Résultats et analyses	51
Conclusion sur la partie relative à la microsimulation	55
Conclusion générale et recommandations	56
Priorités	56
Recommandations	57
Bibliographie	58
Annexe 1 : Détails du modèle macroéconomique et des simulations	61
Annexe 2 : Données utilisées pour la modélisation macroéconomique	71
Annexe 3: Tests de racine unitaire	74
Annexe 4 : Modèles de microsimulation	76

## Graphiques

Figure 0-1: Evolution journalière du nombre de cas de COVID au Burkina	12
Figure 0-2 Evolution du nombre de cas pour un million d'habitants	13
Figure 0-3: Evolution du nombre cumulé de décès	13
Figure 0-4: Niveau de connaissance des mesures barrières par la population (en juin 2020)	14
Figure 0-5: Mise en œuvre des mesures barrières par la population	14
Figure 0-6: Niveau de connaissance des mesures préventives prises par le gouvernement	15
Figure VI-1: Simulation de l'impact d'une baisse du TCR sur la croissance du PIB	35

<b>Figure VI-2: Simulation de l'impact d'une baisse de la croissance de la population sur la croissance du PIB .....</b>	<b>36</b>
<b>Figure VI-3: Simulation de l'impact d'une baisse du taux de scolarisation sur la croissance du PIB .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure VI-4: Simulation de l'impact d'une baisse de l'espérance de vie sur la croissance du PIB ...</b>	<b>38</b>
<b>Figure VI-5: Simulation de l'impact d'une baisse des exportations sur la croissance du PIB .....</b>	<b>39</b>
<b>Figure VII-1: Microsimulation de l'impact de la COVID 19.....</b>	<b>44</b>

## **Tableaux**

<b>Tableau VI-1: Impact d'un choc du TCR sur la croissance du PIB .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau VI-2: Impact d'un choc de la population sur la croissance du PIB.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau VI-3: Impact d'un choc du taux de scolarisation sur la croissance du PIB .....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau VI-4: Impact d'un choc de l'espérance de vie sur la croissance du PIB .....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau VI-5: Impact d'un choc des exportations sur la croissance du PIB.....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau IX-1: Comparaison entre scénario de référence et scénario d'impact de la COVID.....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau IX-2: Trajectoires individuelles .....</b>	<b>53</b>

## Acronymes

Pour les acronymes relatifs aux noms des variables, se rapporter à l'annexe 2	
AR	Autorégressif
ARDL	Autorégressif et à retards échelonnés (Auto-regressive and distributive lags)
BCEAO	Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest
DGEP	Direction Générale de l'Economie et de la Planification
EMC	Enquête multisectorielle continue
FBCF	Formation brute de capital fixe
FMI	Fonds Monétaire International
IAP	Instrument automatisé de prévision
IDH	Indice de développement humain
MCO	Moindres carrés ordinaires
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
PIB	Produit intérieur brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
RNB	Revenu National Brut
TCR	Taux de change réel
UEMOA	Union économique et monétaire ouest africaine
US	Etats-Unis (United States)
VAR	Vector Auto-Regressive
VECM	Modèle vectoriel à correction d'erreur (Vectoriel erreur correction model)
WDI	World Development Indicators

## Résumé

Dans un contexte de pandémie de la COVID 19 qui ne cesse de s'étendre et de s'amplifier, une étude de l'impact socio-économique, prenant en compte la perspective genre et enfants, s'avérait indispensable, afin de permettre d'anticiper et d'informer le plan de relèvement pour le Burkina Faso, dans une approche multi-sectorielle et coordonnée. L'étude avait pour but essentiel d'élaborer une modélisation de l'économie burkinabè, qui permettrait de faire des simulations d'impact en réponse à la crise de la COVID 19 et de faire des recommandations pertinentes.

Pour ce faire, nous avons travaillé sur deux types de modèles :

- i) Un modèle macroéconomique dynamique, basé sur les modèles de type VAR, et plus précisément la classe des modèles ARDL, avec le taux de croissance du PIB comme principale variable d'intérêt. Seize (16) variables exogènes ont été incluses initialement dans la modélisation, mais finalement, seules cinq (5) variables sont ressorties avoir des relations fortes et robustes avec le PIB, à savoir le TCR, le taux brut de scolarité au primaire, l'espérance de vie à la naissance, le taux de croissance de la population et les exportations.
- ii) Un modèle de microsimulation en temps continue, basé sur des processus stochastiques de type markoviens. Les principales variables d'intérêt dans cette modélisation sont : le taux de fréquentation au primaire, le taux de fréquentation des structures sanitaires, l'incidence de la pauvreté, le taux d'activité.

### Modèle macroéconomique

Le modèle a permis d'établir deux types de relations entre le PIB et ses variables exogènes : des relations de long terme et des relations de court terme.

#### Relations de long terme entre le PIB et ses variables explicatives

**L'espérance de vie à la naissance (ESPE)** a une relation forte et de long terme avec la croissance du PIB. Ainsi, plus l'espérance de vie croît, et plus aussi le PIB croît, avec une élasticité de 0,387. L'espérance de vie est souvent utilisée comme proxy pour l'état de santé d'une population (Indice de Développement Humain du PNUD notamment). On note ainsi l'importance de la santé d'une population sur son développement économique. Si la pandémie de la COVID 19 devait atteindre des niveaux importants affectant l'espérance de vie de la population, alors il faudrait s'attendre, selon cette modélisation, à une baisse du niveau du PIB sur le long terme.

**Le taux de scolarisation (SCOL)** ressort également comme un facteur important d'explication de la croissance, avec une élasticité de 0,445, ce qui corrobore les théories sur le capital humain. Ainsi, plus on scolarise les enfants, et plus la croissance est forte. A contrario, une baisse de la scolarisation, comme on le note actuellement du fait des menaces terroristes et de la COVID-19, pourrait avoir des effets désastreux sur la croissance de long terme.

**Le taux de change réel (TCR)** mesure la compétitivité d'un pays vis-à-vis de l'extérieur. Il ressort comme un facteur important de croissance sur le long terme. Plus le taux de change réel baisse et plus la compétitivité d'un pays est forte, et plus le PIB croît.

Enfin, **le taux de croissance de la population (POPG)** est une variable significative dans la relation de cointégration. La relation est négative avec le PIB, à savoir qu'à long terme, plus la natalité est forte, et moins la croissance est bonne.

## Relations de court terme

Trois variables apparaissent comme ayant une influence significative à court terme sur le PIB. Deux d'entre elles sont déjà dans la relation de long terme (TCR et POPG), la troisième est les exportations (EXP).

Dans la relation de court terme, le TCR et le taux d'accroissement de la population ont des signes de coefficients inverses de ce qui apparaît dans la relation de long terme. Pour le TCR, cela peut s'expliquer par le fait qu'à court terme, la compétitivité de l'économie influence peu la croissance, et d'autres facteurs comme une hausse de la demande globale prennent le dessus, favorisant momentanément la croissance économique.

Pour la relation entre croissance démographique et croissance économique, nous avons noté qu'à long terme, cette relation était négative. Mais à court terme elle est positive. L'explication pourrait être qu'à court terme, et toutes choses égales par ailleurs, plus la population croît et plus la production nationale est élevée. A long terme, les besoins de prises en charge de ces enfants pèsent certainement très lourd dans la balance.

Enfin, on note que les exportations n'ont pas un impact de long terme sur la croissance du PIB, mais qu'à court terme, elles affectent positivement et fortement son évolution. Plus les exportations sont élevées, et plus un pays dispose de ressources pour investir, consommer, etc.

Cinq tests simulant des chocs sur chacune des cinq variables exogènes ont été effectués, afin d'apprécier l'impact de ces chocs sur la variable endogène (taux de croissance du PIB réel). Ils ont permis de déterminer l'ampleur et le profil d'ajustement du PIB à ces chocs dans le temps.

### **Microsimulation**

La microsimulation a permis de faire ressortir l'impact du choc de la pandémie sur les individus sur une période de 5 ans (2020-2025). En permettant de suivre les événements de vie de chaque individu pris individuellement, elle permet de cibler ceux qui sont les plus impactés.

Deux scénarios ont été simulés : un premier scénario dit de référence, qui a projeté les tendances passées. Ensuite un scénario dénommé « scénario d'impact », a pris en compte les chocs dus à la pandémie. La comparaison des deux scénarii a alors permis de quantifier l'impact des effets du choc.

Il ressort des microsimulations les résultats suivants :

<b>Intitulé</b>	<b>Scénario de référence A</b>	<b>Scénario d'impact B</b>	<b>Ecart A-B</b>
Période de projections	01/01/2020 au 01/01/2025	01/01/2020 au 01/01/2025	
Incidence de la pauvreté	40.1%	46.9%	Hausse de 6.8 points
Taux net fréquentation au primaire	51.7%	48.4%	Baisse de 3.3 points
Taux d'activité	63.4%	58.0%	Baisse de 5.4 points
Taux de fréquentation sanitaire	62.8	58.6	Baisse de 4.2 points

Au terme de cette étude, on voit apparaître le lien entre la modélisation macroéconomique et la microsimulation. La première a fait ressortir les variables qui impactaient le plus la croissance de court et surtout de long terme, notamment l'éducation, la santé et la croissance démographique. La microsimulation quant à elle a montré qu'au niveau individuel, la COVID-19 entraînerait une déscolarisation au primaire, une baisse de la fréquentation des formations sanitaires, un accroissement de la pauvreté des ménages, une hausse du chômage, etc.

Ainsi il ressort que les domaines les plus touchés par la pandémie, tel qu'ils ressortent de la microsimulation, sont également ceux qui ont le plus d'impact sur la croissance de long terme, à savoir notamment l'éducation et la santé. Il importe par conséquent de prendre des mesures urgentes et ambitieuses en la matière.

Il importe de prioriser les femmes et les enfants, car ils sont au centre de la problématique : Quand on parle de scolarisation au primaire, de fréquentation des formations sanitaires ou de taux de natalité, on fait immédiatement référence aux enfants et aux femmes.

### **Recommandations**

- Mettre en œuvre rapidement des programmes de transferts monétaires pour les couches les plus vulnérables, en ciblant les femmes ayant des enfants de moins de 16 ans comme bénéficiaires, afin de toucher la tranche des enfants en âge d'aller à l'école (âge scolaire obligatoire jusqu'à 16 ans). Ces programmes devraient comporter des mesures d'accompagnement pour inciter les ménages bénéficiaires à investir dans le développement humain, notamment en éducation, en santé, en planification familiale, et en activités génératrices de revenus. La hausse des revenus des ménages bénéficiaires qui en résulterait permettrait de compenser en partie les pertes de revenus liées à la COVID 19, et permettre ainsi de retrouver un cercle vertueux ;
- Opérationnaliser la couverture sanitaire universelle, en rendant opérationnelle la caisse nationale d'assurance maladie universelle (CNAMU), ce qui faciliterait l'accès de tous et de façon équitable aux services de santé ;
- Améliorer l'employabilité des jeunes, en leur fournissant un soutien financier pour l'apprentissage, la formation professionnelle et le développement des compétences, afin d'accroître leur chance de trouver un emploi et/ou de favoriser leur auto-emploi ;
- Créer une demande pour les produits et services de santé reproductive, maternelle, néonatale, infantile et nutritionnelle en favorisant le changement social et de comportement, et l'autonomisation des femmes et des adolescentes ;
- Adopter des politiques macroéconomiques favorables à la croissance (politiques de type relances keynésiennes), même si cela devrait se faire momentanément au dépend de l'orthodoxie monétaire et financière ;

## Introduction

L'objectif principal de cette étude est l'évaluation des impacts socio-économiques de la COVID 19 au Burkina. En effet, depuis l'apparition de la maladie au Burkina Faso en mars 2020, plus de 2.000 personnes ont été infectées, et même si la mortalité due à la maladie n'est pas très forte, il est certain que la pandémie aura des effets socio-économiques négatifs et durables sur l'activité économique, sociale, culturelle, etc.

Ces conséquences risquent d'annihiler les efforts du pays dans l'atteinte des Objectifs de développement durable, notamment pour l'atteinte des cibles relatives aux maladies transmissibles et à l'espérance de vie (ODD 3.1 et 3.2), à l'éducation (ODD 4), à la faim et l'extrême pauvreté (ODD1), au travail décent et croissance économique (ODD 8), l'accès à l'eau potable (ODD 6), etc.

Une étude rapide de l'impact socio-économique, prenant en compte la perspective genre et enfants, s'avère donc indispensable, afin de permettre d'anticiper et d'informer le plan de relèvement pour le Burkina Faso, dans une approche multi-sectorielle et coordonnée.

Conformément aux TDR, l'objectif général de l'étude est d'effectuer une évaluation rapide des impacts de la propagation du COVID 19 sur : (i) les principales variables macroéconomiques ; (ii) les secteurs / domaines les plus déterminants pour la situation économique globale au Burkina Faso et (iii) l'impact social dans le domaine du capital humain, de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages, de la protection (protection de l'enfant, protection des biens et des personnes etc.) de la cohésion sociale, la résilience des individus, des ménages, des communautés et des systèmes et la pauvreté des ménages.

Compte tenu de l'urgence, dont ne peut s'accommoder la conduite d'une enquête ménage spécifique, l'impact dans le domaine social s'appuiera essentiellement sur la revue documentaire et sur l'analyse secondaire en utilisant les bases de données des enquêtes récentes.

Les objectifs spécifiques de l'étude sont les suivants :

- Evaluer les effets de la pandémie du COVID 19 sur la croissance du PIB et sur certains indicateurs macro-économiques clés ;
- Evaluer ses effets induits sur certains secteurs sociaux clés (éducation, santé, etc.), en fonction des données disponibles ;
- Évaluer les effets sur la situation de pauvreté au niveau national ;
- Evaluer l'impact probable de la pandémie sur la situation des enfants au Burkina Faso ;
- En fonction des données disponibles, évaluer toute autre effet possible de la COVID 19 (sécurité alimentaire et nutritionnelle, situation humanitaire et sécuritaire, etc.) ;
- Identifier les leçons apprises et faire des propositions ;
- Formuler des recommandations en vue d'atténuer les impacts socioéconomiques les plus probables.

L'approche adoptée pour la réalisation de cette étude est de combiner une modélisation macroéconomique à de la microsimulation. Cela permet ainsi d'analyser l'impact de la pandémie sur les grandeurs macroéconomiques tels que le PIB, mais aussi d'examiner ses effets induits sur les individus et les ménages.

Aussi, dans une première partie, il sera procédé à l'élaboration d'un modèle macro-économétrique permettant de simuler l'impact des chocs sur les variables exogènes, et la propagation de ces chocs dans toute l'économie, notamment sur la variable endogène, le PIB. Ensuite dans une seconde partie, nous utiliserons les techniques de microsimulation pour simuler les impacts sur les individus.

Pour ce qui concerne le volet macroéconomique, les principaux défis portent sur la difficulté de concevoir un modèle qui ne soit pas trop lourd, et qui réponde bien aux caractéristiques de l'économie Burkinabè. Pour ce faire, nous avons choisi de travailler sur des modélisations dynamiques de type *VAR* et leurs extensions. L'avantage de ce type de modèles est triple : i) on n'a pas à définir a priori la forme du modèle, ce sont les données qui façonnent la modélisation ; ii) leur caractère dynamique permet de faire des analyses d'impacts des variables les unes sur les autres ; enfin, iii) ce sont des modèles faciles à construire, si naturellement les données existent.

A contrario, le principal inconvénient est la nécessité de disposer de données statistiques sur une longue période, ce qui n'est pas toujours possible pour un grand nombre de variables. Le modélisateur est ainsi fortement limité dans le choix des variables à inclure dans la modélisation. L'utilisation de proxy, c'est-à-dire de variables qui peuvent représenter valablement d'autres variables indisponibles, permet de contourner en partie la difficulté.

Au total, nous comptons estimer un modèle dynamique et ensuite procéder à un certain nombre de simulations d'impacts. Le type de simulations à réaliser dépendra naturellement des variables retenues dans le modèle final. Alors que la maladie COVID 19 continue de sévir, avec même une tendance haussière des cas ces dernières semaines, il semble difficile de pouvoir estimer avec précision son impact socio-économique tant qu'on ne connaîtrait pas l'ampleur et la durée de la pandémie elle-même. Et nul ne peut prédire avec certitude l'évolution de la maladie dans les jours, voire les mois à venir et encore moins les mesures barrières qui seront prises dans le futur, avec leur corollaire d'impacts indirects. Aussi nous ne chercherons pas à quantifier l'impact de la pandémie, mais plutôt, sur la base des relations entre le PIB et ses fondamentaux, de simuler de possibles impacts de la pandémie et de possibles mesures de politique pour amortir les chocs. Nous avons ainsi choisi de faire des simulations d'impact en faisant des hypothèses sur l'ampleur des chocs possibles sur certaines variables clés, ou en simulant les impacts possibles de la mise en œuvre de certaines mesures de politique de nature à limiter le choc de la COVID. L'avantage d'une telle démarche est qu'une fois connu l'ampleur de la maladie, on peut utiliser ces mêmes modèles de simulation pour les affiner.

Pour ce qui concerne le volet microsimulation, nous avons choisi d'utiliser un modèle dynamique en temps continue, c'est-à-dire qui suit la population sur une certaine période, avec des hypothèses sur son évolution dans le temps. Cela nous permet de suivre les événements de vie d'un individu sur l'ensemble de la période de projection, et pouvoir ainsi appréhender l'impact de la crise sur les individus de façon précise.

Le plan de l'étude se subdivise en deux grandes parties : i) Pour le volet macroéconomique, nous allons successivement exposer brièvement la théorie économique sous-jacente au modèle, expliquer les données que nous utiliserons et pourquoi, exposer la méthodologie économétrique qui sera appliquée, décrire la démarche suivie pour la modélisation, et enfin, analyser les résultats du modèle ainsi que les simulations effectuées ; ii) pour le volet microsimulation, nous allons exposer d'abord le modèle utilisé, puis les variables retenues, avant de présenter les résultats des

simulations. Mais avant toutes choses, nous allons faire brièvement le point de la situation de la pandémie en septembre 2020, au moment de la rédaction de ce rapport.

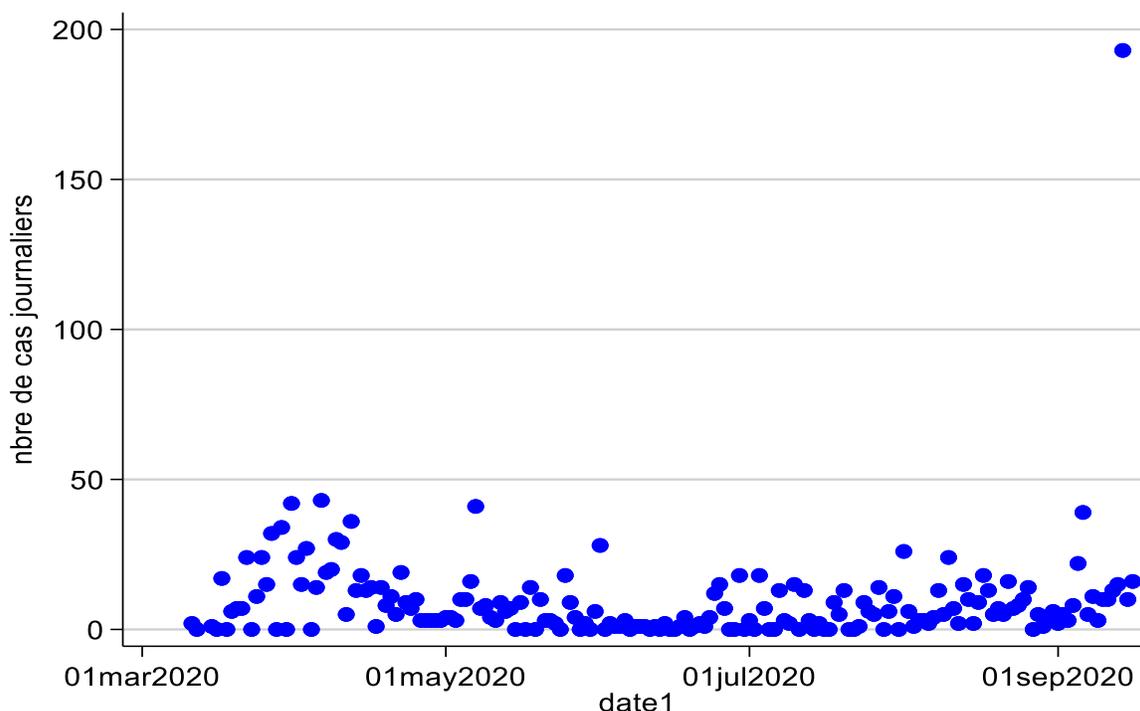
## Point sur la situation de la COVID 19 au Burkina

A la date du 20 septembre 2020, soit exactement 195 jours après la découverte du premier cas de COVID au Burkina (le 9 mars 2020), la situation de la maladie à Coronavirus au Burkina Faso se présente comme suit :

- 1.907 cas confirmés depuis le 09 mars 2020, dont 635 femmes et 1.272 hommes ;
- 1.252 guérisons ;
- 56 décès ;
- 599 cas actifs.

Cela correspond à une moyenne de 9,8 nouvelles infections par jour, et signifie qu'en moyenne, deux personnes décèdent de la COVID 19 chaque semaine, pour une population totale estimée à 21.510.181 habitants en 2020 (selon les données de projections du RGPH-2006).

**Figure 0-1: Evolution journalière du nombre de cas de COVID au Burkina**



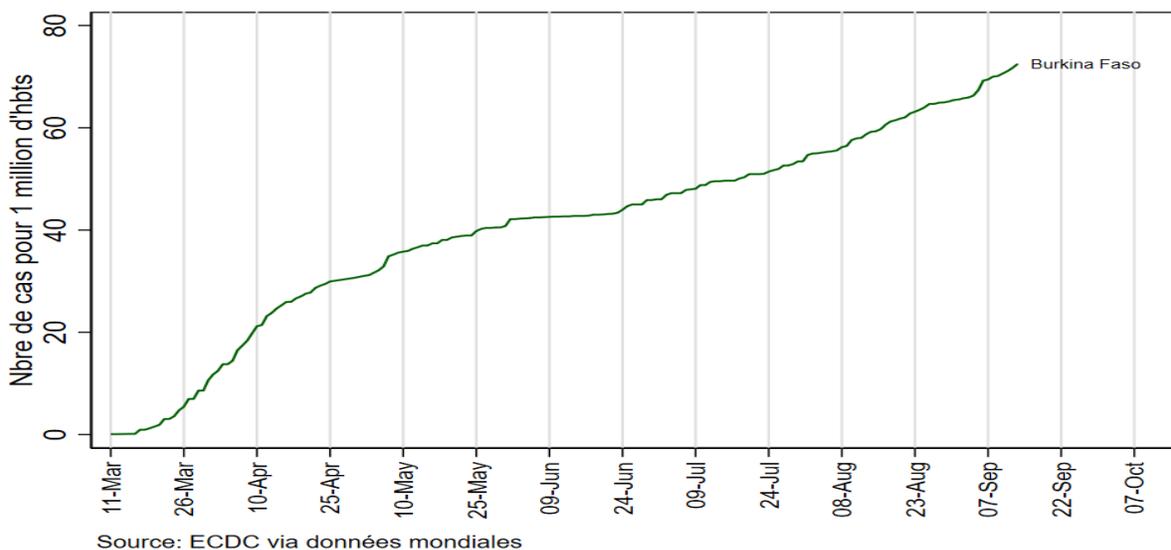
*Source : ECDC via données mondiales, Ministère de la santé*

En réponse à la pandémie de la COVID-19, le gouvernement a adopté diverses politiques d'atténuation au niveau national. Cela a commencé avec la fermeture des écoles et universités, l'instauration d'un couvre-feu, la fermeture des frontières terrestres, aériennes et l'interdiction des regroupements de plus de 50 personnes, la suspension des transports publics urbains et interurbains de passagers ou voyageurs sur toute l'étendue du territoire national, la mise en quarantaine de certaines villes touchées par la pandémie, la fermeture des marchés et yaars de la ville de Ouagadougou et de certaines communes, la fermeture au public des bars, maquis et restaurants et l'interdiction de l'organisation de baptêmes, mariages et tout autre événement regroupant du public.

En marge de ces restrictions, une distanciation sociale a été mise en place et des restrictions de contact à l'échelle nationale, avec comme objectif principal de réduire autant que possible les contacts physiques, en exigeant une distance minimale d'au moins 1 mètre entre personnes dans les espaces publics.

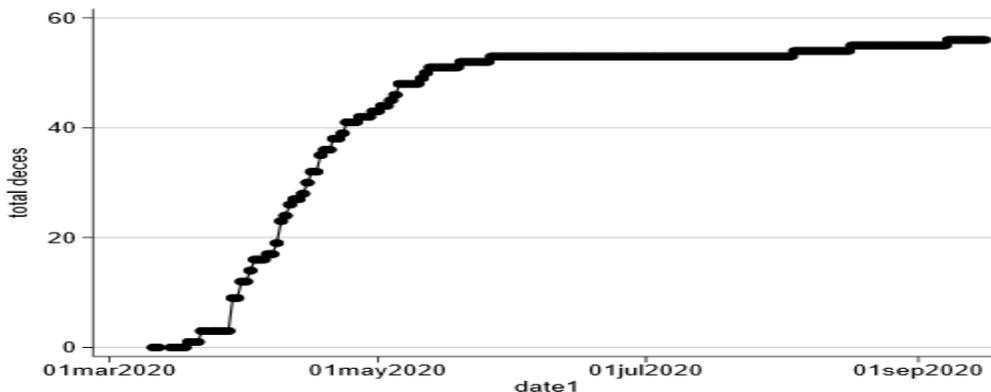
Le graphique ci-dessous présente l'évolution du nombre de cas cumulés depuis le 9 mars jusqu'au 17 septembre 2020. Il présente trois phases dans l'évolution de la maladie, avec une forte expansion sur la période allant de 9 mars au 9 mai, suivie d'une stabilisation relative sur la période allant du 10 mai au 24 juin. Mais depuis le 24 juin, le nombre de cas cumulés connaît une augmentation assez marquée, avec un pic dans la deuxième moitié du mois de septembre.

**Figure 0-2 Evolution du nombre de cas pour un million d'habitants**



A côté du nombre de nouveaux cas, le nombre de décès dus à la COVID présente des tendances similaires, avec une forte augmentation du nombre total de décès sur la période mars-mai 2020, suivie d'une stabilisation jusqu'en septembre, puis s'en est suivie de nouveaux cas létaux à partir de la mi-août.

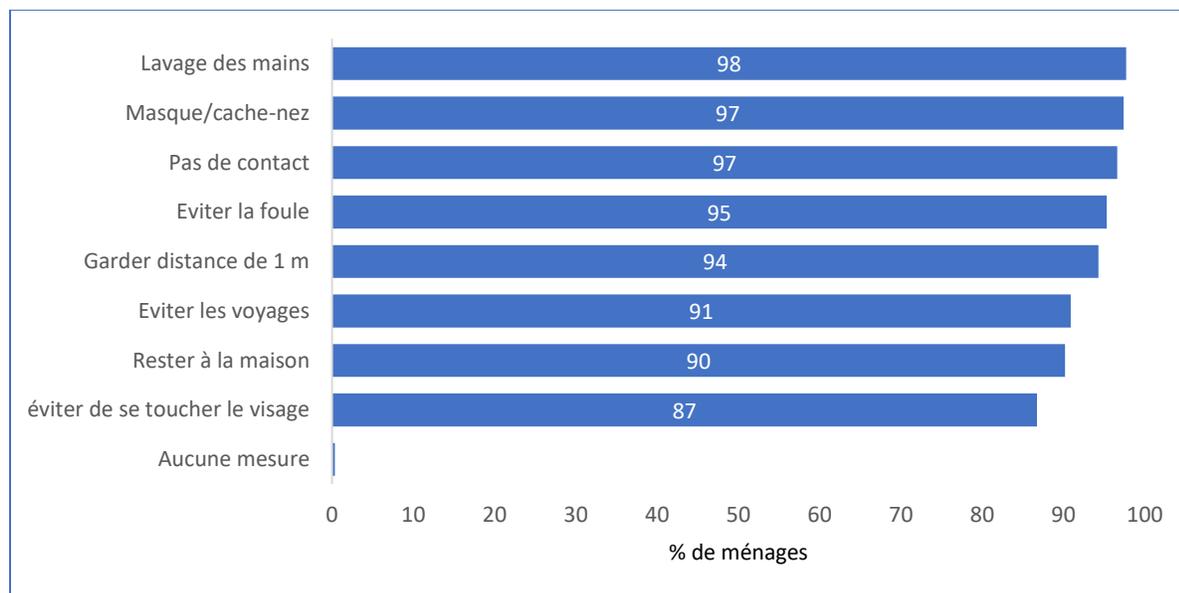
**Figure 0-3: Evolution du nombre cumulé de décès**



Source : calculs à partir des données du ministère de la santé

La quasi-totalité de la population (au moins 87%) connaît toutes les mesures barrières prônées par le gouvernement. Les quatre mesures les plus connues sont le lavage des mains, le port du masque et la distanciation sociale.

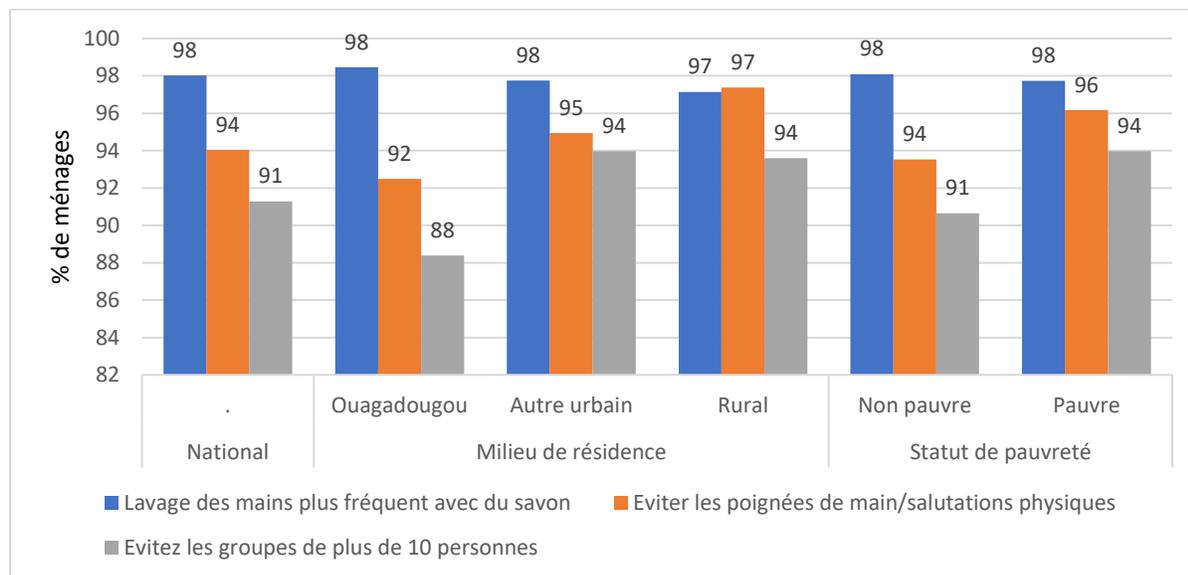
**Figure 0-4: Niveau de connaissance des mesures barrières par la population (en juin 2020)**



Source : INSD, Enquête longitudinale sur l'impact de la COVID-19 sur les conditions de vie des ménages

Par ailleurs, la mise en œuvre des mesures barrières par la population serait également effective, avec au moins 88% des individus affirmant mettre en œuvre ces mesures, comme on peut le constater à travers le graphique ci-dessous.

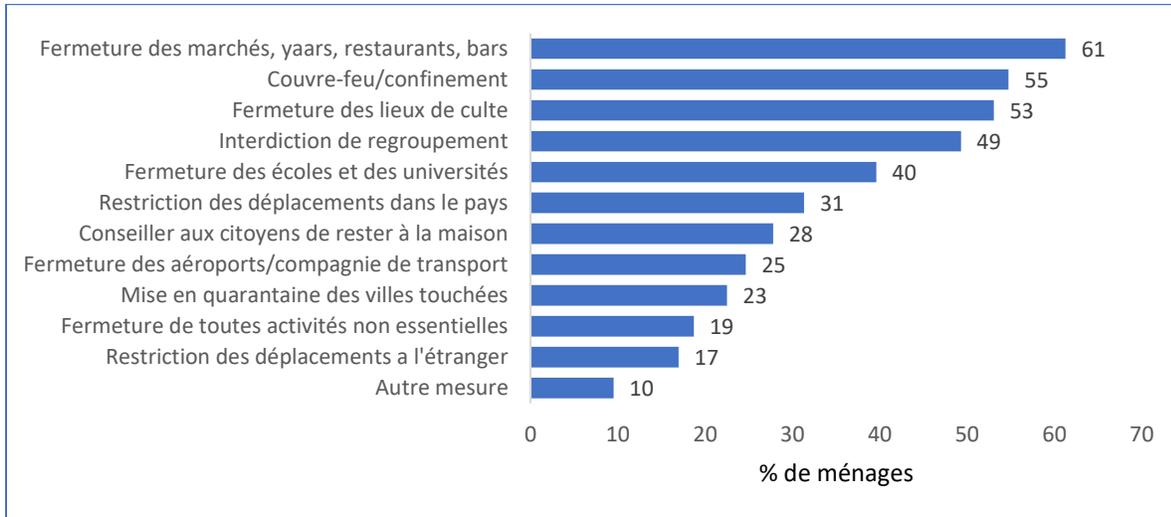
**Figure 0-5: Mise en œuvre des mesures barrières par la population**



Source : INSD, Enquête longitudinale sur l'impact du covid-19 sur les conditions de vie des ménages

De même, les mesures préventives les plus connues par les ménages sont la fermeture des marchés, yaars, restaurants et bars, le couvre-feu et la fermeture des lieux de culte.

**Figure 0-6: Niveau de connaissance des mesures préventives prises par le gouvernement**



*Source : INSD, Enquête longitudinale sur l'impact de la COVID-19 sur les conditions de vie des ménages*

Au total, la pandémie de la COVID-19 a profondément façonnée les habitudes et pratiques sociales, a fortement perturbée les activités économiques, toutes choses qui devraient avoir des impacts profonds et durables tant sur le plan macro qu'au niveau individuel.

## **Partie I : Modélisation Macroéconomique**

## I- Modèle économique et travaux empiriques sous-jacents

Plusieurs théories, modèles et études empiriques guideront la démarche méthodologique d'ensemble.

### 1.1. Modèle de l'économie dépendante

L'économie burkinabè sera modélisée en partie selon le modèle de "l'économie dépendante" – parfois aussi appelé "modèle australien", qui a été développé essentiellement par deux économistes australiens, Salter et Swan, à la fin des années 1950 et au début des années 1960<sup>1</sup>. Ils ont modélisé les caractéristiques de l'économie australienne : une petite économie ouverte (c'est-à-dire qui participe sans restriction au commerce mondiale), qui n'a pas d'influence sur les prix mondiaux (et donc dépend ainsi des cours mondiaux, d'où l'origine du mot "économie dépendante"). Nous pensons que les caractéristiques de l'économie burkinabè répondent, sur le fond, à ce type de modèle.

La caractéristique essentielle de ce type de modèles est la distinction entre biens échangeables  $P_t$  et biens non-échangeables  $P_n$  (par biens, nous entendons biens et services ; échangeables signifie échangeables sur le plan international). Les biens échangeables recouvrent tous les biens produits dans une économie et qui, réellement ou potentiellement, font l'objet d'exportations ou d'importations. Les biens non-échangeables sont ceux qui ne dépassent jamais les frontières d'un pays, soit parce que les coûts de transports interdisent toute exportation ou importation, ou parce que les biens en question sont des immobilisations (terre, logement, construction, etc.), ou encore des services publics.<sup>2</sup>

Une différence fondamentale entre biens échangeables et non-échangeables provient du processus de formation des prix. Les prix des biens échangeables sont déterminés sur les marchés mondiaux, et dans le cas d'une petite économie ouverte, l'économie nationale ne fait que subir ces prix : elle est *price-taker*. On considère par contre que les prix des produits non-échangeables se forment exclusivement par la confrontation de l'offre et de la demande intérieures.

Le rapport des prix  $P_n/P_t$  est le taux de change réel (TCR). Cette appellation se justifie par le fait qu'il s'agit d'un taux de change nominal doublement déflaté.

$$\text{TCR} = \frac{P_n}{P_t} = \frac{P_n}{EP_t^*}$$

En posant  $P_t$  le prix des échangeables en monnaie locale et  $P_t^*$  leur prix en devise étrangère, on a la relation :  $P_t = EP_t^*$ , avec E représentant le taux de change nominal entre les deux pays.

Dans ce modèle, le taux de change réel joue un rôle fondamental. C'est son niveau qui détermine la répartition de la production entre biens échangeables et non échangeables, et donc il a un impact sur beaucoup d'autres variables économiques, notamment la croissance<sup>3</sup>.

Dans la pratique, l'estimation de ce type de modèle repose sur l'identification de « *fondamentaux* » économiques, qui sont des variables qui déterminent fondamentalement

---

<sup>1</sup> Du nom des deux précurseurs du modèle : Salter, W.E.G. (1959) et Swan, T.W. (1960).

<sup>2</sup> Même si sur le plan conceptuel, la distinction entre biens échangeables et non-échangeables paraît attrayante, en pratique, très peu de produits peuvent être vraiment classés comme biens échangeables ou biens non-échangeables "pures". En fait, la plupart des biens se caractérisent par des degrés variables d'"échangeabilité".

<sup>3</sup> Voir : Nebie G. (2011) : Aide, Syndrome Hollandais et Croissance en Afrique.

l'évolution de l'économie. L'innovation principale que nous comptons apporter dans cette modélisation, est l'inclusion de variables *sociales*, ce qui permettrait de mesurer l'interaction entre l'économique et le sociale.

## 1.2. A la recherche des déterminants de la croissance

Plusieurs études ont essayé de trouver des déterminants de long terme de la croissance (ou du bien-être).

Au niveau du Burkina, une étude de Savadogo K. *et al.*<sup>4</sup>, estime une régression économétrique qui met en relation d'une part, le taux de croissance réel per capita comme variable dépendante, et comme variables exogènes, le taux de croissance du capital physique par travailleur et le taux de croissance du stock de capital humain. Ils trouvent la relation entre le taux de croissance du PIB et le taux de croissance du capital physique significative à 10%, mais le coefficient qui lie la croissance du capital humain à la croissance du PIB n'est pas significatif.

Tenou K.<sup>5</sup>, dans une étude sur les déterminants de la croissance à long terme dans les pays de l'UEMOA, est arrivé à la conclusion que de manière générale, les résultats montrent que les variables influençant la croissance per capita dans les pays de l'UEMOA sont, par ordre d'importance décroissante, le capital humain, la croissance de la population, le taux d'investissement, la croissance des exportations et le taux de consommation publique.

Nébié Gustave<sup>6</sup>, dans une étude portant sur 24 pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre, trouve que les facteurs qui influencent le plus le développement humain (IDH du PNUD) dans cette zone sont par ordre d'importance, la gouvernance (mesurée par l'indice de gouvernance Mo Ibrahim), le ratio de dépendance des enfants, et enfin le ratio de la rente des ressources naturelles sur le PIB. Plus un pays a une gouvernance vertueuse, et plus il a un IDH élevé ; plus le ratio de dépendance des enfants est élevé, et moins l'IDH est élevé ; enfin, plus il a des ressources naturelles, et plus son IDH est élevé.

Au niveau mondial, dans une analyse de l'OCDE<sup>7</sup> il ressort que sur trois (3) études portant sur les déterminants de la croissance, les principaux facteurs trouvés sont les suivants : le capital humain, l'éducation, l'investissement, la consommation publique, le taux de change réel, l'ouverture économique, la croissance de la population, l'espérance de vie.

---

<sup>4</sup> Savadogo, Kimseyinga *et al.* (2004) : *Analyzing growth in Burkina Faso over the ;asy four decades*, Growth Paper No. 4, AERC

<sup>5</sup> Tenou, Kossi (1999) : 'Les déterminants de la croissance à long terme dans les pays de l'UEMOA'' Notes d'Information et Statistiques, Études et Recherches, n° 493, BCEAO, juin.

<sup>6</sup> Nébié, Gustave (2017) : *Clustering Countries in West and Central Africa for Improved UNICEF Engagement in the Region*, UNICEF WCARO - WORKING PAPER SERIES No 1/2017

<sup>7</sup>Egert, B. Peter Gal and Isabelle Wanner (2017): *Structural Policy Indicators Database for Economic Research (SPIDER)*, OECD Economic Department Working papers No. 1429

## **II- Données utilisées**

Les données utilisées dans cette étude s'étendent de la période 1971 à 2018. Nous avons au départ souhaité couvrir la période de 1960 à 2019, mais il a été difficile de trouver certaines variables sociales, notamment celles relatives à l'éducation, antérieures à 1970. De même, très peu de données sont disponibles pour 2019.

Les données proviennent essentiellement des données en ligne de la Banque mondiale (WDI). Les données du Fonds Monétaire Internationale (FMI) ont également été utilisées, notamment pour les indices de prix américains. L'examen des séries de la BCEAO ainsi que celles contenues dans l'Instrument Automatisé de Prévision (IAP) de la Direction Générale de l'Economie et de la Prévision (DGEP) a permis de vérifier la cohérence d'ensemble des données.

### **2.1. Variable dépendante (PIB)**

Une des principales variables d'intérêt dans cette étude est le taux de croissance du PIB réel, qui mesure l'augmentation de la richesse nationale. Il s'agira de déterminer, sur la base de la théorie et des études empiriques, les principales variables qui influencent le PIB, ce qui nous permettra dans une étape ultérieure de faire des simulations.

Les variables pouvant influencer la croissance économique sont subdivisées en quatre (4) groupes. Sur la base de la théorie économique, des études antérieures, de la disponibilité des données sur une longue période et des objectifs de notre étude, nous avons présélectionnés les variables ci-dessous, et les premiers tests économétriques nous permettront de les réduire pour n'en garder que les plus significatives.

### **2.2. Variables mesurant l'afflux de ressources extérieures**

Ces variables mesurent l'afflux de ressources extérieures dans le pays, ce qui permet d'accroître la demande globale et donc de favoriser la croissance économique. De plus, par leur apport en devises, elles permettent les importations nécessaires à la consommation et aux investissements.

- Aide Publique au développement (APD)

L'aide publique au développement représente des niveaux relativement importants au Burkina Faso. Elle a atteint son pic au milieu des années 1990, à plus de 20% du PIB, avant de baisser progressivement pour se situer actuellement un peu en dessous de 10% du PIB, ce qui représente encore des niveaux importants, notamment la moitié des recettes propres de l'Etat. En plus, cette aide au développement est utilisée en grande partie pour des projets de développement et d'infrastructures, ce qui, en principe, accroît son impact sur la croissance. Nous avons retenu l'APD nette (des remboursements des prêts concessionnels) en pourcentage du PIB.

- Transferts des migrants (MIG)

Ils ont connu une progression jusqu'en 1986 où ils ont atteint près de 10% du PIB. Ils ont ensuite baissé régulièrement pour se situer aux environs de 1% du PIB en 2004. Depuis 2010, on assiste à un redressement de la tendance, qui se situe aux environs de 3% du PIB actuellement. La variable retenue est le montant des transferts des migrants en pourcentage du PIB.

- Exportations en termes de capacité d'importer (EXP)

Les exportations de biens et services constituent la principale source de devises du pays. Après avoir longtemps stabilisées autour de 10% du PIB, elles se sont fortement accrues à partir de 2010,

sous l'effet des exportations d'or, et se situent actuellement autour de 30% du PIB. Nous allons cependant utiliser en lieu et place des exportations, le ratio : *exportations en termes de capacité d'importation*, qui est la valeur des exportations de biens et services déflatée par l'indice des prix à l'importation. Ce ratio montre la capacité du pays à importer. Par exemple, si les termes de l'échange se détériorent (baisse des cours des produits exportés et hausse des prix des biens importés), cela réduit la capacité du pays à importer. On inclut ainsi dans un même indicateur, les exportations et les termes de l'échange. Il sera exprimé en pourcentage du PIB.

- Voyageurs aériens (AIR)<sup>8</sup>

Cette variable est utilisée comme proxy pour représenter les dépenses des touristes au Burkina. En effet, étant donné sa nature de pays enclavé, l'essentiel des touristes rentrent par voie aérienne. Naturellement il n'y a pas que les touristes qui prennent l'avion au Burkina, mais si on suppose que leur proportion reste constante dans le nombre total des voyageurs, alors on peut faire cette approximation. On suppose également qu'en moyenne, les touristes dépensent le même montant. Le nombre total annuel de voyageurs par avion au Burkina est ainsi la proxy pour prendre en compte les dépenses des touristes au pays.

### 2.3. Variables mesurant l'offre

Ces variables ont un impact direct sur l'accroissement de l'offre (la production ou la productivité) dans l'économie.

- Taux de change réel (TCR)

Nous travaillons sur une notion de taux de change réel qui est le rapport de deux prix internes, à savoir le prix des non échangeables ( $P_n$ ) sur celui des échangeables ( $P_t$ ). On a donc théoriquement, la définition suivante du taux de change réel :

$$TCR = \frac{P_n}{P_t} = \frac{P_n}{EP_t^*}$$

Cependant, comme il n'existe pas d'indices de prix pour les échangeables et les non échangeables, en pratique, on utilise des indices de prix spéciaux qui sont censés représenter les échangeables et les non échangeables. Dans la littérature, il est souvent suggéré d'utiliser les indices des prix de gros des Etats-Unis pour représenter les prix des échangeables ( $P_t^*$ ), et les indices de prix à la consommation du pays considéré pour les non échangeables ( $P_n$ ). La logique est que l'indice des prix de gros est composé essentiellement d'échangeables, alors que l'indice des prix à la consommation comprend essentiellement des biens non échangeables<sup>9</sup>.

Aussi, nous avons choisi la formulation suivante :

$$TCR = \frac{P_t}{E_t P_t^*}$$

Avec :

$P_t$  les prix à la consommation du Burkina ;

<sup>8</sup> l'idéal aurait été de disposer des dépenses des touristes au Burkina. Malheureusement il n'a pas été possible de disposer de telles données.

<sup>9</sup> Voir Baldi et Mulder (2004) pour une présentation sur le choix des indices des prix.

$P_t^*$  les prix de gros américains.

$E_t$  représentant le taux de change nominal entre le F CFA et le dollar américain, exprimé comme la quantité de monnaies nationales pour une unité de dollar US, de façon à ce qu'**une appréciation de la monnaie nationale par rapport au dollar US se traduise par une baisse de  $E_t$** . Dans une telle présentation, une hausse du TCR représente une appréciation, et une baisse, une dépréciation. En effet, si les prix intérieurs s'accroissent,  $P_t$  augmente ce qui entraîne une appréciation du taux de change. Il en est de même, si les prix étrangers ( $P_t^*$ ) baissent par rapport aux prix nationaux, ou encore en cas d'appréciation du taux de change nominal, donc une baisse de  $E_t$ .

Le dollar US est généralement retenu compte tenu de son importance dans les échanges internationaux. En effet, même si un pays dispose de plusieurs partenaires commerciaux, les échanges pour ce qui concerne les produits de base se font généralement en dollars US (cas du pétrole, du coton, de l'or, etc.). Il est donc opportun d'utiliser le taux de change monnaie nationale/dollar US. Pour ce qui concerne les niveaux des prix, étant donné leur convergence au niveau des principaux pays industrialisés, l'utilisation de l'indice des prix US peut bien approximer les prix mondiaux.

Une appréciation du TCR indique que le pays est moins compétitif vis-à-vis de l'extérieur, soit parce que ses prix intérieurs croissent plus vite que ceux du reste du monde, soit parce que sa monnaie nationale s'apprécie, ce qui rend ses produits plus coûteux à l'étranger. Par contre une dépréciation du TCR indique le contraire, c'est-à-dire un accroissement de la compétitivité du pays vis à vis de l'extérieur. Le TCR est ainsi une variable importante dans la compétitivité d'un pays.

Par ailleurs, et conformément au modèle de l'économie dépendante, les fluctuations des autres variables peuvent directement influencer le TCR, qui affectera à son tour positivement ou négativement le PIB.

- Taux d'investissement (FBCF)

A ce niveau, nous utiliserons la FBCF en pourcentage du PIB. Nul besoin de mentionner l'importance de l'investissement dans la croissance économique.

- Ouverture économique (OUV)

Le degré d'ouverture économique a généralement un lien avec la croissance économique. L'expérience montre qu'aucun pays au monde n'a pu se développer en restant en complète autarcie, et l'exemple de la Corée du Nord est édifiant à cet égard. Donc moins un pays impose des restrictions à son commerce international, et plus il devrait connaître une croissance élevée selon la théorie économique.

Nous utiliserons le ratio (exportations + importations) / PIB comme indicateur de l'ouverture économique, conformément aux travaux similaires.

## 2.4. Variables mesurant la demande

Ces variables accroissent la demande globale et donc, selon la théorie keynésienne, permettent une relance de l'économie.

- Consommation publique (CONS)

L'Etat est dans l'économie le plus important acteur économique. Au Burkina, les dépenses courantes de l'Etat (salaires, biens et services, transferts et intérêts de la dette) représentaient en 2019 plus de 90% des ressources propres de l'Etat (source : IAP). La consommation publique est ainsi de nature à influencer l'évolution économique et est prise en pourcentage du PIB.

- Crédits à l'économie (CRED)

Les crédits à l'économie représentent l'encours des crédits accordés par le secteur bancaire au secteur privé. Ils donnent une indication sur le niveau de la demande globale du secteur privé au sein d'une économie et est retenu en pourcentage du PIB.

## 2.5. Variables sociales

L'utilité des variables sociales dans le modèle est double. Tout d'abord, montrer les liens qui existent entre investissement dans le social et grandeurs économiques, notamment la croissance. Mais également, et dans le cas spécifique de l'étude, simuler l'impact possible des chocs économiques sur ces variables.

- Indicateur d'éducation

Au niveau de l'éducation, la théorie de la croissance endogène démontre la relation entre éducation et croissance économique, même si cette relation est de long terme. Nous avons retenu deux indicateurs à ce niveau, compte tenu de la difficulté d'obtenir des séries longues dans ce domaine.

- Dépenses courantes d'éducation (en % du revenu national brut : RNB) (EDU)
- Taux brut de scolarisation au primaire (SCOL)

L'inclusion de la variable éducation, particulièrement au primaire, permet de prendre en compte les enfants, puisque le niveau primaire ne concerne que les enfants.

- Indicateurs de santé

Pour la santé, cruciale dans une étude portant sur l'impact d'une maladie, la plus grande difficulté a été de trouver des séries longues (près de 50 ans) pour le Burkina. Nous avons pu avoir les deux indicateurs ci-dessous, qui nous semblent bien représenter l'état sanitaire d'une population.

- Taux de mortalité infanto-juvénile (moins de 5 ans) (MORT) ;
- Espérance de vie à la naissance (ESPE).

- Indicateurs démographiques

Les indicateurs démographiques retenus sont relatifs au taux de croissance de la population, aux taux de dépendance des enfants, et au taux de ruralité.

- Taux de croissance de la population (POPG);
- Taux de dépendance des enfants (DEPE) ;
- Taux de ruralité (pourcentage de la population rurale dans l'ensemble de la population : POPR)

Le taux de croissance de la population permet de prendre en compte le facteur démographique de façon générale dans le processus de croissance économique. Le taux de dépendance des enfants (proportion des moins de 15 ans dans la population totale) permet d'évaluer l'impact des enfants sur les différentes variables. Enfin, le taux de ruralité servira de proxy pour le taux de pauvreté, car on sait que la pauvreté est essentiellement un phénomène rural au Burkina.

Nous n'avons pas pu avoir une série statistique longue prenant en compte les aspects genres. En effet, la plupart des données spécifiant le genre proviennent d'enquêtes statistiques ponctuelles, et ne sont donc pas disponibles de façon continue sur de longues périodes.

## **2.6. Transformation des variables**

L'économie burkinabè sera modélisée en fonction de ces variables retenues. L'idée est que ces variables constituent les fondamentaux de l'économie, et que leur évolution traduit bien l'évolution d'ensemble de l'économie. L'un des principaux critères de rétention d'une variable sera la disponibilité de cette variable sur une longue période, au moins 40 ans. Les tests préliminaires permettront ensuite de retenir les variables les plus pertinentes.

Des transformations seront appliquées sur les variables, en fonction de leurs caractéristiques initiales. Ainsi, certaines variables seront transformées en indice, évitant ainsi d'avoir des chiffres négatifs (cas notamment du taux de croissance du PIB et du TCR). La totalité des variables seront transformées en logarithme, afin de linéariser les données (réduire leur volatilité) et pouvoir aussi interpréter les coefficients de régressions obtenus en termes d'élasticités. On pourrait enfin transformer certaines variables en différence, afin de les rendre stationnaires. Toutes ces transformations seront expliquées et seront fonctions des résultats des premiers tests.

### III- Modèles économétriques

Pour la modélisation économétrique, nous utiliserons les **modèles de régression dynamiques**<sup>10</sup>.

Les modèles dynamiques font intervenir des variables explicatives décalées dans le temps contrairement aux modèles statiques. Un modèle dynamique fait intervenir des retards sur une ou plusieurs variables explicatives.

- Si ces variables explicatives sont uniquement exogènes on parlera de modèles à retards échelonnés comme dans la forme simple :

$$1. \quad y_t = c + \sum a_i x_{t-i} + \varepsilon_t$$

- Si les variables retardées correspondent aux variables expliquées (variables endogènes), on les appellera des modèles autorégressifs (AR si une variable et VAR pour plusieurs variables) ;

$$2. \quad y_t = c + \sum b_i y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Dans le cas général on parlera de modèles autorégressifs et à retards échelonnés (ARDL en anglais que nous utiliserons par la suite), qui combinent des variables endogènes et exogènes.

$$3. \quad y_t = c + \sum a_j y_{t-j} + \sum b_i x_{t-i} + \varepsilon_t$$

L'intérêt d'utiliser une modélisation de ce type est double. Tout d'abord, cela permet de prendre en compte les effets des variables les unes sur les autres, mais aussi ces modèles étant par nature dynamique, on pourra faire des simulations d'impact d'un choc dans le temps. Ce type de modèle est donc adapté à l'étude que nous menons.

#### 3.1. Modèles de type VAR

La méthodologie économétrique générale que nous allons utiliser repose sur la modélisation VAR (Vector Auto-Regressive) qui constitue une généralisation des processus AR au cas multivarié. Cette méthodologie a été introduite comme alternative aux modèles macroéconomiques d'inspiration keynésienne qui souffraient de nombre d'insuffisances. La modélisation VAR repose sur l'hypothèse selon laquelle l'évolution de l'économie est bien approchée par la description du comportement dynamique d'un vecteur de N variables dépendant linéairement du passé.

De façon générale, on écrit le processus VAR (k) sous la forme réduite ci-dessous :

$$4. \quad X_t = \Pi_1 X_{t-1} + \dots + \Pi_k X_{t-k} + \mu + \varepsilon_t$$

$X_t$  étant un vecteur ( $nx1$ ) de variables aléatoires,  $\Pi_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ) représentant les matrices ( $nxn$ ) de coefficients des variables retardées endogènes,  $\mu$  représentant le vecteur ( $nx1$ ) des constantes, et  $\varepsilon_t$  le vecteur des erreurs (bruits blancs normalement distribués :  $\varepsilon_t \sim N[0, \Omega_\varepsilon]$ , avec  $\Omega_\varepsilon$  la matrice des variances covariances des erreurs). Si toutes les variables contenues dans

---

<sup>10</sup> Mills, Terence C. (2019): Applied Time Series Analysis: A Practical Guide to Modeling and Forecasting, Elsevier, Academic Press

$X_t$  sont stationnaires, alors on peut estimer le modèle équation par équation en utilisant les MCO, ou bien en tant que système en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance.<sup>11</sup>

On démontre que le VAR non restreint de l'équation 4 peut être paramétré de différentes façons sans imposer de conditions sur les paramètres du modèle (c'est-à-dire sans changer la valeur de la fonction de vraisemblance).

$$5. \quad \Delta X_t = \Gamma_1^{(m)} \Delta X_{t-1} + \Gamma_2^{(m)} \Delta X_{t-2} + \dots + \Gamma_{k-1}^{(m)} \Delta X_{t-k+1} + \Pi X_{t-m} + \mu + \varepsilon_t$$

Avec  $m$  un entier compris entre 1 et  $k$ , définissant le retard sur lequel on place le terme à correction d'erreur ( $\Pi X_{t-m}$ ).

Le modèle de l'équation 5 est appelé Modèle Vectoriel à Correction d'Erreur ou encore Modèle Vectoriel à Correction d'Equilibre (nous utiliserons l'acronyme anglais VECM) ; **Il combine deux types de variables : celles non stationnaires exprimées en niveau qui déterminent les cibles de long terme ( $\Pi X_{t-m}$ ), et les variables stationnaires (variables en différence première), qui traduisent des évolutions de court terme.**

Les avantages de la modélisation VAR (et VECM) sont multiples :

- D'abord, ce sont des modèles qui sont bâtis sur les tendances structurelles de long terme. Le modélisateur fait donc peu de choix, et c'est le modèle lui-même qui détermine la meilleure modélisation de l'économie ;
- Du fait de leur caractère dynamique, ces modèles permettent de faire des simulations d'impact d'un choc, ce qui est très pratique pour analyser les effets d'un choc sur une des variables sur l'ensemble du modèle, ou de simuler les effets possibles d'une politique économique.

L'un des inconvénients de cette méthodologie est la nécessité d'avoir des séries longues, ce qui n'est pas toujours aisé, particulièrement dans les pays en développement.

### 3.2. Modèles de type ARDL

Une variante des modèles VAR sont les modèle ARDL (Auto-Regressive Distributed Lag), qui combinent une modélisation VAR avec des variables exogènes à retards échelonnés. Ce type de modélisation serait le plus pertinent lorsqu'on a dans le modèle, des variables stationnaires et des variables non-stationnaires<sup>12</sup>.

La forme générale des modèles ARDL est la suivante :

$$\Delta y_t = c + \sum a_j y_{t-j} + \sum b_i x_{t-i} + \sum c_m \Delta y_{t-m} + \sum d_q \Delta x_{t-q} + \varepsilon_t$$

Le côté gauche de l'équation (c'est-à-dire la variable endogène  $y$ ) peut être soit en niveau, soit en différence comme dans le cas présenté ici. Cela dépend de la stationnarité de la série. Le côté droit de l'équation contient la variable endogène en niveau retardée, les variables exogènes en niveau retardées ( $x$ ), la variable endogène en différence, les variables exogènes en différence.

L'ensemble des variables en niveau (contemporaines ou retardées) dans ce modèle représente la relation de cointégration, c'est-à-dire la relation de long terme entre la variable

<sup>11</sup> Pfaff, Bernard (2006)

<sup>12</sup> Shrestha, Min B. and Guna R. Bhatta (2018): Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis, the journal of Finance and data science 4 (2018) 71-79

dépendante et les variables exogènes. Les variables en différence modélisent les relations de court terme.

### **3.3. Modèles à changement de régimes**

Enfin, une autre typologie de modèles que nous allons tester sont les modèles à changement de régimes<sup>13</sup>. Ce sont des modèles qui sont non-linéaires globalement, mais qui sont linéaires par morceaux : Il existerait ainsi une à plusieurs ruptures de tendance de la série, qui sont gouvernées par des changements de régime qu'il faut estimer. Il est ainsi possible de modéliser des modèles VAR avec changement de régimes, et ce sont les tests qui nous permettront de choisir entre VAR (et VECM) linéaires et VAR (et VECM) à changement de régimes.

---

<sup>13</sup> Uctum, Remzi (2007): « Econométrie des modèles a changement de régimes: un essai de synthèse », l'actualité économique, Vol. 83 – N0 4, Décembre, HEC Montréal, Canada.

## IV- Processus de modélisation

### 4.1. Logiciel statistique utilisé

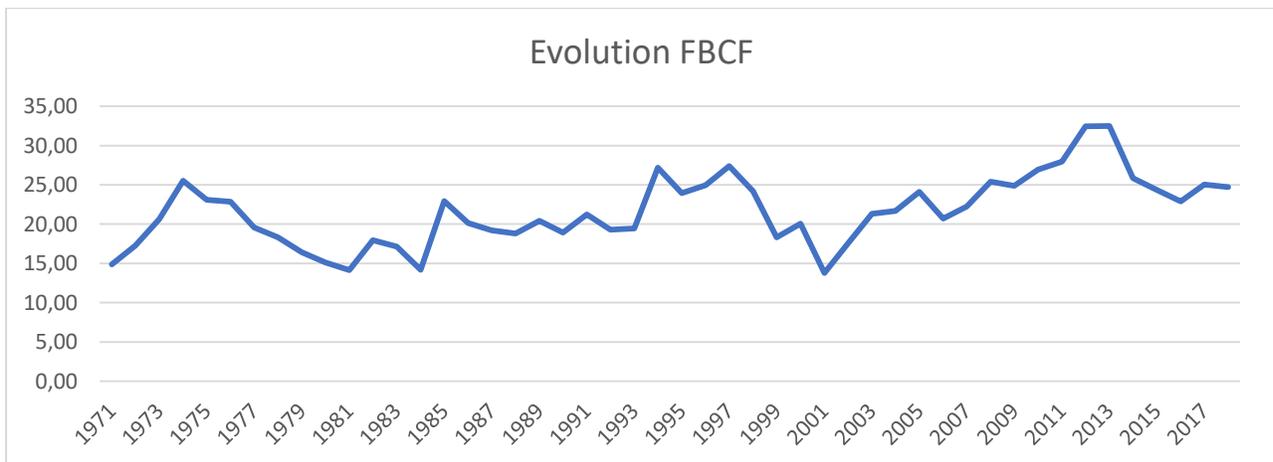
Avant toute chose, il importe de préciser que nous avons utilisé, pour l'ensemble de la modélisation économétrique, le logiciel statistique libre **R**. Ce logiciel dispose de plusieurs outils permettant d'effectuer quasiment tous les tests et modélisations possibles. Etant un logiciel élaboré et mis à jour régulièrement par des chercheurs du monde entier, il est généralement en avance sur les logiciels statistiques commerciaux, de type SPSS et STATA, et dispose des toutes dernières innovations en matière statistiques. Son principal inconvénient cependant est qu'il n'est pas toujours aussi intuitif et simple dans son utilisation que les logiciels commerciaux.

Le logiciel *R* dispose ainsi de plusieurs modules dénommés « packages », développés par des chercheurs dans le monde entier, et il suffit de trouver le bon *package* en fonction du problème que l'on veut traiter. Pour cette étude, nous avons utilisé plus d'une vingtaine de modules.

### 4.2. Analyse de la stationnarité des séries

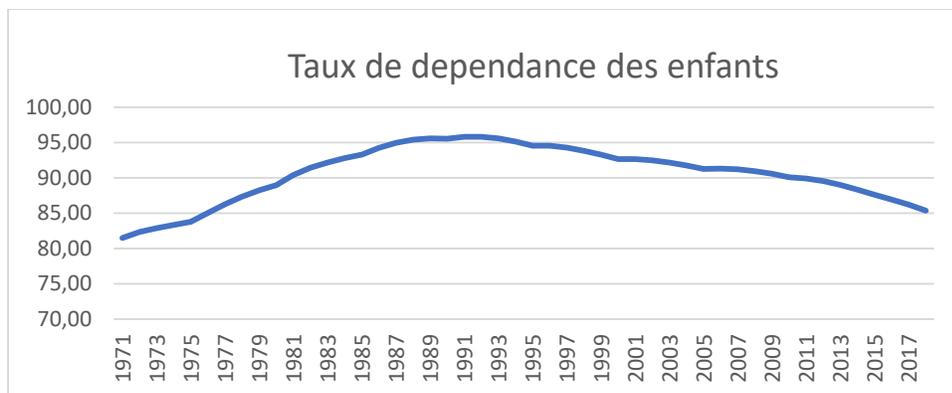
Dans un premier temps, il importe de vérifier la stationnarité des séries utilisées (c'est-à-dire si elles contiennent ou non des racines unitaires). Cette vérification est importante, car effectuer une régression sur des séries non stationnaires donne des résultats fallacieux, c'est à dire des régressions qui ont l'air statistiquement très correctes entre des variables qui en réalité n'ont aucun lien entre-elles<sup>14</sup>. Voir les annexes pour le détail des tests de racine unitaire.

Il ressort de ces tests de racine unitaire que la quasi-totalité des variables ne sont pas stationnaires, ce qui est conforme aux travaux antérieurs sur la question. La FBCF est l'une des rares variables qui semble stationnaire, du fait notamment de son évolution relativement erratique sans une tendance très claire.



En différence première, l'ensemble des variables devient stationnaire, à l'exception du taux de dépendance des enfants, qui ne devient stationnaire qu'en différence seconde (double différence). Cela est dû à sa tendance en cloche, qui indique un polynôme de second degré et donc la nécessité de le différencier deux fois pour obtenir, d'abord une tendance linéaire après la différence première, puis l'absence de tendance après la seconde différence.

<sup>14</sup> Voir à cet effet, Lardic et Mignon, 2002 :



En plus des tests ADF classiques de racine unitaire, le test de racine unitaire de Phillips et Perron (PP) a aussi été appliqué aux différentes variables, mais dans l'ensemble les résultats sont très proches des tests ADF.

D'autres types de tests de racine unitaire ont également été appliqués aux variables, notamment des tests de changement structurel, pour vérifier si les séries présentaient des tendances avec une rupture. En effet, les tests classiques de racine unitaire de type ADF peuvent conclure à la non-stationnarité d'une série alors que c'est une rupture structurelle qui explique ce fait. Le test de racine unitaire de Zivot et Andrews (Z&A) notamment a permis de détecter que les variables crédits à l'économie (CRED) et aide publique au développement (APD) présentaient des ruptures de tendance, qui pourraient expliquer qu'elles ne soient pas stationnaires. Mais cela n'a pas été confirmé par un autre test de rupture de tendance, notamment le test de Lee et Strazicich (L&S), qui trouve des possibilités de rupture de tendance pour d'autres variables, notamment l'espérance de vie (ESPE), la mortalité infantile (MORT), la part de la population rurale dans l'ensemble de la population (POPR), les transferts de migrants (MIG) et enfin les exportations nettes (EXP).

L'examen visuel des séries ne confirme pas toujours ces ruptures de tendance trouvées par ces tests, et très souvent la date de rupture ne correspond pas à ce qui apparaît visuellement. Comme en plus ces tests de rupture de tendances se contredisent, nous avons finalement opté de ne pas considérer ce type de tests.

Une fois la question de la stationnarité des séries réglée, nous passons à l'estimation du modèle. Il y a plusieurs défis à ce niveau : Tout d'abord, il faut trouver la bonne spécification du modèle, ensuite déterminer les variables à y inclure.

#### 4.3. Tests de sélection du modèle optimal

- **Modèle à changement de régimes**

Dans un premier temps, nous avons testé des modélisations VAR et VECM avec changement de régimes. Dans *R*, plusieurs *package* permettent de faire ces simulations, notamment *tsDyn*. Il ressort des différentes estimations qu'il n'apparaît pas de façon significative des changements de régime pour l'estimation du PIB, le logiciel suggérant plutôt d'estimer un VAR ou VECM linéaire.

- **Modélisation VAR et VECM**

Dans un second temps, nous avons alors tenté la modélisation VAR. Etant donné que nos variables ne sont pas stationnaires, nous avons travaillé sur des séries en différence première afin de les rendre stationnaire. Il ressort des différentes estimations, qu'un grand nombre de coefficients

estimés ne sont pas significatifs. En plus, travailler sur des séries en différence première fait perdre beaucoup d'information, notamment les relations de long terme entre les variables. Il nous restait donc à tester un modèle VECM. En lieu et place de modéliser un VECM classique, nous avons décidé de passer directement à un VECM en utilisant la modélisation ARDL. Ce choix s'explique par le fait que la modélisation ARDL est plus souple que la modélisation VAR classique, et permet aussi d'intégrer une modélisation VECM.

- **Modèle ARDL**

Au final, nous avons testé une modélisation ARDL à correction d'erreur (relation de cointégration). Rappelons que des séries sont cointégrées s'il existe une combinaison linéaire stationnaire de ces séries. Chaque série prise individuellement est non stationnaire, mais leur combinaison linéaire donne une série stationnaire, du fait qu'elles ont des relations de long terme.

Le module *Dynamac* que nous avons utilisé pour la modélisation ARDL utilise la procédure *ARDL-bounds test* pour tester la cointégration. Cette procédure a certaines contraintes : i) Tout d'abord, aucune variable ne doit pas être intégrée d'un ordre supérieur à 1, et donc le taux de dépendance des enfants (DEPE), que nous avons vu supra et qui était intégré d'ordre 2, ne pouvait pas être inclus dans un tel modèle ; ii) par ailleurs, il faut s'assurer que la variable dépendante est intégrée d'ordre 1, ce qui est bien le cas ici pour la variable PIB.

Une fois que ces conditions sont remplies, on peut estimer le modèle sous la forme correction d'erreur. Pour ce faire, toute variable exogène qui est intégrée d'ordre 1 doit être incluse dans le modèle comme variable à niveau retardée (on peut naturellement l'inclure aussi en différence, mais on ne peut pas l'inclure en niveau contemporain, sans retard). Ensuite, les résidus du modèle ARDL doivent être des bruits blancs si on veut pouvoir réaliser le test de cointégration.

## V- Analyse des résultats

Pour les estimations du modèle, nous avons utilisé le package *dynamac*, et plus précisément sa fonction *dynardl*. Ce package permet d'estimer des modèles de type ARDL, et est très souple, permettant à l'utilisateur de spécifier la forme de modèle voulue.

### 5.1. Modèle retenu

Après plusieurs essais et estimations, il ressort que la modélisation du taux de croissance de l'économie burkinabè la plus significative et robuste est la suivante :

$$5.1. \text{ DPIB} = -0.339*\text{PIB}_{-1} + 0.387*\text{ESPE}_{-1} + 0.445*\text{SCOL}_{-1} - 0.149*\text{TCR}_{-1} - 0.865*\text{POPG}_{-1} \\ + 0.111*\text{DTCR}_{-1} + 3.602*\text{DPOPG}_{t-1} + 0.047*\text{DEXP}_{t-1}$$

Tous les coefficients du modèle sont significatifs à 1% au moins, ce qui témoigne de la robustesse du modèle (voir annexe pour le détail des résultats).

La lettre D devant une variable indique qu'elle est en différence première. -1 sur une variable indique qu'elle est retardée d'une période. Rappelons également que toutes les variables ont été préalablement transformées en logarithme naturel.

DPIB :	Taux de croissance réelle du PIB en différence première
PIB <sub>-1</sub>	Taux de croissance réelle du PIB retardé d'une période
ESPE <sub>-1</sub>	Esperance de vie retardé d'une période
SCOL <sub>-1</sub>	Taux brut de scolarité au primaire retardé d'une période
TCR <sub>-1</sub>	Taux de change réel retardé d'une période
POPG <sub>-1</sub>	Taux de croissance de la population retardé d'une période
DTCR <sub>-1</sub>	Taux de change réel en différence première et retardé d'une période.
DPOPG <sub>t-1</sub>	Taux de croissance de la population en différence première et retardé d'une période
DEXP <sub>t-1</sub>	Taux de croissance des exportations nette du prix des importations en différence première et retardé d'une période

Etant donné que DPIB correspond à  $\text{PIB}_t - \text{PIB}_{t-1}$ , l'équation 1 peut se réécrire sous la forme :

$$5.2. \text{ PIB} - \text{PIB}_{-1} = -0.339*\text{PIB}_{-1} + 0.387*\text{ESPE}_{-1} + 0.445*\text{SCOL}_{-1} - 0.149*\text{TCR}_{-1} \\ - 0.865*\text{POPG}_{-1} + 0.111*\text{DTCR}_{-1} + 3.602*\text{DPOPG}_{t-1} + 0.047*\text{DEXP}_{t-1}$$

Ou encore :

$$5.3. \text{ PIB} = 0,661*\text{PIB}_{-1} + 0,387*\text{ESPE}_{-1} + 0,445*\text{SCOL}_{-1} - 0,149*\text{TCR}_{-1} - 0,865*\text{POPG}_{-1} \\ + 0,111*\text{DTCR}_{-1} + 3,602*\text{DPOPG}_{t-1} + 0,047*\text{DEXP}_{t-1}$$

La première partie de la droite de l'équation 5.3 [ $0,661*\text{PIB}_{-1} + 0,387*\text{ESPE}_{-1} + 0,445*\text{SCOL}_{-1} - 0,149*\text{TCR}_{-1} - 0,865*\text{POPG}_{-1}$ ] comporte des variables en niveau retardées d'une période. C'est la relation de cointégration, qui traduit la relation de long terme entre le PIB et les variables qui y sont incluses. La seconde partie de la droite de l'équation 5.3 [ $+ 0,111*\text{DTCR}_{-1} + 3,602*\text{DPOPG}_{t-1} + 0,047*\text{DEXP}_{t-1}$ ] comporte des variables en différences, et donc des relations de court terme entre le PIB et ces variables.

Il est à remarquer ainsi que dans le processus d'estimation du modèle, plusieurs variables n'ont pas été finalement retenues, soit parce que leurs coefficients n'étaient pas significatifs, ou bien leur inclusion dans le modèle entraînait le non-respect de certains prérequis de base, notamment l'absence d'autocorrélation des résidus et/ou leur normalité, toutes choses dont le non-respect conduit à des résultats biaisés et non consistants<sup>15</sup>. Seules cinq variables exogènes sont retenues, notamment les variables ESPE (espérance de vie), SCOL (taux brut de scolarisation au primaire), TCR (taux de change réel), POPG (taux de croissance de la population) et enfin EXP (exportations nettes du prix des importations).

Avant de passer à l'interprétation des résultats, il importe de faire des tests de diagnostics post-estimation.

#### 5.4. Tests de diagnostic du modèle

Une composante essentielle des modèles ARDL est de s'assurer que les résidus de l'estimation ARDL sont des bruits blancs, c'est-à-dire un processus de moyenne nulle, de variance constante et non auto-corrélée. Une des implications de résidus auto-corrélés en présence d'une variable dépendante retardée est que les coefficients estimés sont biaisés et non consistants<sup>16</sup>.

Une fois assuré que les résidus sont des bruits blancs, il faut encore tester la significativité de la relation de cointégration.

Pour ce faire, le module *dynamac* comporte deux fonctions permettant d'effectuer plusieurs types de tests de diagnostic. La fonction *dynardl.auto.correlated* permet de faire deux types de tests : Le test de *Shapiro-Wilk* de normalité des résidus et le test *Breusch-Godfrey* pour des corrélations en série. La fonction *pssbounds* permet quant à elle de tester la cointégration selon la méthodologie de Pesaran, Shin et Smith (PSS) en effectuant un F-test de nullité de l'ensemble des coefficients des variables en niveau dans le modèle (relation de cointégration), et un test de nullité du coefficient de la variable endogène retardée.

##### Résultats du test de corrélation des résidus

```
CorTest1<-dynardl.auto.correlated(Test_Retenu_1)
-----
Breusch-Godfrey LM Test
Test statistic: 1.656
p-value: 0.198
H_0: no autocorrelation up to AR 1
-----
Shapiro-wilk Test for Normality
Test statistic: 0.987
p-value: 0.892
H_0: residuals are distributed normal
-----
Log-likelihood: 111.527
AIC: -205.054
BIC: -188.597
Note: AIC and BIC calculated with k = 8 on T = 46 observations.
-----
```

Le premier test (Breusch-Godfrey LM Test), relatif à la corrélation des résidus, nous indique que l'hypothèse H0 de non-corrélation des résidus selon la procédure de Breusch-Godfrey

<sup>15</sup>Il convient de rappeler que dans une telle modélisation, ce n'est pas le modélisateur qui choisit les variables à inclure dans la régression, mais les données elles-mêmes. Au départ, toutes les variables sont incluses dans le modèle, et les non significatives sont progressivement éliminées. Par ailleurs, certaines variables peuvent être significatives dans la modélisation, mais causer des résidus auto-corrélés, ou la non-normalité des résidus, ce qui entraîne leur exclusion.

<sup>16</sup> Jordan et Philips (2018)

est acceptée avec une p-value de 0,198. Le test de Shapiro-Wild de normalité des résidus accepte aussi l'hypothèse H0 de normalité des résidus avec une p-value de 0,892.

Nous pouvons donc accepter l'hypothèse que les résidus sont des bruits blancs, et effectuer les tests relatifs à la relation de cointégration.

### Test de significativité de la relation de cointégration

PSSTest1<-pssbounds(Test\_Retenu\_1)

PESARAN, SHIN AND SMITH (2001) COINTEGRATION TEST

Observations: 46  
 Number of Lagged Regressors (not including LDV) (k): 4  
 Case: 1 (No intercept; no trend)

```
-----
-                               F-test                               -
-----
      <----- I(0) ----- I(1) ----->
10% critical value      1.90      3.01
5% critical value       2.26      3.48
1% critical value       3.07      4.44
```

F-statistic = 21.647

```
-----
-                               t-test                               -
-----
      <----- I(0) ----- I(1) ----->
10% critical value     -1.62     -3.26
5% critical value      -1.95     -3.60
1% critical value      -2.58     -4.23
```

t statistic = -3.619

F-statistic note: Small-sample critical values are not provided for Case I. Asymptotic critical values used.

t-statistic note: Small-sample critical values not provided for Case I. Asymptotic critical values used.

Les deux tests acceptent l'hypothèse d'une relation de cointégration. Le F-test calculé (21.647) est largement supérieur aux valeurs critiques de la borne supérieure I(1) du test quel que soit le seuil de significativité choisit. On accepte donc que les variables en niveau retardées incluses dans le modèle sont en relation de cointégration. Ensuite la t-statistique calculée a une valeur de -3.619 qui est inférieure au seuil de I(1) à 5%. Ce résultat vient confirmer que le coefficient de la variable endogène retardée est <0, et donc que y est cointégrée.

Maintenant que tous les tests de diagnostic post-estimations sont satisfaisants, nous passons à l'interprétation des résultats.

### 5.5. Interprétation des résultats

- Relations de long terme (cointégration)

**L'espérance de vie de la population** (ESPE) a une relation forte et de long terme avec la croissance du PIB. Ainsi, plus l'espérance de vie croît, et plus aussi le PIB croît. Le coefficient de 0,387 de l'espérance de vie traduit l'élasticité entre espérance de vie et croissance du PIB<sup>17</sup>. Ce coefficient est relativement élevé, ce qui traduit la force de cette relation. L'espérance de vie est

<sup>17</sup> Cela s'explique par le fait que nous avons des variables en logarithme.

souvent utilisée comme proxy pour l'état de santé d'une population (Indice de Développement Humain du PNUD notamment). On note ainsi l'importance entre la santé d'une population et son développement économique. Si la pandémie de la COVID 19 devait atteindre des niveaux importants affectant l'espérance de vie de la population, alors il faudrait s'attendre, selon cette modélisation, à une baisse du niveau du PIB sur le long terme.

**Le taux de scolarisation (SCOL)** ressort également comme un facteur important d'explication de la croissance, ce qui corrobore les théories sur le capital humain. Ainsi, plus on scolarise les enfants, et plus la croissance est forte. A contrario, une baisse de la scolarisation, comme on le note actuellement du fait des menaces terroristes et de la COVID-19, pourrait avoir des effets désastreux sur la croissance à long terme.

**Le taux de change réel (TCR)** mesure la compétitivité d'un pays vis-à-vis de l'extérieur. Il ressort comme un facteur important de croissance sur le long terme. Son signe négatif indique en fait une relation positive : Plus le taux de change réel baisse et plus la compétitivité d'un pays est forte, et plus le PIB croît.

Enfin, **le taux de croissance de la population (POPG)** est une variable significative dans la relation de cointégration. La relation est négative avec le PIB, à savoir qu'à long terme, plus la natalité est forte, et moins la croissance est bonne.

#### Relations de court terme

Trois variables apparaissent comme ayant une influence significative à court terme sur le PIB. Deux d'entre elles sont déjà dans la relation de cointégration (TCR et POPG), la troisième est les exportations (EXP).

Il peut sembler a priori contradictoire que le TCR et le taux d'accroissement de la population aient des signes qui s'inversent lorsque l'on passe de la relation de long terme à celle de court terme. Pour le TCR, rappelons qu'il représente le rapport de deux prix. Un afflux de ressources extérieurs, par exemple, peut faire augmenter les prix intérieurs, entraînant un accroissement du TCR, ce qui n'est pas favorable à la croissance. Mais à court terme, l'impact négatif de la surévaluation du taux de change ne joue pas, et le PIB peut croître du fait d'un accroissement de la demande induite par l'afflux de ressources extérieurs. On aurait ainsi une situation où l'on a simultanément une baisse de compétitivité extérieure et une croissance du PIB. A long terme cela n'est plus possible car la baisse de la compétitivité extérieure finira par impacter négativement la croissance.

Pour la relation entre croissance démographique et croissance économique, nous avons noté qu'à long terme, cette relation était négative. Mais à court terme elle est positive. L'explication pourrait être que l'effet d'un accroissement démographique ne se fait sentir qu'à long terme. A court terme, et toutes choses égales par ailleurs, plus la population croît et plus la production nationale est élevée. A long terme, les besoins de prises en charge de ces enfants pèsent certainement très lourd dans la balance.

Enfin, on note que les exportations n'ont pas un impact de long terme sur la croissance du PIB, mais qu'à court terme, elles affectent positivement son évolution. Cela est conforme à la théorie, car plus les exportations sont élevées, et plus un pays dispose de ressources pour investir, consommer, etc.

L'examen des simulations nous permettra de mieux appréhender et interpréter les résultats obtenus.

## VI- Simulations

Le package *Dynamac* permet de faire des simulations d'impact une fois le modèle bien spécifié et les tests de diagnostics acceptés. Pour plus de détails sur la méthodologie de simulation, confère Jordan et Philips (2018).

Aux fins d'illustration, nous avons effectué un certain nombre de simulations, afin d'appréhender comment se propage l'impact des chocs, depuis les variables exogènes qui subissent les chocs, vers la variable endogène (PIB). Pour schématiser, il y a deux types de variables exogènes dans le modèle retenu. Il y a des variables qui peuvent être des instruments de politique économique et sociale, comme le TCR : l'Etat peut vouloir minimiser l'impact de la COVID-19 en manipulant le taux de change. Le taux de croissance de la population est une variable sociale sur laquelle l'Etat peut vouloir jouer pour limiter la croissance démographique, mais à ce niveau, c'est plus un processus de long terme. Au niveau de ces deux variables de politique, nous avons effectué des simulations pour appréhender comment l'Etat pouvait tenter de relancer l'économie.

Les variables comme le taux de scolarisation, l'espérance de vie et les exportations, sont des variables susceptibles d'être fortement affectées négativement par la COVID-19. Nous avons donc jugé utile de tester comment un choc négatif sur ces variables se propage dans l'économie.

L'ampleur des chocs simulés n'est pas basée sur des estimations de l'impact de la COVID 19 sur ces variables (difficile à avoir actuellement puisque la maladie continue de progresser), mais fixé juste aux fins de pouvoir réaliser des simulations dignes d'intérêt. Plus tard, on pourrait réajuster le niveau de ces chocs si on avait des évaluations plus précises sur l'impact de la COVID 19 sur chacune des variables.

### 6.1. Simulation 1: Choc de -50% sur le TCR

Dans cette première simulation, nous faisons l'hypothèse d'une chute de 50% du TCR. Cela représente un taux de dévaluation de la monnaie nationale (FCFA) de 50%, toutes choses égales par ailleurs, ce qui n'est pas irréaliste puisque c'est ce taux qui a été appliqué en 1994 lors de la dévaluation du FCFA. Le montant de la dévaluation choisie est juste à titre illustratif et ne veut pas dire que c'est le taux approprié que nous proposons. Nous avons volontairement choisi un choc assez fort afin de pouvoir clairement identifier les impacts sur la variable dépendante.

Pour toutes les variables dans cette étude, le choc a lieu à la période 20 des projections (choix que nous avons fait, mais on peut prévoir le choc à n'importe quel moment), et on analyse son impact sur le PIB jusqu'à la période 40. Le tableau 6.1 présente les résultats de la simulation. Par défaut, dans la simulation, la moyenne de la variable dépendante (taux de croissance du PIB) est utilisée (rappelons que le taux de croissance a été transformé en indice base 100 en 2010 et son logarithme utilisé). Mais on aurait pu utiliser tout autre niveau de la variable dépendante. Avant le choc, le niveau de la variable dépendante ne change donc pas, puisqu'on suppose toutes choses égales. Le choc a lieu à la période 20, et ses effets ne commencent à se faire sentir sur le PIB qu'à la période 21 car les variables explicatives sont retardées.

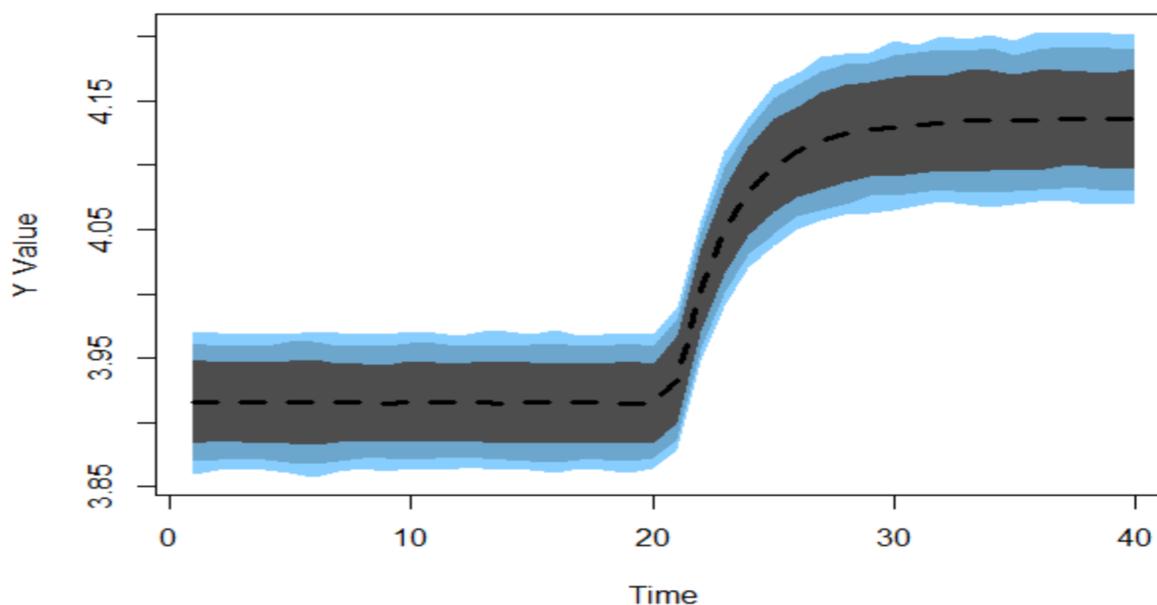
**Tableau VI-1: Impact d'un choc du TCR sur la croissance du PIB**

Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Niveau moyen de la variable dépendante	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Niveau moyen de la variable dépendante	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Niveau moyen de la variable dépendante	3.93	4.00	4.05	4.08	4.10	4.11	4.12	4.12	4.13	4.13
Période	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Niveau moyen de la variable dépendante	4.13	4.13	4.13	4.14	4.13	4.13	4.14	4.14	4.14	4.14

Source : auteurs

Une baisse de 50% du TCR à la période 20 (en orange) entraîne une hausse significative du taux de croissance du PIB progressivement, à partir de la période 21 (en vert). L'effet positif se poursuit environ une dizaine d'années avant de se stabiliser à un équilibre plus élevé qu'initialement. Au total, et toutes choses égales par ailleurs, le taux de croissance du PIB augmenterait de 5,4% environ, à la suite d'une chute du TCR de 50%.

**Figure VI-1: Simulation de l'impact d'une baisse du TCR sur la croissance du PIB**



Source : auteurs

## 6.2. Simulation 2: Baisse du taux de croit de la population de 30%

Une baisse du taux de croissance de la population de 30% (environ un tiers) ramènerait le niveau du taux de croissance de la population, d'environ 3% actuellement (2018), à un niveau autour de 2%, soit le niveau de la fin des années 70.

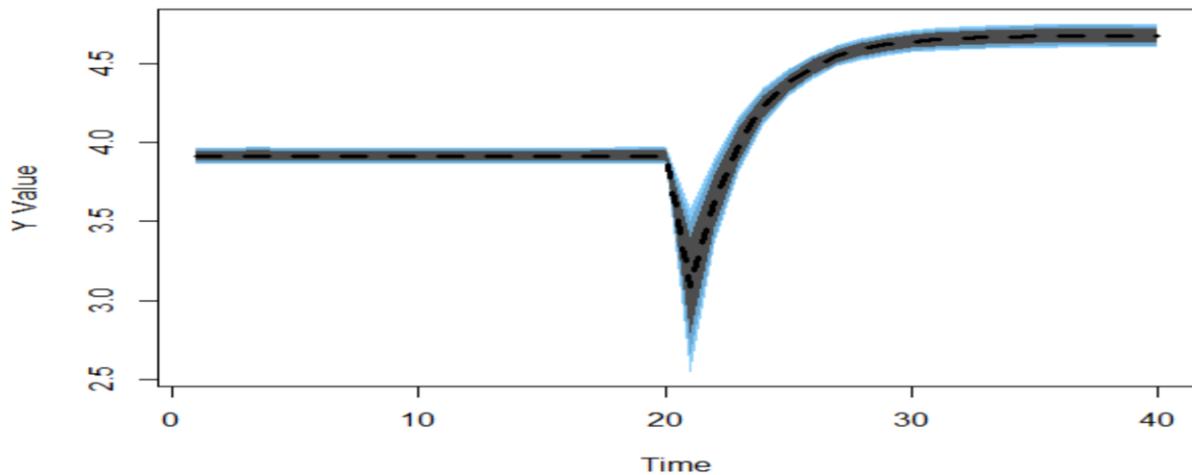
**Tableau VI-2: Impact d'un choc de la population sur la croissance du PIB**

Population										
Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Niveau moyen de la variable dépendante	3.91	3.91	3.92	3.92	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91
Période	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Niveau moyen de la variable dépendante	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Niveau moyen de la variable dépendante	3.09	3.63	3.99	4.23	4.38	4.48	4.55	4.59	4.62	4.64
Période	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Niveau moyen de la variable dépendante	4.65	4.66	4.67	4.67	4.67	4.67	4.68	4.68	4.68	4.68

Source : auteurs

On note un mouvement à double sens comme on peut le constater sur le graphique 6.2. A court terme, le PIB baisse initialement, mais se redresse rapidement pour s'équilibrer à un niveau supérieur au niveau initial d'avant choc. Ce double mouvement s'explique par la nature de la relation entre la croissance de la population et la croissance du PIB : Une relation directe à court terme, d'où la baisse du PIB, mais une relation inverse à moyen et long terme (dans la relation de cointégration). Au bout de vingt ans après le choc, le taux de croissance augmenterait de 1/5ème (environ 20%), simplement par une réduction de la natalité.

**Figure VI-2: Simulation de l'impact d'une baisse de la croissance de la population sur la croissance du PIB**



Source : auteurs

### 6.3. Simulation 3: Baisse du taux de scolarisation de 25%

A ce niveau. Il s'est agi d'estimer une baisse du taux de scolarisation et son impact sur la croissance du PIB, car la crise de la COVID-19 a indéniablement un impact sur la scolarisation des enfants. Nous avons choisi à cet effet une baisse de 25% du taux de scolarisation.

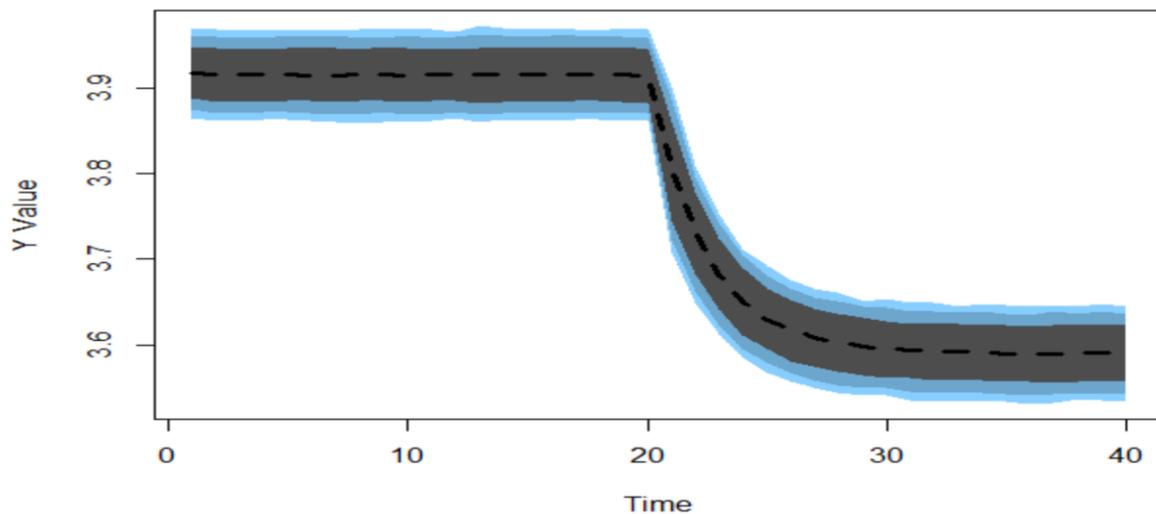
Les résultats des simulations laissent apparaître une baisse significative de la croissance du PIB. Au bout de 7 à 8 ans, la croissance du PIB se stabilise à un nouvel équilibre, en baisse de 8,4% par rapport à son niveau initial. Ces résultats mettent en exergue l'importance de la scolarisation dans le développement économique et social d'un pays.

**Tableau VI-3: Impact d'un choc du taux de scolarisation sur la croissance du PIB**

Scolarisation										
Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Niveau moyen de la variable dépendante	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Niveau moyen de la variable dépendante	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Niveau moyen de la variable dépendante	3.80	3.73	3.68	3.65	3.63	3.62	3.61	3.60	3.60	3.59
Période	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Niveau moyen de la variable dépendante	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59

Source : auteurs

**Figure VI-3: Simulation de l'impact d'une baisse du taux de scolarisation sur la croissance du PIB**



Source : auteurs

#### 6.4. Simulation 4 : Baisse de l'espérance de vie de 10%

L'espérance de vie est utilisée ici comme proxy pour l'état de santé d'une population. Elle se situe actuellement aux environs de 60 ans au Burkina. La régression économétrique fait apparaître une relation positive entre l'évolution de l'espérance de vie et la croissance économique. Nous avons choisi de tester une réduction de l'espérance de vie de 10%, à la suite de l'impact de la COVID 19. Ce niveau n'a pas été déterminé à partir d'études scientifiques, l'objectif est juste de vérifier l'impact sur la croissance économique d'une baisse de l'espérance de vie.

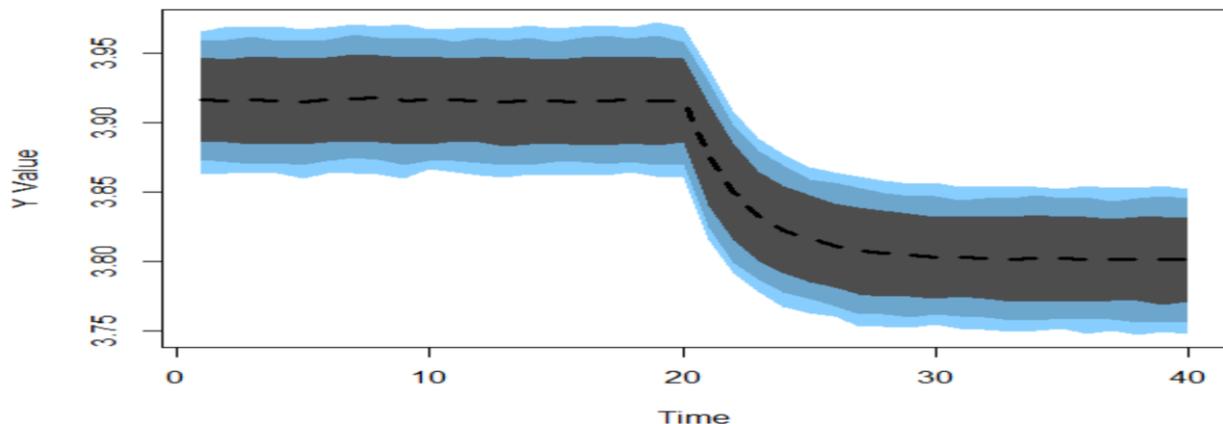
**Tableau VI-4: Impact d'un choc de l'espérance de vie sur la croissance du PIB**

Esperance de vie										
Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Niveau moyen de la variable dépendante	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Niveau moyen de la variable dépendante	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
Période	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Niveau moyen de la variable dépendante	3.88	3.85	3.83	3.82	3.82	3.81	3.81	3.81	3.80	3.80
Période	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Niveau moyen de la variable dépendante	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80

Source : auteurs

On note une baisse progressive du taux de croissance du PIB sur une dizaine d'années, avec une contraction cumulée de plus de 3% du taux de croissance. Une hausse de la mortalité due à la COVID 19, et donc une baisse de l'espérance de vie, aurait des conséquences sur la croissance économique.

**Figure VI-4: Simulation de l'impact d'une baisse de l'espérance de vie sur la croissance du PIB**



Source : auteurs

## 6.5. Simulation 5: Baisse des exportations de 10%

La maladie COVID 19 pourrait fortement impacter le niveau des exportations du Burkina, et ce de plusieurs façons. On sait que les sociétés minières ont été affectées, et l'or constitue de loin le premier produit d'exportation du Burkina (environ 70% des exportations en 2018, source IAP). De même, avec la fermeture prolongée des frontières, les produits de l'élevage, notamment le bétail, qui constitue le troisième produit d'exportation après l'or et le coton, ont été affectés. Enfin, on note également une forte chute des cours des produits de base, du fait de la chute de la demande mondiale. L'ensemble de ces éléments laisse entrevoir une possibilité de contraction des exportations en 2020, mais il est encore trop tôt pour pouvoir en évaluer l'ampleur, d'autant plus que l'année n'est pas terminée et que la propagation de la pandémie n'est pas maîtrisée.

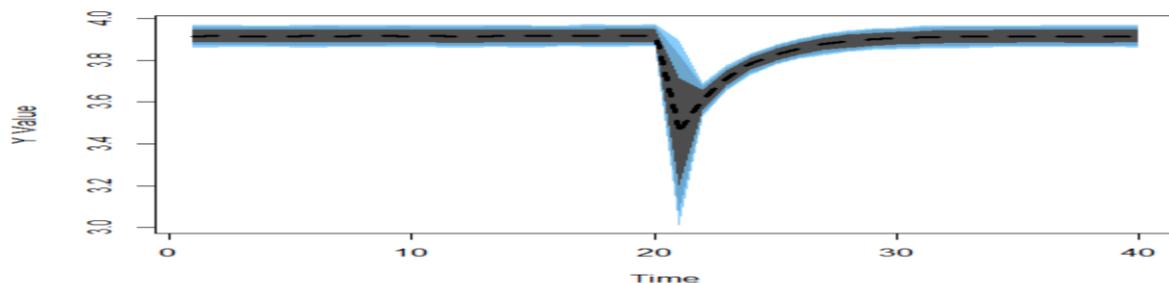
Sur cette base, nous avons fait une hypothèse moyenne de chute des exportations de 10% en 2020. Les résultats font ressortir une forte contraction du PIB d'environ 12%, mais qui revient progressivement à son niveau d'avant choc au bout d'une quinzaine d'années. Nous constatons ici que contrairement aux autres variables, il n'y a pas d'effet de long terme des exportations sur la croissance de PIB, l'effet est transitoire. Cela s'explique par le fait que, comme nous l'avions mentionné en examinant le résultat du modèle, la variable *exportation* n'est pas incluse dans la relation de long terme (cointégration), mais uniquement dans la relation de court terme.

**Tableau VI-5: Impact d'un choc des exportations sur la croissance du PIB**

<b>Exportations</b>										
<b>Période</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Niveau moyen de la variable dépendante</b>	3.91	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
<b>Période</b>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Niveau moyen de la variable dépendante</b>	3.92	3.91	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
<b>Période</b>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>Niveau moyen de la variable dépendante</b>	3.46	3.61	3.71	3.78	3.83	3.86	3.88	3.89	3.90	3.91
<b>Période</b>	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<b>Niveau moyen de la variable dépendante</b>	3.91	3.91	3.91	3.91	3.92	3.92	3.92	3.91	3.92	3.92

Source : auteurs

**Figure VI-5: Simulation de l'impact d'une baisse des exportations sur la croissance du PIB**



Source : auteurs

## Conclusion de la partie macroéconomique

Les résultats de l'étude macroéconomique font ressortir une relation robuste entre certaines variables économiques et sociales d'une part, et le PIB. Cinq variables sont ainsi en relation de long terme (cointégration) et/ou de court terme avec la croissance économique, notamment le TCR, la croissance de la population, le taux de scolarisation, l'espérance de vie à la naissance, et les exportations.

Certes, on aurait souhaité avoir plus de variables exogènes dans le modèle, afin d'avoir plus d'options de politique à simuler. Cependant, dans ce type de modélisation, avoir huit (8) régresseurs très significatifs<sup>18</sup> est en soi une bonne performance. Qui plus est, il ressort très fortement que les variables représentant le capital humain, notamment l'éducation et la santé (cette dernière étant mesurée par l'espérance de vie), sont très positivement corrélées au PIB.

La principale leçon à tirer de ces travaux est que la croissance de long terme est essentiellement tirée par des variables sociales et la compétitivité de l'économie, même si à court terme, les exportations jouent un rôle de premier plan dans la croissance économique. Dans la réponse à la COVID-19, il importe par conséquent que les autorités Burkinabè en tiennent compte, notamment en mettant en œuvre des mesures de politique visant à limiter la baisse, voire à booster les indicateurs des variables sociales.

---

<sup>18</sup> Il y a certes 5 variables exogènes, mais certaines y apparaissent en niveau et en différence, sans compter la variable endogène qui est aussi une variable explicative retardée.

## **Partie II : Microsimulation**

## VII- Microsimulation en temps continue

L'impact potentiel du COVID sur les individus et les ménages sera microsimulé en utilisant une microsimulation en temps continue, c'est-à-dire qui suit la population sur une certaine période, avec des hypothèses sur son évolution dans le temps.

Il existe plusieurs approches en matière de microsimulation, voir notamment Spielauer (2009) pour un état des lieux. Cependant, au vu de la spécificité de notre étude, nous avons estimés que les microsimulations en temps continue sont ceux qui s'adaptent les mieux à l'objet de notre étude.

### 7.1. Modèle de base

Pour ce faire, nous utiliserons le package *MicSim*<sup>19</sup> du logiciel **R**, largement modifié pour nos besoins spécifiques.

Le package **R** *MicSim* effectue des microsimulations en temps continu pour la projection de la population. Ses principaux ingrédients sont la population virtuelle et un modèle stochastique décrivant la dynamique du parcours de vie. La population virtuelle cartographie la composition et le développement de la population étudiée tout au long de la simulation. À chaque individu qui fait partie de la population virtuelle, un ensemble d'attributs démographiquement pertinents est attribué. Ces attributs peuvent changer au cours de la période de simulation. Pour décrire la dynamique du parcours de vie, des modèles stochastiques sont généralement appliqués.

Le package *MicSim* implémente deux classes de modèles stochastiques : les processus de Markov en temps continu non homogènes et les processus semi-Markoviens non homogènes. La première classe de modèles spécifie les événements du cours de la vie en fonction de l'âge et du calendrier. La deuxième classe de modèles postule en plus la dépendance à la durée : c'est-à-dire qu'elle suppose que la propension d'un individu à modifier son ensemble actuel d'attributs peut dépendre non seulement de son âge et du moment, mais aussi du temps écoulé depuis une dernière transition.

Une autre fonctionnalité utile du package *MicSim* est sa capacité à gérer les événements déterministes. En d'autres termes, le package permet à l'utilisateur de spécifier que certains événements se produiront avec une probabilité de un. Un exemple pertinent est l'inscription des enfants à l'école primaire l'année où ils atteignent un certain âge (cas des certains pays). Dans l'ensemble, nous constatons que le progiciel *MicSim* est capable de conduire des projections démographiques significatives à un niveau très fin.

La mise en œuvre du modèle *MicSim* nécessite un certain nombre d'intrants, notamment, la définition de l'espace des états possibles, l'horizon de la simulation et l'âge maximum que les individus de la population peuvent atteindre, la génération d'une population virtuelle, la modélisation des transitions entre les états, et enfin l'élaboration de la matrice de transition.

- **L'espace des états possibles**

En général, l'espace des états est défini par le problème étudié. L'espace des états comprend l'ensemble des différentes caractéristiques que peuvent avoir un individu au cours de sa vie : Naissance, mort, état matrimonial, revenu, lieu de résidence, niveau d'éducation, etc. Il y a des

---

<sup>19</sup>Zinn, Sabine (2014): "The MicSim Package of R: An Entry-Level Toolkit for Continuous-Time Microsimulation", International Journal of Microsimulation 7(3) 3-32

états non absorbants, c'est-à-dire des états dans lesquels l'individu peut se trouver à un moment donné, et les quitter à un autre moment, comme le lieu de résidence, le nombre d'enfants, le revenu, etc. Il y a en revanche d'autres états dits absorbants, qu'on ne peut plus quitter une fois que l'on s'y trouve, la mort par exemple.

- **L'horizon de simulation et l'âge maximum**

Chaque simulation dans le logiciel *MicSim* nécessite que l'on introduise un âge maximum possible pour chaque individu, ainsi que l'horizon temporel de la simulation.

- **Population virtuelle initiale**

La population virtuelle comprend l'ensemble des individus considérés dans la simulation. Les caractéristiques de cette population doivent refléter une population réelle. Par exemple, on créera une population virtuelle ayant les caractéristiques d'une population issue d'une enquête ménage par exemple, ou d'un recensement général de la population.

- **Modélisation des transitions**

Dans un modèle de microsimulation continue, le parcours de vie individuel est généralement spécifié par une séquence de transitions d'un état à un autre. Le parcours de vie d'un individu est décrit par un processus stochastique, généralement de la famille des processus markoviens.

Avant de pouvoir élaborer le parcours de vie, il est nécessaire de définir le profil de transition à appliquer dans la simulation. Il faut ainsi définir des fonctions de transitions pour chaque état, qui permettront de définir la façon dont on peut passer d'un état à un autre. Par exemple, sur la base d'une enquête, on peut définir la fonction qui permet de déterminer les naissances de façon la plus proche possible de la réalité.

- **Matrice de transitions**

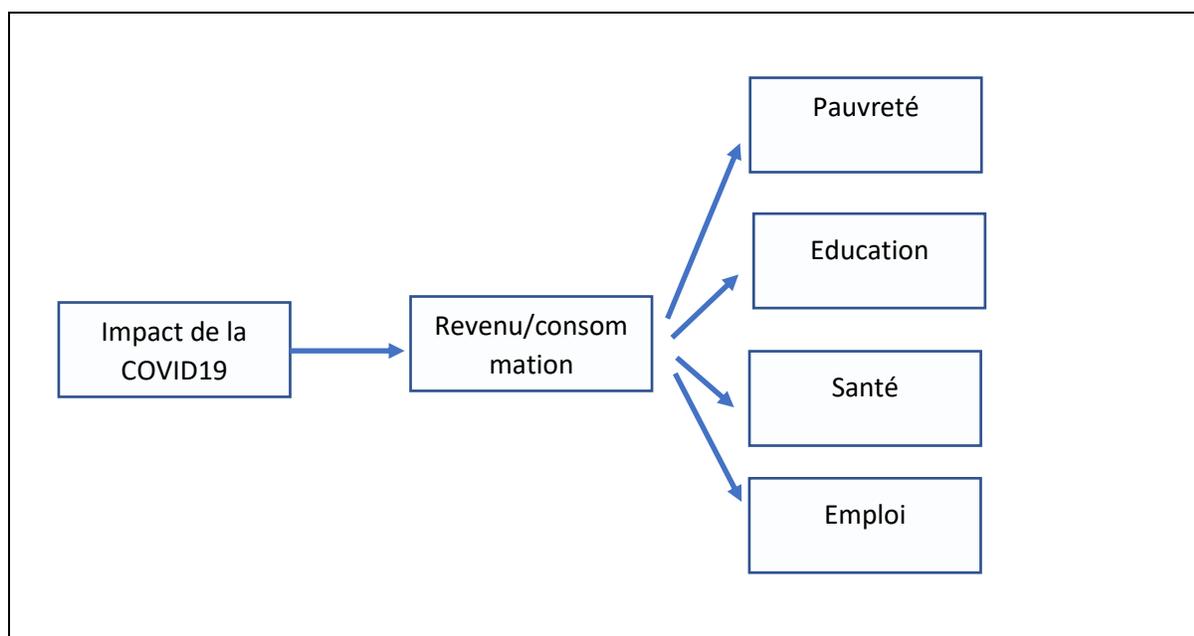
La matrice de transition donne les possibilités de transition d'un état à un autre. Elle nous donne la probabilité de rester dans un état donné, ou de passer d'un état  $x$  à un autre état  $y$ . La matrice de transition comprend autant de lignes et de colonnes que d'états possibles. La matrice de transition est la clé de voute d'un processus markovien. De la qualité de sa construction dépendra toute la précision de la simulation.

## 7.2. Adaptation du modèle *MicSim*

Afin de pouvoir effectuer la microsimulation a des fins utiles pour notre étude, nous avons apportés un certain nombre de modification au modèle *MicSim* de base.

Notre objectif pour cette microsimulation est de pouvoir simuler un impact de la COVID 19 sur les ménages et les individus. Pour ce faire, nous supposons que la COVID 19 se traduira par un impact négatif sur le revenu/consommation des ménages, ce qui aura des effets revenus sur les ménages en termes de niveau de pauvreté, scolarisation de leurs enfants, d'accès aux services sociaux essentiels, etc. Le mécanisme de transmission de l'impact de la COVID 19 sur les individus se fait donc essentiellement au travers d'un impact sur le revenu, et ses effets induits sur la situation et le comportement des individus.

**Figure VII-1: Microsimulation de l'impact de la COVID 19**



## VIII-Spécification du Modèle

### 8.1. Définition de la population virtuelle

Le logiciel *MicSim* réalise des microsimulations qui comprennent un modèle stochastique des comportements individuels et une population virtuelle. La population virtuelle comprend un ensemble d'individus comportant des attributs (date de naissance, fertilité, niveau d'éducation, etc.). Cette population est certes générée virtuellement, mais ses attributs correspondent à celle d'une population réelle. Dans notre étude, nous avons utilisés les caractéristiques issues de l'EMC 2014<sup>20</sup>.

Ainsi une population initiale virtuelle de 10.000<sup>21</sup> individus a été générée en respectant scrupuleusement le profil de la population issue de l'EMC 2014. Les caractéristiques retenues pour notre simulation sont les suivantes :

- 1 Le sexe (H/F)
- 2 Le lieu de résidence (urbain/rural)
- 3 L'état de pauvreté (pauvre/non pauvre)
- 4 La fertilité des femmes (afin de générer les futures naissances)
- 5 La mortalité
- 6 La fréquentation ou non de l'éducation primaire pour les enfants en âge de fréquenter le primaire
- 7 Le statut d'emploi (actif/non actif)
- 8 La fréquentation ou non des formations sanitaires

<sup>20</sup> Nous n'avons pas pu disposer des résultats d'une enquête plus récente, qui ne sont pas encore publiés

<sup>21</sup> Nous nous sommes limités à un échantillon virtuel de 10.000 individus, car au-delà, il devenait difficile de faire tourner le modèle du fait de sa lourdeur. Ce nombre est cependant assez grand, du reste peu d'enquêtes dépassent ce nombre d'individus

## 9 La pyramide des âges

Nous nous sommes limités à ces caractéristiques pour plusieurs raisons : D'abord, plus il y a des caractéristiques à modéliser, plus cela alourdit le modèle ; au-delà d'un certain nombre de paramètres (10 dans notre cas), le modèle n'est plus en mesure de générer des résultats, du fait de la grande taille des calculs à effectuer<sup>22</sup>. Par ailleurs, il n'a pas été possible de trouver certaines caractéristiques intéressantes dans l'EMC, notamment pour ce qui concerne la protection des enfants.

Certaines caractéristiques sont incontournables, comme le sexe, le lieu de résidence, la fertilité, la pyramide des âges et le taux de mortalité. Nous y avons ajouté celles qui nous ont paru les plus intéressantes, comme le niveau de pauvreté, le taux d'emploi, l'éducation primaire et la fréquentation des centres de santé. On aurait pu également ajouter des caractéristiques comme l'accès à l'eau potable, le statut nutritionnel des enfants, le statut matrimonial, etc., mais ce faisant, il aurait fallu abandonner d'autres caractéristiques comme la santé, l'éducation, etc., pour les raisons spécifiées supra et relatives à la trop grande taille des calculs à effectuer. Nous pensons avoir retenu les caractéristiques les plus intéressantes pour une étude de ce type.

### 8.2. Caractéristiques de la population initiale

Sur la base de l'EMC 2014, nous avons les principales caractéristiques suivantes :

#### i. Incidence pauvreté

Urbain: 13.7%

Rural: 47.5%

**National: 40.1%**

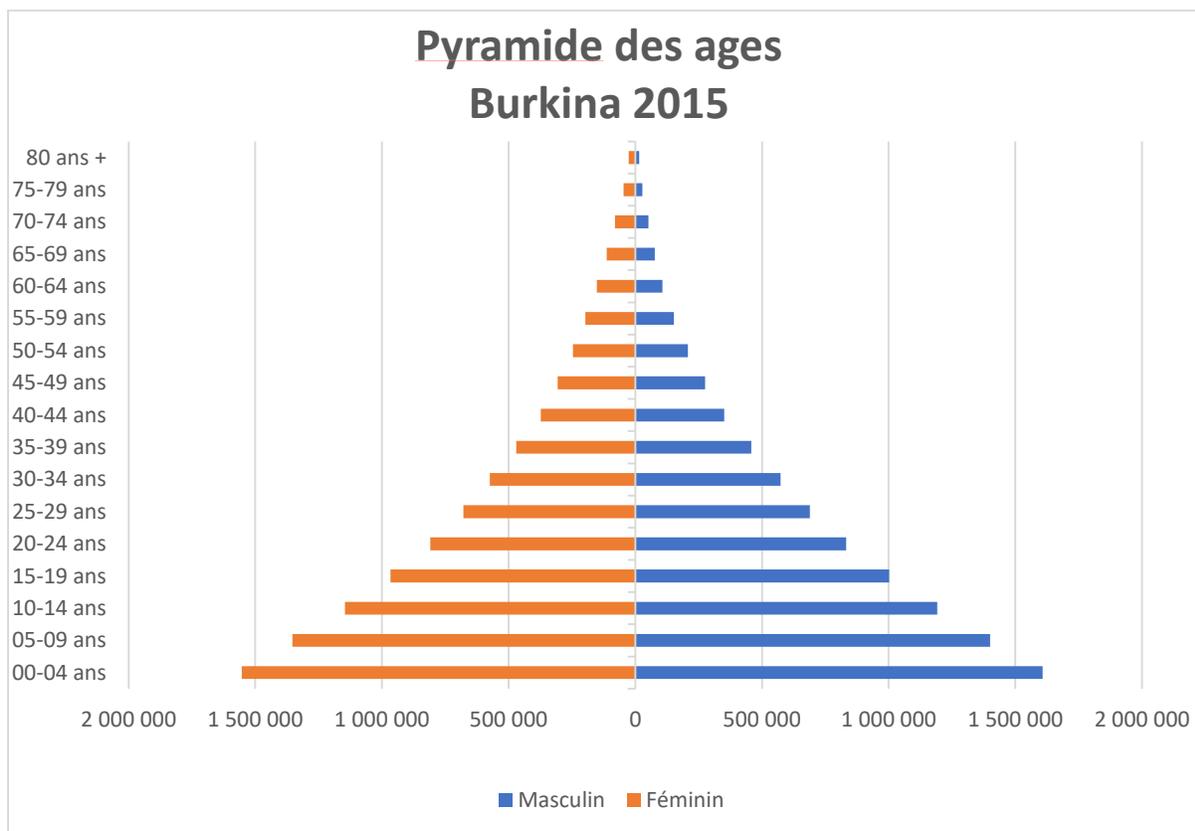
#### ii. Sexe et résidence

	<b>Masculin</b>	<b>Feminin</b>	<b>Total</b>
<b>National</b>	48.6	51.4	100
<b>Urbain</b>	50.0	50.0	22.7
<b>Rural</b>	48,6	51,4	77.3

---

<sup>22</sup> Cela pourrait être lié aussi à la capacité/puissance de notre ordinateur.

### iii. Pyramide des ages



Source : INSD

### iv. Taux net de fréquentation scolaire au primaire

National: 50.9

Urbain: 83.7

Rural: 45.2

### v. Taux de fréquentation des formations sanitaires

Très peu variable selon le sexe et le lieu de résidence. Taux national : 62.5%

### vi. Taux net d'activité (proportion des actifs dans la population en âge de travailler)

	Masculin	Féminin	Total
<b>National</b>	76.8	60.2	67.9
<b>Urbain</b>	71.7	58.1	64.8
<b>Rural</b>	78.9	61.0	69.0

Enfin, pour ce qui concerne les variables comme la fertilité et le taux de mortalité, qui n'existent pas dans l'EMC, nous avons utilisé d'autres sources de données, Banque mondiale notamment.

La population virtuelle initiale de 10.000 individus a ainsi été générée en respectant scrupuleusement les mêmes proportions. Les principales variables discriminantes sont

généralement le lieu de résidence et le niveau de pauvreté. Aussi, lorsque cela était possible, nous avons sous-échantillonné l'ensemble de la population virtuelle pour respecter ces proportions.

### 8.3. Espace des états

L'ensemble de l'espace des états comprend les états dans lesquels un individu peut se trouver au cours de sa vie. Dans notre cas, les états possibles comprennent :

- Le sexe
- Le lieu de résidence
- L'état de pauvreté
- Le statut de fertilité
- La mortalité
- La fréquentation du primaire
- Le statut d'emploi (actif/non actif)
- La fréquentation des formations sanitaires

Certains des états sont acquis à la naissance, comme le sexe. D'autres états, lorsqu'ils sont atteints, sont irréversibles, comme la mort : On dit que ce sont des états absorbants. Mais la plupart des états sont réversibles, c'est-à-dire qu'un individu peut être dans un état  $x$  aujourd'hui, puis le quitter pour être dans un autre état  $y$  demain. Ce sont des états non-absorbants.

Le modèle *MicSim* permet également d'inclure un état relatif au statut d'immigrant, c'est-à-dire que l'on peut inclure dans le modèle les migrations. Nous n'avons pas utilisé cette possibilité qui requière d'avoir des données fiables sur le sujet, et aussi cela ne nous paraissait pas très pertinent pour cette étude sur l'impact de la COVID 19.

### 8.4. Horizon de la simulation et âge maximum

Le modèle requiert que l'on introduise un âge maximum, ainsi que l'horizon de la simulation. Nous avons choisi comme âge maximum 90 ans (au-delà de cet âge, au Burkina, il y a très peu de survivants). Pour l'horizon de la simulation, nous avons choisi une période de simulation qui va du 01/01/2020 au 01/01/2025. Nous partons de janvier 2020 pour avoir une période avant COVID 19. La durée de la simulation de 5 ans a été choisie pour plusieurs raisons : D'abord, nous avons voulu évaluer les effets du COVID 19 sur une période relativement courte, mais étant donné que nous avons un modèle probabilistique, plus l'horizon est long et plus les résultats sont robustes. De même, plus la taille de l'échantillon est grande, plus les résultats sont fiables. Au total, nous avons donc dû faire un arbitrage entre la taille de l'échantillon, la durée de la simulation, le nombre d'états à retenir et les capacités de notre ordinateur !

On pourrait cependant aisément étendre la durée de la simulation à 10 voire 50 ans, mais cela soulève d'autres questions, notamment le fait que les probabilités de transitions sont fixes : Après une certaine période, il n'est pas raisonnable de supposer que toute chose est égale, et que les taux de transition d'un état à un autre puissent rester fixes sur plusieurs décennies. Cinq ans nous paraissent ainsi le meilleur compromis entre toutes ces contraintes.

### 8.5. Transitions et fonctions de transitions

Dans un modèle de simulation continue, les événements de vie d'un individu sont représentés par des séquences de transitions d'un état à un autre (ou d'événements). La propensité d'un individu de changer son état présent vers un autre dépend dans ce type de modèle de son âge, de la date, et aussi parfois de la durée dans l'état actuel.

Dans le modèle *MicSim*, les évènements de vie sont réalisés en combinant des processus de Markov non-homogènes et en temps continue avec des processus semi-markovien<sup>23</sup>.

Toutes les fonctions de transition doivent être fournies dans *MicSim*. Mais avant de spécifier les fonctions de transition, il importe de spécifier d'abord les transitions possibles.

Dans notre étude, les transitions possibles sont les suivantes :

Tout d'abord, certains états n'ont pas de transition. C'est notamment le cas du sexe, qui est acquis à la naissance. Dans notre modèle, nous avons également supposé qu'il n'y a pas de transition entre les lieux de résidence (urbain et rural). En d'autres termes, les individus ne changent pas de lieu de résidence en passant du milieu rural au milieu urbain, et vice-versa. Cette simplification a été faite uniquement afin d'alléger le modèle, et nous estimons qu'elle n'est pas fondamentale dans notre modèle qui ne dépasse pas un horizon de 5 ans.

- **Transition entre Pauvre et non Pauvre**

On suppose qu'un individu pauvre actuellement (P), peut devenir non pauvre (NP) et vice-versa, un non pauvre pouvant tomber dans la pauvreté. Nous avons donc la transition **P->NP** qui indique la possibilité de passer d'un état de pauvreté à celui de non pauvre, et également la transition **NP->P**, qui est le passage d'un état de non pauvre à pauvre.

- **Transition entre scolarisé et non scolarisé**

Pour l'éducation, nous avons retenu uniquement le niveau primaire, afin de ne pas trop alourdir le modèle. Les transitions suivantes sont possibles :

**no->low**, qui indique un passage entre une situation de non scolarisation (no) à une situation de scolarisation au primaire (low pour niveau d'éducation primaire).

**low->no**, qui indique une transition d'un état de scolarisation au primaire à un état de non scolarisation.

Naturellement, pour la transition en matière d'éducation primaire, seule la tranche d'âge 7-13 ans est concernée. En d'autres termes, si l'individu a moins de 7 ans, son état de scolarisation au primaire est forcément no, de même, s'il a plus de 13 ans, son état de scolarisation au primaire est no.

- **Transition en matière d'emploi**

Un individu peut passer d'un état d'actif à celui d'inactif, et vice-versa. On a ainsi :

**actif->inactif**

**inactif->actif**

- **Transition en matière de santé**

Rappelons qu'en matière de santé, faute de données disponible, nous avons utilisé le taux de fréquentation des formations sanitaires. La transition consiste ainsi à passer d'une situation où l'individu fréquente les formations sanitaires (fr), à une autre situation où il ne les utilise plus (nfr), et vice versa.

**fr->nfr**

---

<sup>23</sup> Voir Zinn (2014)

## **nfr->fr**

- **Transition en matière de fertilité**

Cette transition consiste pour une femme, à passer de 0 enfants à 1 enfants, ou d'un enfant à un autre enfant. On ainsi :

**0->1+** : Passage de 0 à au moins 1 enfants

**1+>1+** : passage d'au moins 1 enfant à un autre enfant.

- **Transition vers la mort**

La transition vers la mort étant sans retour, il suffit de déterminer une fonction de mortalité.

Pour chaque transition d'un état à un autre, l'utilisateur doit spécifier une fonction qui permet de déterminer les taux de transition correspondants. Ces fonctions varient selon les transitions : par exemple, la fonction de transition de pauvre à non pauvre n'est pas la même que celle qui spécifie la transition de non pauvre à pauvre. C'est à l'utilisateur, sur la base de sa connaissance du contexte, d'études existantes, et d'estimations propres, de déterminer ces taux de transition. C'est le cœur de la modélisation, car une mauvaise spécification des fonctions de transition entraînerait des résultats aberrants. Généralement, après avoir estimé ces fonctions de transition, on les teste en réalisation des simulations, afin de s'assurer du réalisme des résultats obtenus.

## **8.6. Simulations**

Une fois l'ensemble de l'information disponible, le modèle est alors en mesure de réaliser la simulation. Il faut notamment :

- La population initiale
- L'âge maximum
- L'horizon de simulation
- L'espace des états absorbants (mort) et non absorbants
- Les transitions possibles entre états
- Les fonctions de transition

## **IX- Résultats des microsimulations**

Nous avons réalisé deux scénarios, un scénario de base, tendanciel, et un scénario impacté par la COVID. La différence entre les deux scénarios nous donne ainsi l'impact de la COVID 19. Etant donné que la dernière enquête ménage remonte à 2014, nous avons fait l'hypothèse simplificatrice que la situation de 2014 peut se ramener en janvier 2020. Dans tous les cas, ce sont les variations qui sont les plus importantes, et non les niveaux absolus, et donc cela n'a aucun impact sur notre analyse car nous allons comparer des évolutions entre scénario de référence et scénario d'impact.

### **9.1. Scénario de base**

Dans le scénario de base nous avons défini des fonctions de transition qui maintiennent globalement les mêmes caractéristiques de la population en 2025 que celles de la population initiale. En d'autres termes, nous avons maintenu les caractéristiques de la population initiale.

Ci-dessous les principaux résultats de la simulation du scénario de référence sur 5 ans (voir annexe pour plus de détails) :

- Période de projections : 01/01/2020 au 01/01/2025
- Population initiale : 10.000
- Nombre de morts : 614
- Nombre de naissances : 2.480
- Population finale : 11.866
- Incidence de la pauvreté : 40.1%
- Taux de scolarisation au primaire : 51.7%
- Pourcentage de femmes dans la population totale : 50.8
- Proportion population rurale : 76.0%
- Taux d'activité : 63.4%
- Taux de fréquentation des formations sanitaires : 62.8%

## 9.2. Scénario à impact COVID

L'élaboration du scénario à impact COVID 19 s'est fait en fonction de plusieurs éléments :

Tout d'abord, et comme indiqué supra, le principal mécanisme de transmission de l'impact de la COVID 19 sur les autres variables se fait essentiellement par l'intermédiaire du revenu/consommation des ménages. Plusieurs études ont fait ressortir que l'impact de la COVID 19 pourrait se traduire par une réduction de la croissance du PIB au Burkina, allant jusqu'à quatre points du PIB (de 6% l'an en moyenne à 2%)<sup>24</sup>.

Cet impact sur la croissance, et donc sur la consommation et les revenus, se répercutera sur les comportements des ménages, qui adopteront des stratégies d'adaptation, souvent néfastes. On estime qu'il y a deux principaux effets en cas de hausse ou de baisse du revenu : un effet direct ou distributionnel (hausse ou baisse du revenu) et un effet comportemental (adaptation de l'individu au changement du revenu). En cas de baisse des revenus des ménages, particulièrement pour les plus pauvres, on peut s'attendre à une baisse des fréquentation scolaires et sanitaires, à une hausse de la pauvreté, à une baisse du taux d'activité, toutes choses qui viennent aggraver et amplifier le problème initial.

### **Protection sociale et développement socio-économique**

« ...Premièrement, des revenus supplémentaires et / ou sûrs encouragent les ménages à investir dans la santé, l'éducation, le bien-être des enfants et les moyens de subsistance et les activités productives. L'amélioration de l'état de santé, de l'éducation et du bien-être des enfants augmente le niveau du capital humain, tandis que les moyens de subsistance et les investissements productifs augmentent le capital physique. Par conséquent, la productivité du travail augmente, ce qui revient à un revenu disponible plus élevé, créant un cercle vertueux de développement économique au niveau micro.

Deuxièmement, les variations du revenu disponible affectent les décisions relatives au travail (offre de main-d'œuvre). En outre, les transferts peuvent générer l'opportunité de reprendre un travail (par exemple, couvrir les frais de transport et réduire les contraintes financières) ou passer à un autre type de travail car la personne peut se permettre des périodes de recherche plus longue. »

Mideros et *al.*(2012)

<sup>24</sup> Table ronde du Cercle d'Etudes Afrique-Mondes (CEDAM) tenue le 2 juin 2020.

Il existe de nombreuses études montrant les liens entre revenu et accès à l'emploi et aux services sociaux de base. Même si la majorité de ces études portent sur une hausse des revenus et les impacts positifs qui s'en suivent dans le cadre de la protection sociale, a contrario, on peut supposer les mêmes effets mais en sens inverse en cas de baisse du revenu.

Cet encadré ci-dessus qui vaut pour le cas d'un accroissement du revenu, sera inversé dans le cas d'une baisse du revenu : risque de déscolarisation des enfants, baisse de la fréquentation des formations sanitaires, baisse des activités productives, etc. Nos hypothèses de simulation du scénario d'impact se fondent donc sur cette logique.

Afin de déterminer l'ampleur de la baisse du PIB sur les fonctions de transition, nous avons examiné la littérature et les études réalisés dans d'autres pays, et effectués quelques régressions logistiques, liant le revenu aux variables d'intérêt, afin de tester l'ampleur de cette relation. Cela nous a permis de calibrer le modèle.

« Il existe un accord général sur le lien entre croissance économique et réduction de la pauvreté. Une étude utilisant un échantillon de 96 pays en développement sur la période 1998-2008, a estimé une élasticité moyenne croissance économique/réduction de la pauvreté de -1,0 pour les pays en développement. Cela signifie qu'une augmentation de 1% du revenu moyen est liée à une réduction de 1% de la pauvreté. Cependant, l'effet diffère selon les pays. Une autre étude estime une élasticité de -1,0 pour les pays d'Asie de l'Est et du Pacifique, suivis des pays d'Amérique latine (-0,73), des pays d'Asie du Sud (-0,59) et des pays d'Afrique subsaharienne (-0,49) (Besley et Burgess, 2003) »<sup>25</sup>.

De même, il existe de nombreuses études montrant les liens entre variation du revenu et accès aux services sociaux de base<sup>26</sup>.

### 9.3. Résultats et analyses

La simulation du scénario de référence s'est faite sous les hypothèses suivantes :

- Tout d'abord, nous avons gardé inchangé, dans les deux scénarios, les fonctions de transition pour ce qui concerne la fertilité et la mortalité. Nous ne croyons pas qu'il y ait un impact significatif sur ces variables. On note en effet très peu de morts dues directement à la COVID 19 au Burkina Faso. Quant à la fertilité des femmes, nous avons encore moins de raison de croire que la COVID 19 y a eu un impact.
- Nous avons également gardé inchangé la répartition entre urbain et rural, de même qu'entre hommes et femmes. Même si les résultats font ressortir de légères différences entre le scénario de référence et le scénario d'impact pour ces grandeurs dont nous n'avons pas changé les fonctions de transition, cela résulte uniquement de la nature stochastique du modèle : En faisant tourner le même modèle sans rien y changer, on obtient des résultats légèrement différents, du fait uniquement que les fonctions utilisées sont stochastiques.
- Les fonctions de transition des autres variables, notamment la pauvreté, l'éducation de base, le taux d'activité et la fréquentation des formations sanitaires ont été modifiées, pour tenir compte de l'impact de la COVID.
- Enfin, nous avons fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de mesures prises pour réduire les impacts de la COVID 19.

---

<sup>25</sup> Mideros et al.

<sup>26</sup> Mideros et al.

Le scénario d'impact de la COVID donne les résultats synthétiques suivants (voir annexe pour plus de détails) :

- Période de projections : 01/01/2020 au 01/01/2025
- Population initiale : 10.000
- Nombre de morts : 590
- Nombre de naissances : 2.466
- Population finale : 11.876
- Incidence de la pauvreté : 46.9%
- Taux de scolarisation au primaire : 48.4%
- Pourcentage de femmes dans la population totale : 51.1
- Proportion population rurale : 76.7%
- Taux d'activité : 58.0%
- Taux de fréquentation des formations sanitaires : 58.7%

On note aisément la dégradation des indicateurs par rapport à ceux du scénario de base :

**Tableau IX-1: Comparaison entre scénario de référence et scénario d'impact de la COVID**

<b>Intitulé</b>	<b>Scénario de référence A</b>	<b>Scénario d'impact B</b>	<b>Ecart A-B</b>
Période de projections	01/01/2020 au 01/01/2025	01/01/2020 au 01/01/2025	
Population initiale	10.000	10.000	0
Nombre de morts	614	590	
Nombre de naissances	2.480	2.466	
Population finale	11.866	11.876	
Incidence de la pauvreté	40.1%	46.9%	Hausse de 6.8 points
Taux net fréquentation au primaire	51.7%	48.4%	Baisse de 3.3 points
Pourcentage de femmes dans la population totale	50.8%	51.1%	Hausse 0.3 points
Proportion population rurale	76.0%	76.7%	Hausse de 0.7 points
Taux d'activité	63.4%	58.0%	Baisse de 5.4 points
Taux de fréquentation sanitaire	62.8%	58.7%	Baisse de 4.1 points

**On note ainsi que la totalité des variables d'intérêt, à savoir l'incidence de la pauvreté, la fréquentation scolaire, la fréquentation sanitaire et l'emploi se dégradent nettement. L'incidence de la pauvreté passe ainsi de 40.1% dans le scénario de base à 46.9% dans le scénario à impact COVID.**

De même, les taux de fréquentation scolaire et sanitaire se dégradent, reflétant aussi bien la baisse des revenus des ménages (effets directs) que des stratégies d'adaptation des ménages (coûts d'opportunité par exemple). Enfin, le taux d'activité aussi fléchit du fait du ralentissement général de l'activité économique, des mesures barrières prises, etc.

Rappelons que les projections du modèle portent sur l'horizon sur 2025, ce qui veut dire que nos résultats sont ceux atteints au bout de cinq ans, en l'absence de toute politique de mitigation spécifique. On pourrait faire tourner le modèle sur une période plus courte, ou plus longue. Mais comme spécifié supra, par la nature stochastique du modèle, une période trop courte ne permet pas d'avoir des résultats fiables, alors que pour une période trop longue, la fixité des taux de transition poserait un problème.

Chaque individu de l'échantillon étant doté d'un identifiant unique, on peut le suivre de manière spécifique, et voir tous les états qu'ils traversent sur l'ensemble de la période de projection. Ainsi un même individu peut connaître plusieurs transitions, ou bien ne connaître aucune transition.

Le tableau ci-dessous donne les résultats de la simulation (scénario de référence) pour les cinq (5) premiers individus (ID 1 à 5).

L'individu ayant l'ID 3 (surligné en jaune) a connu trois transitions au cours de la période de simulation (2020 à 2025), matérialisées par 3 lignes pour le seul ID. Elle est née le 10 avril 2001 (birthDate), a connu trois transitions au cours de la période (ns=3), est de sexe féminin (sex=f), vit en milieu urbain (Resi=ur), n'est pas au primaire (edu=no), est inactive (emploi=inactif), a eu un enfant le 01 janvier 2021 (OD=1+->1+), a eu un second enfant le 14 août 2024 (seconde ligne), et le 1<sup>er</sup> janvier a été censurée (3eme ligne, du fait de la fin de la période de projection).

Tstart et Tstop marquent le début et la fin de chaque épisode de transition. Status Entry et Status Exit indiquent si l'entrée dans un épisode a été observé.

**On peut ainsi suivre la trajectoire individuelle des plus de 11.000 individus de chacun des deux scénarios. C'est ce qui fait la force et l'intérêt des modèles de microsimulation.**

**Tableau IX-2: Trajectoires individuelles**

ID	birthDate	Tstart	Tstop	status Entry	status Exit	OD	ns	Episode	sex	Resi	Pauv	fert	edu	emploi	health
1	10/Jun/2008	01/Jan/2020	01/Jan/2025	0	0	cens	1	1	f	ur	NP	0	no	inactif	fr
2	27/Dec/2019	01/Jan/2020	08/Jun/2020	0	1	dead	1	1	m	ru	P	0	no	inactif	fr
3	10/Apr/2001	01/Jan/2020	01/Jan/2021	0	1	1+->1+	3	1	f	ur	NP	1+	no	inactif	fr
3	10/Apr/2001	01/Jan/2021	14/Aug/2024	1	1	1+->1+	3	2	f	ur	NP	1+	no	inactif	fr
3	10/Apr/2001	14/Aug/2024	01/Jan/2025	1	0	cens	3	3	f	ur	NP	1+	no	inactif	fr
4	01/May/2006	01/Jan/2020	14/Dec/2022	0	1	NP->P	2	1	m	ru	NP	0	low	inactif	fr
4	01/May/2006	14/Dec/2022	01/Jan/2025	1	0	cens	2	2	m	ru	P	0	low	inactif	fr
5	08/May/2011	01/Jan/2020	01/Jan/2025	0	0	cens	1	1	m	ru	P	0	no	inactif	nfr

On peut également faire des analyses par sous ensemble de la population, par exemple en se focalisant sur les enfants de moins de 5ans, sur les plus de 60 ans, etc., et voir spécifiquement ce qui arrive à chacun de ces sous-groupes.

## **Conclusion sur la partie relative à la microsimulation**

Il ressort de cette partie relative à la microsimulation que la maladie COVID 19 aura un impact fort et certain sur les niveaux de pauvreté, sur l'accès aux services sociaux de base (éducation et santé notamment), sur l'emploi, etc.

L'incidence de la pauvreté s'accroîtrait de près de 7 points, pour toucher 47% de la population en 2025, contre 40% avant la COVID, toutes choses égales par ailleurs. Les taux de fréquentation des formations sanitaires baisseraient de plus de 4 points de pourcentage, le taux d'activité (pourcentage de la population ayant une activité) fléchirait de 5,4 points, et le taux net de fréquentation au primaire déclinerait de 3,3 points.

Il importe par conséquent de prendre des mesures spécifiques pour aider les ménages, particulièrement les plus vulnérables.

## Conclusion générale et recommandations

### Priorités

Au terme de cette étude, on voit apparaître le lien entre la modélisation macroéconomique et la microsimulation. La première a fait ressortir les variables qui impactaient le plus la croissance de court et surtout de long terme, notamment l'éducation, la santé et la croissance démographique. La microsimulation quant à elle a montré qu'au niveau individuel, la COVID-19 entrainerait une déscolarisation au primaire, une baisse de la fréquentation des formations sanitaires, un accroissement de la pauvreté des ménages, une hausse du chômage, etc.

Ainsi il ressort que les domaines les plus touchés par la pandémie, tel qu'ils ressortent de la microsimulation, sont également ceux qui ont le plus d'impact sur la croissance de long terme, à savoir notamment l'éducation et la santé. Il importe par conséquent de prendre des mesures urgentes et ambitieuses en la matière.

La priorité est ainsi de prendre des mesures afin de favoriser la scolarisation des enfants, même dans ces périodes difficiles, d'aider les ménages, particulièrement les plus vulnérables, à avoir un accès accru aux services de santé, et enfin à œuvrer pour la réalisation du dividende démographique. Ces trois facteurs (éducation, santé, démographie) sont en effet au cœur de la problématique de croissance de long terme du Burkina, mais aussi sont fortement affectés par cette crise de la COVID 19.

Il importe de prioriser les femmes et les enfants, car ils sont au centre de la problématique : Quand on parle de scolarisation au primaire, de fréquentation des formations sanitaires ou de taux de natalité, on fait immédiatement référence aux enfants et aux femmes.

En période de choc, comme c'est le cas actuellement avec la COVID-19, l'instrument le plus rapide à mettre en œuvre et ayant les effets les plus immédiats est la protection sociale. La protection sociale est l'outil de prédilection pour faire face à des chocs, qu'ils soient covariants ou idiosyncratiques. Au sein des outils de protection sociale existant, les transferts monétaires nous paraissent être le meilleur instrument. En permettant aux ménages les plus vulnérables de disposer d'un revenu minimum, on limite ainsi la baisse des revenus des plus pauvres, et on pourrait retrouver le cercle vertueux d'accroissement des revenus, d'investissement dans le capital humain et de croissance économique.

Le Dividende Démographique représente quant à lui la promesse d'un gain en croissance économique et en richesse pour un pays provenant : i) d'une main d'œuvre abondante et productive par rapport à la population dépendante (enfants et personnes âgées) ; ii) employée dans des métiers dignes et de haute valeur ajoutée. Une condition importante pour la réalisation du dividende démographique est le passage à la phase 2 de la transition démographique, caractérisée par une baisse continue de la mortalité (notamment des jeunes enfants) et une baisse du taux de natalité et de l'indice synthétique de fécondité, toutes choses qui entraineraient un ralentissement de la croissance démographique et boosterait la production et la croissance économique. Au vu de l'importance de la question démographique dans la croissance de long terme du Burkina, un ensemble de mesures doivent être mises en œuvre pour la réalisation du dividende démographique.

Au Burkina, l'âge médian est de 16 ans, ce qui implique un fort ratio de dépendance, proche de 100%. C'est-à-dire que ceux qui ne sont pas en âge de travailler sont aussi nombreux que ceux qui sont en âge de travailler (15-60 ans selon les normes internationales). Cela représente des défis importants en termes d'éducation, de santé, d'alimentation, d'emploi, etc. Des facteurs comme les

pesanteurs socioculturelles (mariage précoce, non-maîtrise de la planification familiale, faible taux de scolarisation, notamment chez les filles) contribuent à la forte croissance démographique. De plus, cette croissance démographique entraîne une pression accrue sur les ressources naturelles et un environnement déjà fragile, ce qui aggrave les effets des changements climatiques et augmente la vulnérabilité des ménages concernés.

Une étude de UNFPA (2017), portant sur les pays du Bassin du Lac Tchad (Cameroun, Niger, Nigeria et Tchad), a montré une corrélation forte entre certaines variables démographiques et l'insécurité, les conflits, et la pauvreté<sup>27</sup>. Sur la base d'un échantillon de pays choisis à travers le monde, l'étude montre que la survenue de conflits armés ou de crises sécuritaires est liée à une dynamique démographique incontrôlée qui n'a pas été suffisamment prise en compte dans les politiques et programmes nationaux de développement. En conclusion, il apparaît qu'une forte croissance démographique se traduit par des niveaux de pauvreté et d'insécurité, proportionnels à son ampleur. C'est dans les pays où les ratios de dépendance des jeunes sont élevés que le niveau de pauvreté et d'insécurité l'est également.

### Recommandations

- Mettre en œuvre rapidement des programmes de transferts monétaires pour les couches les plus vulnérables, en ciblant les femmes ayant des enfants de moins de 16 ans comme bénéficiaires, afin de toucher la tranche des enfants en âge d'aller à l'école (âge scolaire obligatoire jusqu'à 16 ans). Ces programmes devraient comporter des mesures d'accompagnement pour inciter les ménages bénéficiaires à investir dans le développement humain, notamment en éducation, en santé, en planification familiale, et en activités génératrices de revenus. La hausse des revenus des ménages bénéficiaires qui en résulterait permettrait de compenser en partie les pertes de revenus liées à la COVID 19, et permettre ainsi de retrouver un cercle vertueux ;
- Opérationnaliser la couverture maladie universelle, en rendant opérationnelle la caisse nationale d'assurance maladie universelle (CNAMU), ce qui faciliterait l'accès de tous et de façon équitable aux services de santé ;
- Améliorer l'employabilité des jeunes, en leur fournissant un soutien financier pour l'apprentissage, la formation professionnelle et le développement des compétences, afin d'accroître leur chance de trouver un emploi et/ou de favoriser leur auto-emploi ;
- A l'image du projet SWEED<sup>28</sup>, créer une demande pour les produits et services de santé reproductive, maternelle, néonatale, infantile et nutritionnelle en favorisant le changement social et de comportement, et l'autonomisation des femmes et des adolescentes ;
- Adopter des politiques macroéconomiques favorables à la croissance (politiques de type relances keynésiennes), même si cela devrait se faire momentanément au dépend de l'orthodoxie monétaire et financière.

---

<sup>27</sup> UNFPA (2017) : *Dynamique démographique et la crise dans les pays autour du Lac Tchad*, Bureau Régional pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre

<sup>28</sup> Le projet pour l'Autonomisation des Femmes et le Dividende Démographique au Sahel (SWEED) a pour objectif d'accélérer la transition démographique afin de créer des conditions de la réalisation du dividende démographique et la réduction des inégalités entre les sexes dans la région du Sahel. L'objectif global de cette initiative est d'accélérer la transition démographique, de déclencher le dividende démographique et de réduire les inégalités de genre dans la région du Sahel.

## Bibliographie

- Afonso, A. et Furceri, D. (2010): “Government Size, Composition, Volatility and Economic Growth”, *European journal of Political Economy*, Vol. 26, No. 4, pp. 517-532.
- Asemota, Omorogbe Joseph and Adejumo Oluwasegun Agbailu (2017): “Structural Breaks and Unit Root in Macroeconomic Time Series: Evidence from Nigeria”, *Sri Lanka Journal of Applied Statistics*, Vol (18-1)
- Arnold, J., A. Bassanini, S. Scarpetta (2007), “Solow or Lucas?: Testing growth models using panel data from OECD countries”, *OECD Economics Department Working Paper No. 592*.
- Baldi, Anne-laure and Nanno Mulder (2004): “The impact of Exchange Rate Regimes on Real Exchange Rates in South America, 1990-2002”, *OECD, Economics Department Working Papers No 396*, <http://www.oecd.org/eco>.
- Banque mondiale (2020): “Evaluation de l’impact économique du COVID 19 et des Réponses Politiques en Afrique Subsaharienne”, *Africa Pulse*, volume 21, Avril
- Barro, R.J. (2015), "Convergence and modernisation", *Economic Journal*, 125 (June), 911-942
- Cournède B. and O. Denk (2015), “Finance and economic growth in the OECD and G20 countries”, *OECD Economics Department Working Paper No. 1223*.
- Bationo, R. et H. Hounkpodote (2010): “hétérogénéité de la causalité entre dépenses publiques et croissance économique dans les pays de l’UEMOA: quelles implications pour la coordination des politiques budgétaires?”, *MPRA Paper*, No. 26027, 21p.
- Belloumi, Mounir (2012) : “The relationship between Trade, FDI and Economic growth in Tunisia: An application of autoregressive distributed lag model”, *University of Sousse*.
- Blanchet, Didier, Hagneré Cyrille, Legendre François, Thibault Florence (2015): « Introduction. Microsimulations statique et dynamique appliquées aux politiques fiscales et sociales : modèles et méthodes » In: *Economie et statistique*, n°481-482, 2015. *Microsimulation appliquée aux politiques fiscales et sociales*. pp. 5-30.
- Blanchet, Didier (2014) : *La microsimulation dynamique : principes généraux et exemples en langage R*, Document de travail M 2014/01, INSEE, Paris.
- Bloomfield Intelligence (2020): “L’impact du COVID-19 sur la zone UEMOA”, *Bloomfield House, Cocody, Abidjan, Côte d’Ivoire*. [www.bloomfield-investment.com](http://www.bloomfield-investment.com).
- Cheng, S. et Wei, T. (1997): “Government Expenditures and Economic Growth in South Korea: A VAR Approach”, *Journal of Economic Development*, Vol.22, N°1, p. 11 -24.
- Cogneau, Denis, Michael Grimm, and Anne-Sophie Robilliard (2003): “Evaluating poverty reduction policies. The contribution of micro-simulation techniques”, Published in: J.-P. Cling, M. Razafindrakato and F. Roubaud (Eds.), *New International Poverty Reduction Strategies* (pp. 340-370), London: Routledge Books, 2003.
- D’Orazio, Marcello (2017): *Statistical Matching and Imputation of Survey Data with StatMatch*”, [https://cran.r-project.org/web/packages/StatMatch/vignettes/Statistical\\_Matching\\_with\\_StatMatch.pdf](https://cran.r-project.org/web/packages/StatMatch/vignettes/Statistical_Matching_with_StatMatch.pdf).

- Dumont, J-C, Mesple-Soms S. (2000) : “L’Impact des Infrastructures Publiques sur la Compétitivité et la Croissance : une analyse en EGC appliquée au Sénégal“, DIAL, DT/2000/08.
- Égert, B. and P. Gal (2016): “The quantification of reforms: a new framework”, OECD Economics Department Working Paper (forthcoming).
- Egert, B., Peter Gal and Isabelle Wanner (2017): Structural Policy Indicators Database for Economic Research (SPIDER), OECD Economic Department Working papers No. 1429.
- Enders, Walter(2004): “Applied Econometric Time Series”, Second edition, Wiley.
- Fatih, Chellai (2019): Markov Chain Analysis With R: A Brief Introduction, Technical Report January, Ferhat Abbas University of Setif
- FMI (2020): “Afrique subsaharienne : COVID-19: une menace sans précédent pour le développement”, Perspectives économiques régionales, Avril
- Ghali, K., (2000): “Export Growth and Economic Growth: The Tunisian experience”, Journal of King Saud University, Administrative Sciences, Vol.12, N°2, p.127-140.
- Ghura, D.et M. Hadjimichael (1996), “Growth in Sub-Saharan Africa”, IMF Staff Papers, vol. 43, n° 3, p. 605-631.
- INSD (2015): Rapports Enquete Multisectorielle Continue (EMC).
- Jordan, Soren and Andrew Q. Philips (2018): “Dynamic Simulation and Testing for Single-Equation Cointegration and Stationary Autoregressive Distributed Lag Models”, The R Journal, Vol. XX/YY,AAAA20ZZ.
- Konstantopoulos, Takis (2009): “Markovs chains and Random Walk”, Autumn
- Lardic, Sandrine et Valérie Mignon (2002) : “Econométrie des séries temporelles macroéconomiques et financières”, Economica, Paris.
- Lawson, Tony (2013):”Modelling Household Spending Using a Random Assignment Scheme”, International Journal of Microsimulation 6(2) 56-75.
- Legendre, François, Jean-Paul Lorgnet et Florence Thibault(2001) : Les modèles socio-économiques de microsimulation : Panorama et état des lieux pour la France, Recherches et Prévisions N° 66.
- Lucas, R. (1988), “On the Mechanics of Economic Development”, Journal of Monetary Economics, Vol.22, p. 3-42.
- Mideros, Andrés, Franziska Gassmann and Pierre Mohnen (2012): “Estimation of Rates of Return of Social Protection Instruments in Cambodia: A Case for Non-Contributory Social Transfers”, Maastricht Graduate School of Governance, Maastricht University, in coordination with: Council for Agricultural and Rural Development, CARD Royal Government of Cambodia and United Nations Children’s Fund UNICEF – Cambodia.
- Mills, Terence C. (2019): “Applied Time Series Analysis: A Practical Guide to Modeling and Forecasting”, Elsevier, Academic Press
- Ngakosso A.(2016), “Public Expenses and Economic Growth in Congo”, Journal of Economics and Development Studies Vol 4 No 1 March 2016.

- Nébié, Gustave (2011) : “Aide, Syndrome Hollandais et Croissance en Afrique : Cas des pays d’Afrique de l’Ouest et du Centre”, Editions universitaires européennes, Sarrebruck, Allemagne.
- Nébié, Gustave (2017) : “Clustering Countries in West and Central Africa for Improved UNICEF Engagement in the Region”, UNICEF WCARO - WORKING PAPER SERIES No 1/2017
- Nubukpo, K. (2007), “Dépenses Publiques et Croissance des pays de l’Union économique et monétaire ouest-africaine”, *Afrique Contemporaine*, Vol. 2, No. 222, pp. 223 – 250.
- Ouattara, W., (2007) : “Dépenses Publiques, Corruption et Croissance Économique dans les Pays de l’Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) : une Analyse de la Causalité au Sens de Granger”, *Revue d’Intégration Africaine*, Vol.1, N°1, p.139-160.
- Romer, P.M. (1986), “Increasing Returns and Long-Run Growth”, *Journal of Political Economy*, Vol. 94, n° 5, p. 1002-1037.
- Sala-i-Martin, X., G. Doppelhofer and R. I. Miller (2004), "Determinants of Long-Term Growth: A Bayesian Averaging of Classical Estimates (BACE) Approach." *American Economic Review*, 94(4), 813-835.
- Salter, W.E.G. (1959): “Internal and External Balance: The Role of Price and Expenditure Effects”, *Economic Record* 35, 226-38.
- Savadogo, Kimseyinga et al. (2004) : “Analyzing growth in Burkina Faso over the past four decades”, *Growth Paper No. 4*, AERC.
- Shresta, Min, B., and Guna R. Bhatta (2018):” Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis”, *the journal of Finance and data Science*, 4, 71-89.
- Spielauer , Martin (2009): “Microsimulation approaches”, *Statistics Canada – Modeling Division R.H. Coats Building, 24-O Ottawa, K1A 0T6*, [martin.spielauer@statcan.gc.ca](mailto:martin.spielauer@statcan.gc.ca).
- Stroock, Daniel W. (2005): “An Introduction to Markov Processes”, Springer
- Swan, T.W. (1960): “Economic Control in a Dependent Economy“, *The Economic Record*, 36(73), pp. 51-66
- Tenou, K. (1999), ‘‘Les déterminants de la croissance à long terme dans les pays de l’UEMOA’’ *Notes d’Information et Statistiques, Études et Recherches*, n° 493, BCEAO, juin.
- UNFPA (2017) : “Dynamique démographique et la crise dans les pays autour du Lac Tchad”, Bureau Régional pour l’Afrique de l’Ouest et du Centre
- Waheed, Muhammad, Alam Tasneem and Ghauri Saghir Pervaiz (2006): “Structural breaks and unit root: evidence from Pakistani macroeconomic time series”, *Munich Personal RePEc Archive (MPPRA)*.
- Zinn, Sabine (2014): “The MicSim Package of R: An Entry-Level Toolkit for Continuous-Time Microsimulation”, *International Journal of Microsimulation* 7(3) 3-32.

# Annexe 1 : Détails du modèle macroéconomique et des simulations

## Modèle retenu

```
Test_Retenu_1<-dynamdl(PIBV~ESPE+SCOL+TCR+EXP+POPG,data=LVAR2F1, lags = list("PIBV"=1,
"ESPE"=1,"SCOL"=1, "TCR"=1,"POPG"=1),lagdiffs=list("TCR"=1,"POPG"=1,"EXP"=1),simulate
= FALSE, constant = FALSE,ec=TRUE)
[1] "Error correction (EC) specified; dependent variable to be run in differences."
[1] "Constant suppressed from model formula."
>
> summary(Test_Retenu_1)
```

```
Call:
lm(formula = as.formula(paste(paste(dvnamelist), "~", paste(colnames(IVs),
collapse = "+"), "- 1", collapse = " ")))
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.058488 -0.012583 -0.000492  0.014505  0.045164
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
1.1.PIBV   -0.33920    0.09372  -3.619 0.000858 ***
1.1.ESPE    0.38715    0.09449   4.097 0.000211 ***
1.1.SCOL    0.44451    0.12709   3.498 0.001213 **
1.1.TCR    -0.14914    0.03574  -4.173 0.000168 ***
1.1.POPG   -0.86528    0.24763  -3.494 0.001225 **
1d.1.TCR    0.11094    0.03428   3.237 0.002508 **
1d.1.POPG   3.60161    1.05336   3.419 0.001513 **
1d.1.EXP    0.04672    0.02273   2.056 0.046734 *
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.02357 on 38 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.8449,    Adjusted R-squared:  0.8122
F-statistic: 25.87 on 8 and 38 DF,  p-value: 4.006e-13
```

```
> CorTest1<-dynamdl.auto.correlated(Test_Retenu_1)
```

```
-----
Breusch-Godfrey LM Test
Test statistic: 1.656
p-value: 0.198
H_0: no autocorrelation up to AR 1
```

```
-----
Shapiro-wilk Test for Normality
Test statistic: 0.987
p-value: 0.892
H_0: residuals are distributed normal
```

```
-----
Log-likelihood: 111.527
AIC: -205.054
BIC: -188.597
Note: AIC and BIC calculated with k = 8 on T = 46 observations.
-----
```

```
> PSSTest1<-pssbounds(Test_Retenu_1)
```

```
PESARAN, SHIN AND SMITH (2001) COINTEGRATION TEST
```

```
Observations: 46
Number of Lagged Regressors (not including LDV) (k): 4
Case: 1 (No intercept; no trend)
```

```
-----
-                               F-test                               -
-----
```

	<----- I(0) ----->	I(1) ----->
10% critical value	1.90	3.01
5% critical value	2.26	3.48
1% critical value	3.07	4.44

F-statistic = 21.647

	<----- I(0) ----->	I(1) ----->
10% critical value	-1.62	-3.26
5% critical value	-1.95	-3.60
1% critical value	-2.58	-4.23

t statistic = -3.619

F-statistic note: Small-sample critical values are not provided for Case I. Asymptotic critical values used.

t-statistic note: Small-sample critical values not provided for Case I. Asymptotic critical values used.

### Simulations

#### I. Simulation 1: Choc de -50% sur le TCR

##### Modèle simulé

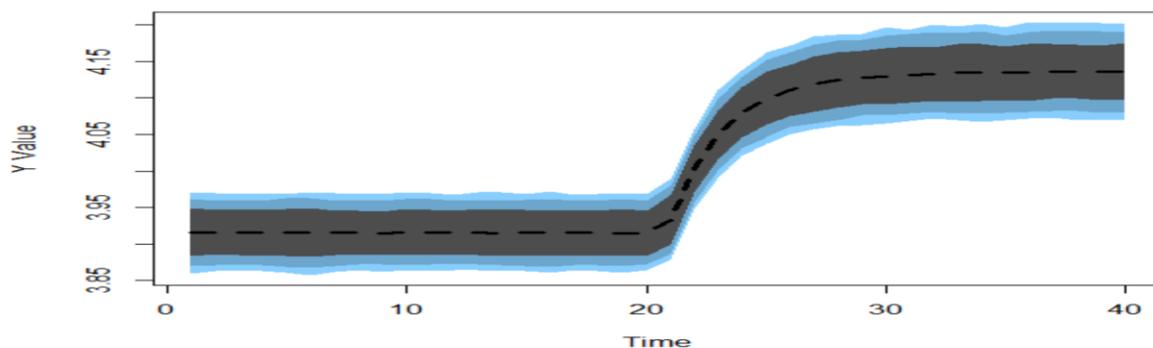
```
Test_Retenu_1_SimTCR1<-dynamdl(PIBV~ESPE+SCOL+TCR+EXP+POPG,data=LVAR2F1, lags = list("PIBV"=1,"ESPE"=1,"SCOL"=1, "TCR"=1,"POPG"=1),lagdiffs=list("TCR"=1,"POPG"=1,"EXP"=1),simulate = TRUE, constant = FALSE,ec=TRUE, shockvar = "TCR", shockval= -0.5, time = 20, range = 40, sims = 2000, fullsims = TRUE)
```

##### Résultats

```
[1] 3.916287 3.916226 3.916194 3.915679 3.915620 3.915303 3.915844 3.915339 3.915157 3.916367
[11] 3.915863 3.916270 3.915454 3.915169 3.915704 3.915629 3.915698 3.915313 3.914982 3.914798
[21] 3.933257 4.002963 4.049381 4.079482 4.098749 4.110547 4.118847 4.124207 4.127456 4.129284
[31] 4.131497 4.132691 4.134210 4.135179 4.134203 4.134489 4.136049 4.135621 4.135587 4.135670
```

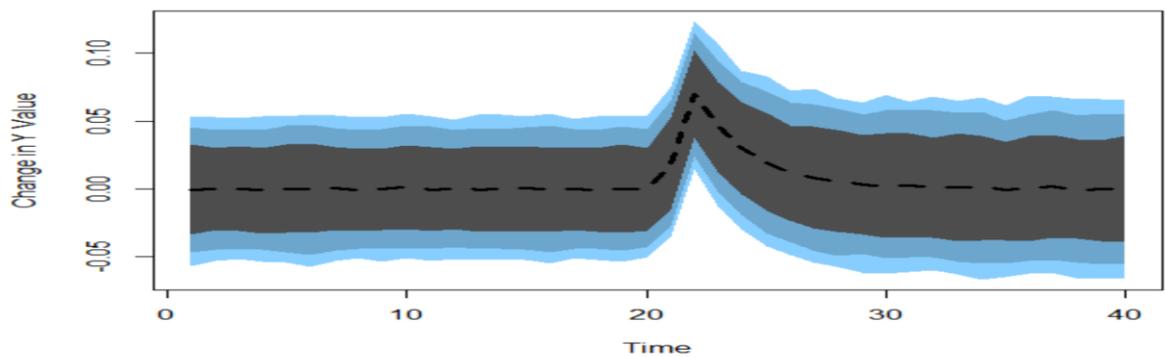
##### Effet du choc en niveau

```
SimTCR1.1<-dynamdl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimTCR1, response = "levels")
```



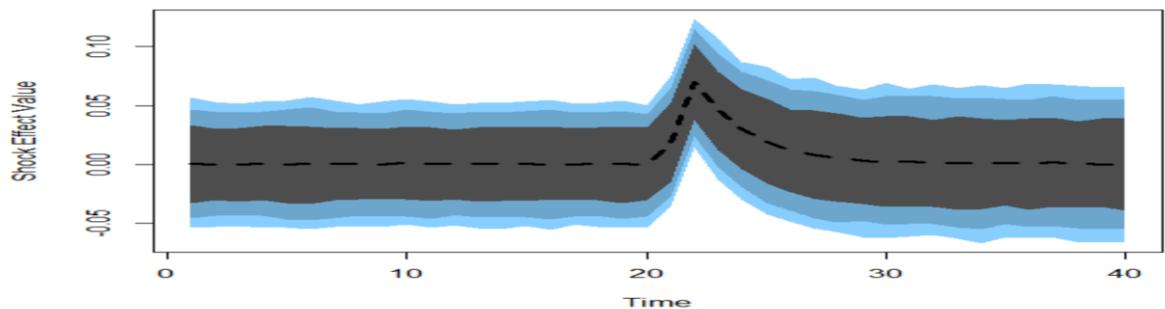
##### Effet du choc en termes de variation

```
SimTCR1.2<-dynamdl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimTCR1, response = "diffs")
```



**Profil de disparition de l'effet du choc**

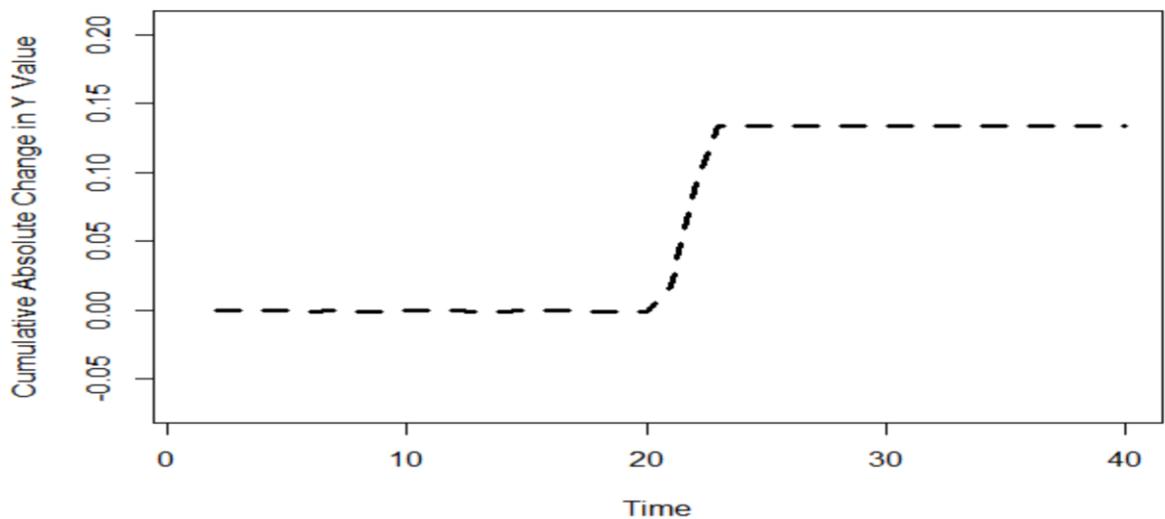
```
simTCR1.3<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimTCR1, response ="shock.effect.deca
y")
```



**Effet cumulatif du choc en valeurs absolues**

```
simTCR1.4<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimTCR1, response ="cumulative.abs.di
ffs")
```

Cumulative absolute effects assumed to be noise (by tolerance) at t = 23.



## II. Simulation 2: Baisse du taux de croit de la population de 30%

### Modèle simulé

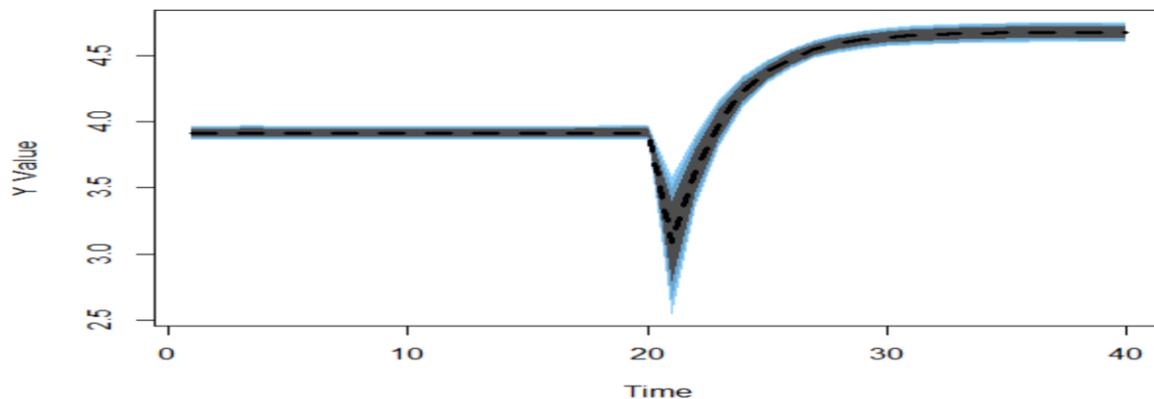
```
Test_Retenu_1_SimPOPG<-dynardl(PIBV~ESPE+SCOL+TCR+EXP+POPG,data=LVAR2F1, lags = list("PIBV"=1,"ESPE"=1,"SCOL"=1, "TCR"=1,"POPG"=1),lagdiffs=list("TCR"=1,"POPG"=1,"EXP"=1),simulate = TRUE, constant = FALSE,ec=TRUE, shockvar = "POPG", shockval= -0.3, time = 20, range = 40, sims = 2000, fullsims = TRUE)
```

### Resultats

```
[1] 3.914250 3.914261 3.915418 3.915578 3.914433 3.914169 3.914091 3.914740 3.914098 3.913716  
[11] 3.913118 3.914086 3.914492 3.914697 3.914630 3.915040 3.915227 3.915633 3.916086 3.916427  
[21] 3.088230 3.632263 3.988855 4.225835 4.379486 4.481269 4.548227 4.591603 4.621700 4.640828  
[31] 4.652866 4.660735 4.666622 4.669645 4.672681 4.674566 4.675876 4.676981 4.676446 4.676453
```

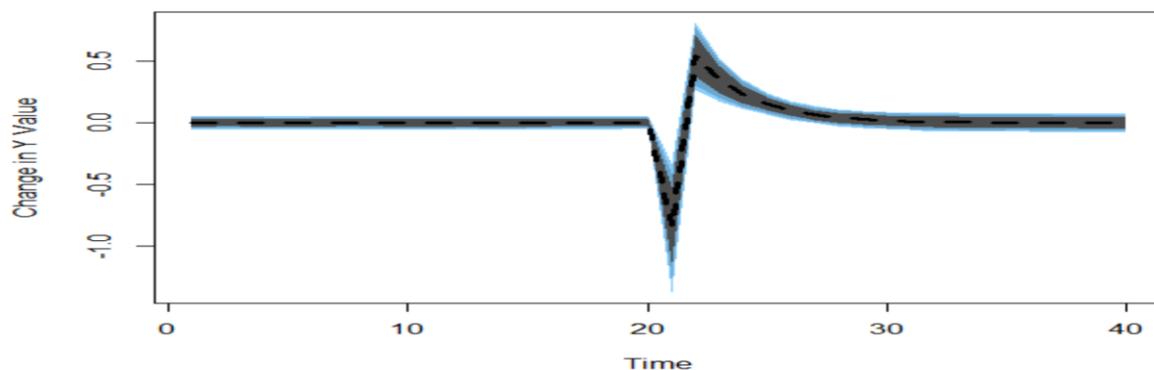
### Effet du choc en niveau

```
simPOPG1.1<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimPOPG, response ="levels")
```



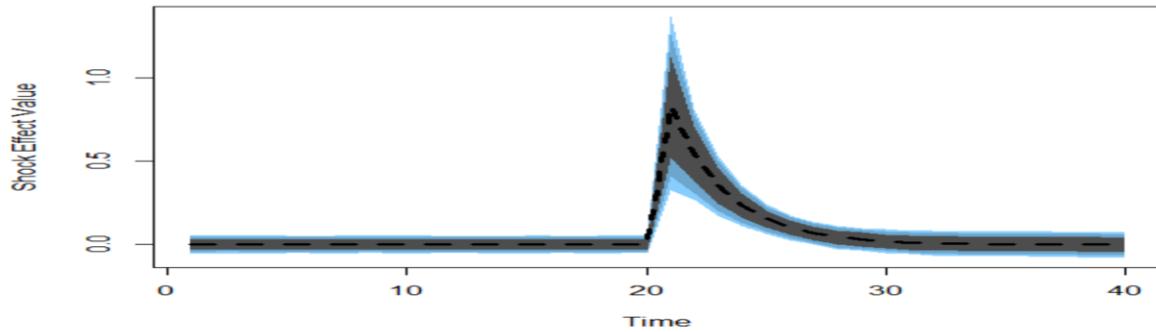
### Effet du choc en termes de variation

```
simPOPG1.2<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimPOPG, response ="diffs")
```



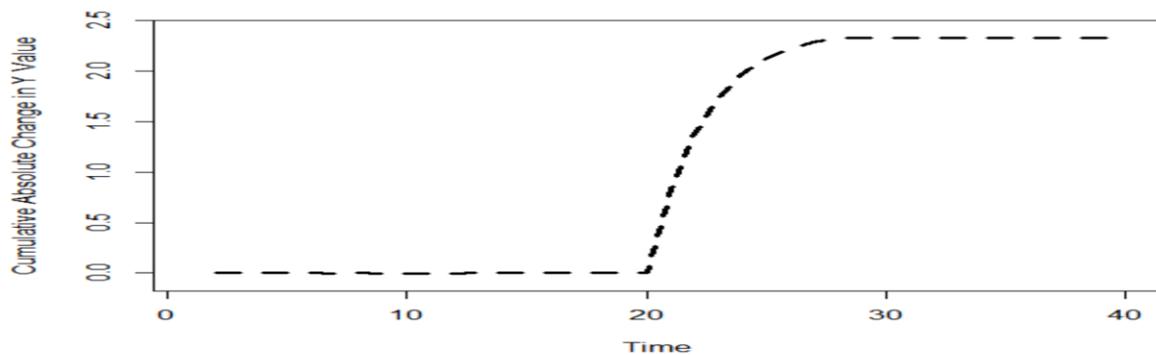
### Profil de disparition de l'effet du choc

```
simPOPG1.3<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimPOPG, response ="shock.effect.decay")
```



**Effet cumulatif du choc en valeurs absolues**

```
simPOPG1.4<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimPOPG, response = "cumulative.abs.diffs")
Warning message:
In dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimPOPG, response = "cumulative.abs.diffs") :
  Cumulative absolute effects assumed to be noise (by tolerance) at t = 28.
```



**III. Simulation 3: Baisse du taux de scolarisation de 25%**

**Modèle simulé**

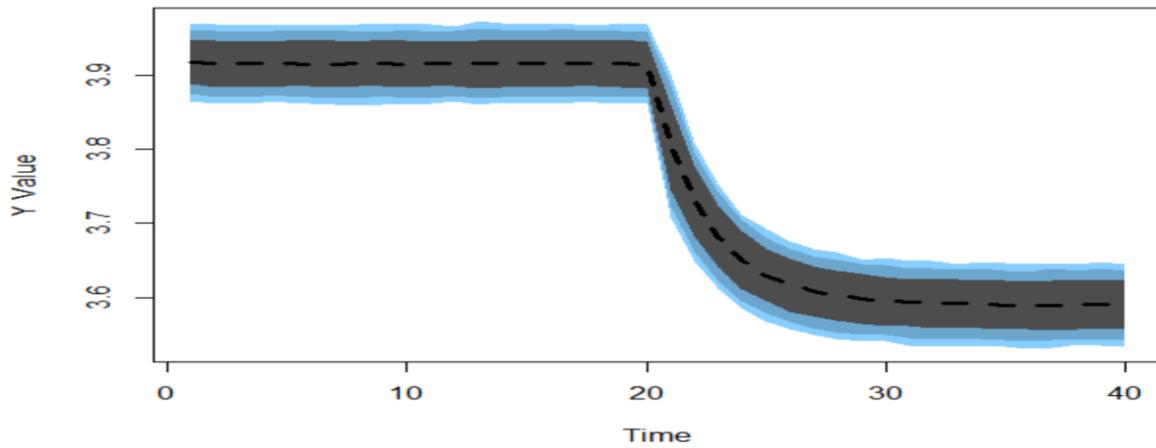
```
Test_Retenu_1_SimSCOL<-dynardl(PIBV~ESPE+SCOL+TCR+EXP+POPG,data=LVAR2F1, lags = list("
PIBV"=1,"ESPE"=1,"SCOL"=1, "TCR"=1,"POPG"=1),lagdiffs=list("TCR"=1,"POPG"=1,"EXP"=1),s
imulate = TRUE, constant = FALSE,ec=TRUE, shockvar = "POPG", shockval= -0.25, time = 2
0, range = 40, sims = 2000, fullsims = TRUE)
```

**Résultats**

```
1] 3.917966 3.916490 3.916077 3.915803 3.916032 3.915610 3.915689 3.915886 3.916311 3.915416
[11] 3.915752 3.915872 3.915906 3.916352 3.916616 3.916513 3.916976 3.916999 3.916421 3.915572
[21] 3.803780 3.731163 3.682238 3.650406 3.629439 3.616756 3.608079 3.602538 3.597942 3.594686
[31] 3.593304 3.591820 3.591671 3.590645 3.589342 3.588678 3.588845 3.590379 3.589985 3.589598
```

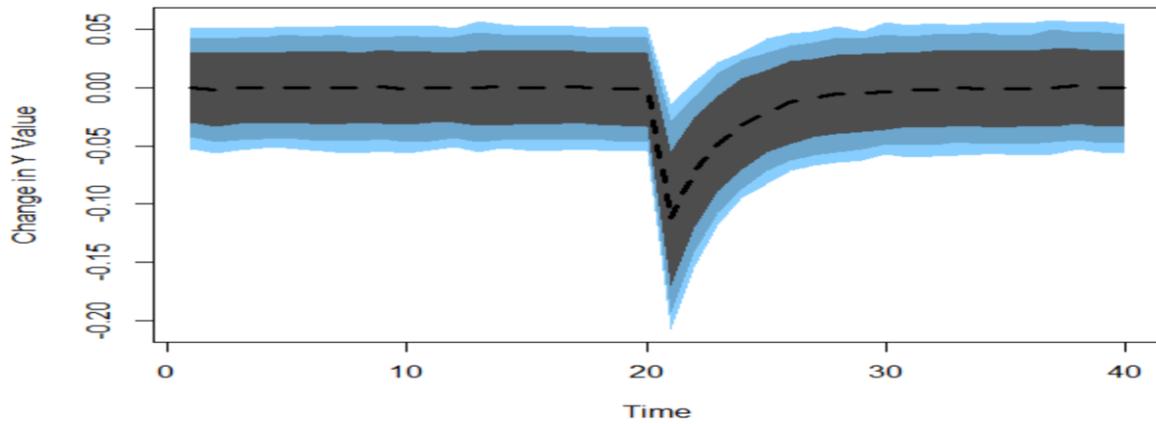
**Effet du choc en niveau**

```
simSCOL1.1<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimSCOL, response = "levels")
```



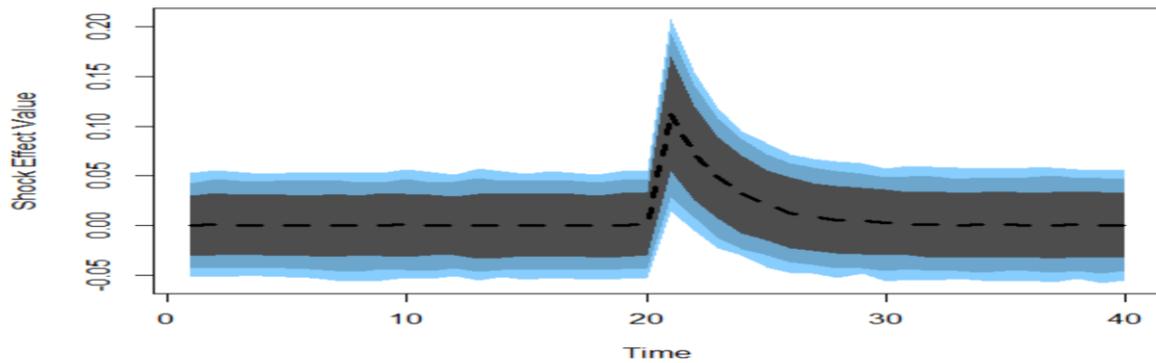
**Effet du choc en termes de variation**

```
simSCOL1.2<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimSCOL, response ="diffs")
```



**Profil de disparition de l'effet du choc**

```
simSCOL1.3<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimSCOL, response ="shock.effect.decay")
```

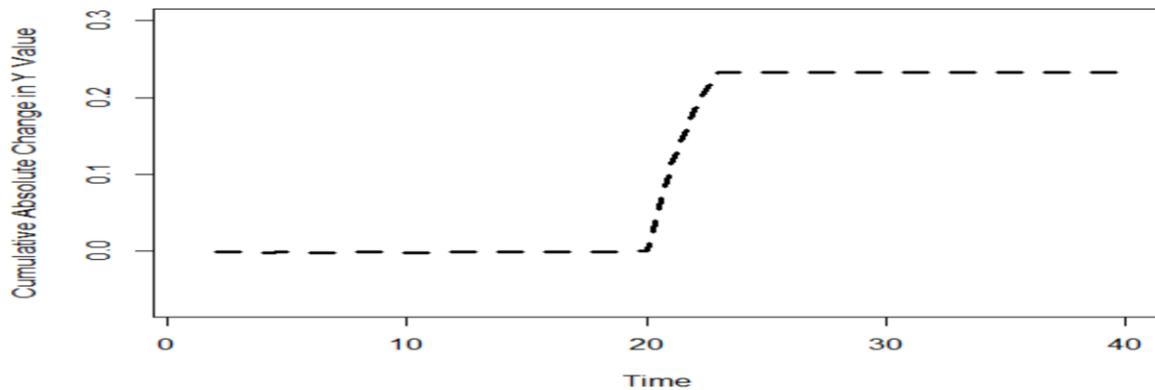


### Effet cumulatif du choc en valeurs absolues

```
SimSCOL1.4<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimSCOL, response ="cumulative.abs.diffs")
```

Warning message:

```
In dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimSCOL, response = "cumulative.abs.diffs") :  
Cumulative absolute effects assumed to be noise (by tolerance) at t = 23.
```



### IV. Simulation 4 : Baisse de l'espérance de vie de 10%

#### Modèle simulé

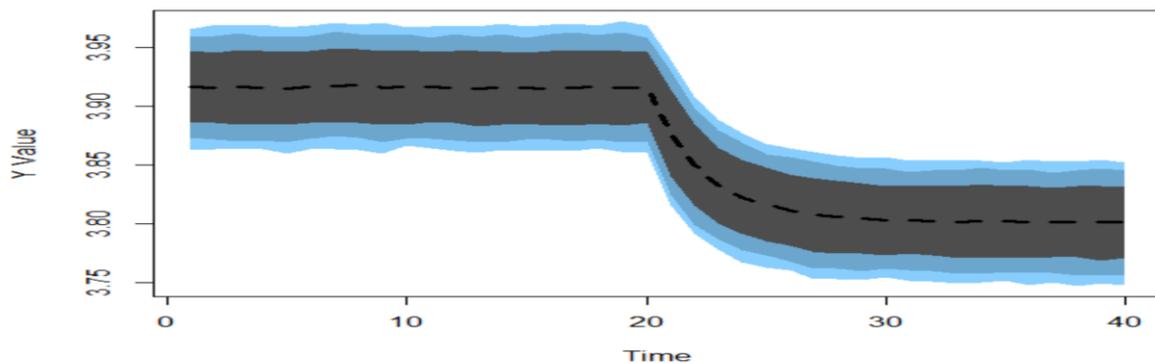
```
Test_Retenu_1_SimESPE<-dynardl(PIBV~ESPE+SCOL+TCR+EXP+POPG,data=LVAR2F1, lags = list("PIBV"=1,"ESPE"=1,"SCOL"=1, "TCR"=1,"POPG"=1),lagdiffs=list("TCR"=1,"POPG"=1,"EXP"=1),simulate = TRUE, constant = FALSE,ec=TRUE, shockvar = "ESPE", shockval= -0.10, time = 20, range = 40, sims = 2000, fullsims = TRUE)
```

#### Résultats

```
[1] 3.916491 3.916240 3.916570 3.916214 3.915486 3.916483 3.917807 3.917853 3.915958 3.916357  
[11] 3.916345 3.915910 3.915206 3.915722 3.915911 3.915450 3.916066 3.916415 3.916007 3.916061  
[21] 3.877168 3.850498 3.833015 3.822552 3.816360 3.811653 3.807823 3.806039 3.804985 3.803089  
[31] 3.803064 3.802650 3.801970 3.802218 3.802698 3.801805 3.801659 3.801808 3.801707 3.801449
```

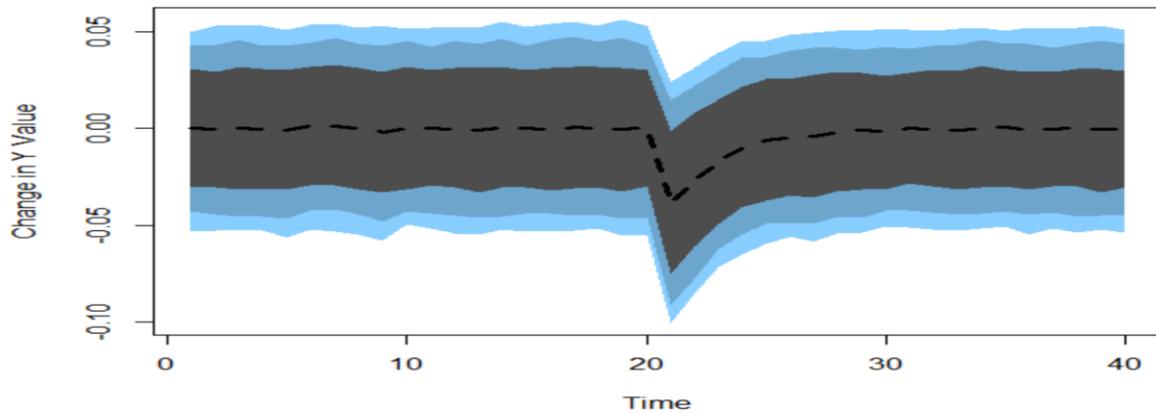
#### Effet du choc en niveau

```
SimESPE1.1<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimESPE, response ="levels")
```



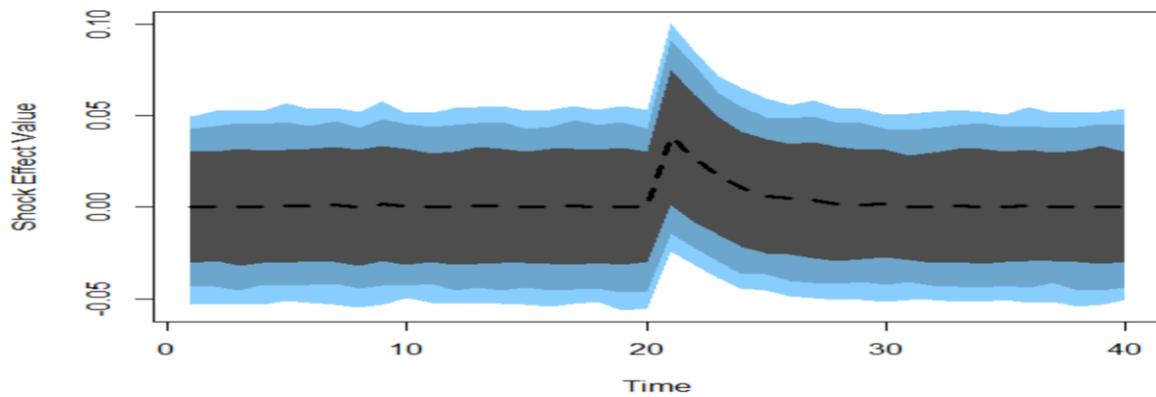
#### Effet du choc en termes de variation

```
SimESPE1.2<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimESPE, response ="diffs")
```



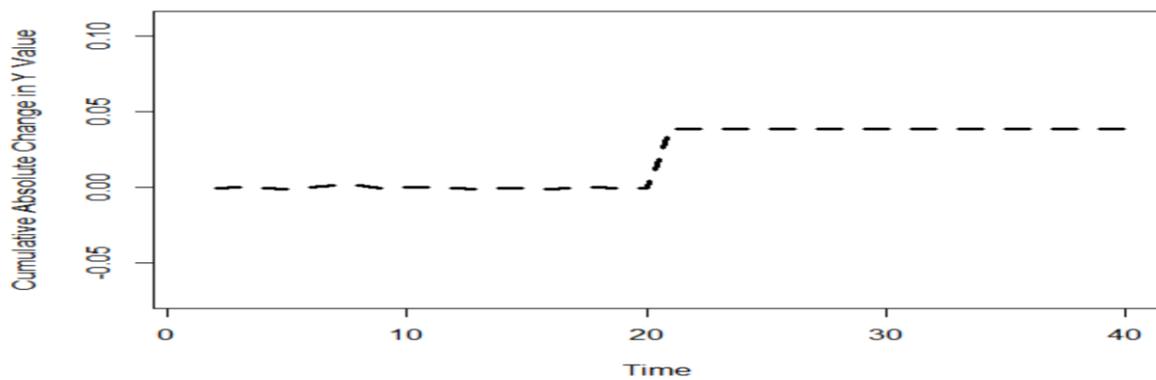
**Profil de disparition de l'effet du choc**

```
SimESPE1.3<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimESPE, response ="shock.effect.decay")
```



**Effet cumulatif du choc en valeurs absolues**

```
SimESPE1.4<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimESPE, response ="cumulative.abs.diffs")
```



## V. Simulation 5: Baisse des exportations de 10%

### Modèle simulé

```
Test_Retenu_1_SimEXP<-dynardl(PIBV~ESPE+SCOL+TCR+EXP+POPG,data=LVAR2F1, lags = list("PIBV"]=1,"ESPE"]=1,"  
SCOL"]=1, "TCR"]=1,"POPG"]=1),lagdiffs=list("TCR"]=1,"POPG"]=1,"EXP"]=1),simulate = TRUE, constant = FALSE,ec=TRUE,  
shockvar = "EXP", shockval= -10, time = 20, range = 40, sims = 2000, fullsims = TRUE)
```

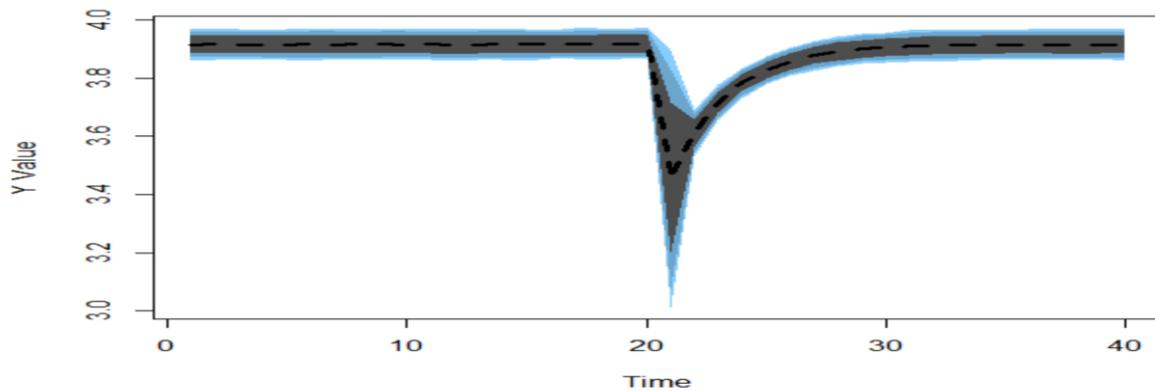
### Résultats

```
Test_Retenu_1_SimEXP[["simulation"]][["central"]]
```

```
[1] 3.914929 3.916155 3.915230 3.915387 3.915323 3.915521 3.915305 3.915484 3.915948 3.915284  
[11] 3.915519 3.914832 3.915200 3.915793 3.915524 3.916132 3.915733 3.916190 3.917200 3.918424  
[21] 3.455191 3.611103 3.714129 3.782581 3.828136 3.857245 3.877989 3.891637 3.900442 3.905688  
[31] 3.909173 3.911986 3.913501 3.913745 3.915184 3.915160 3.915166 3.914257 3.915214 3.915012
```

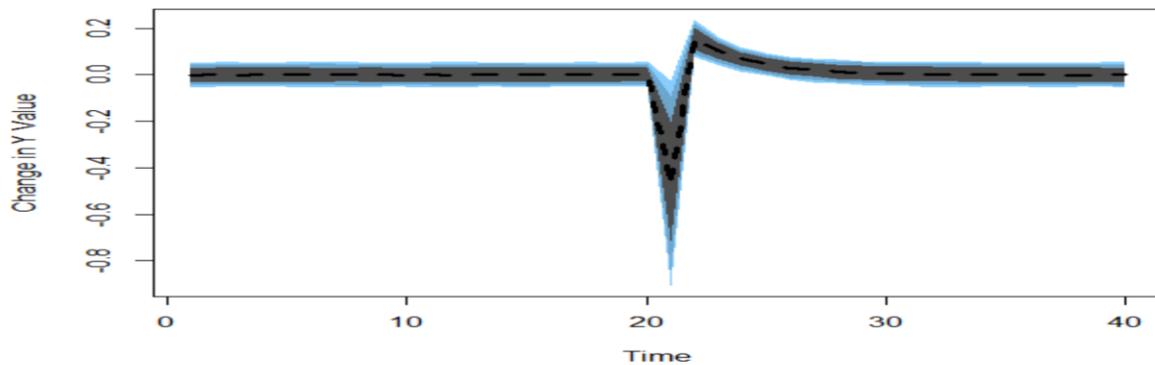
### Effet du choc en niveau

```
simEXP1.1<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimEXP, response ="levels")
```



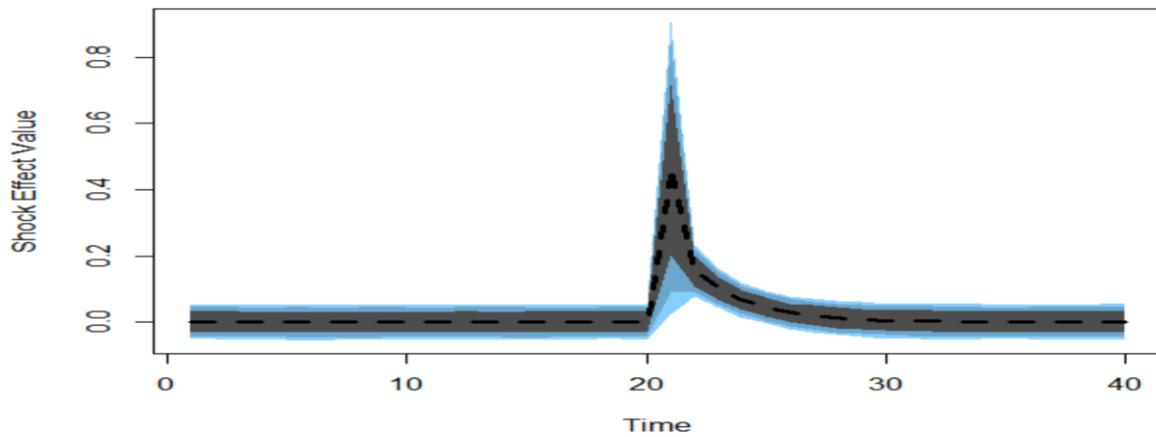
### Effet du choc en termes de variation

```
simEXP1.2<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimEXP, response ="diffs")
```



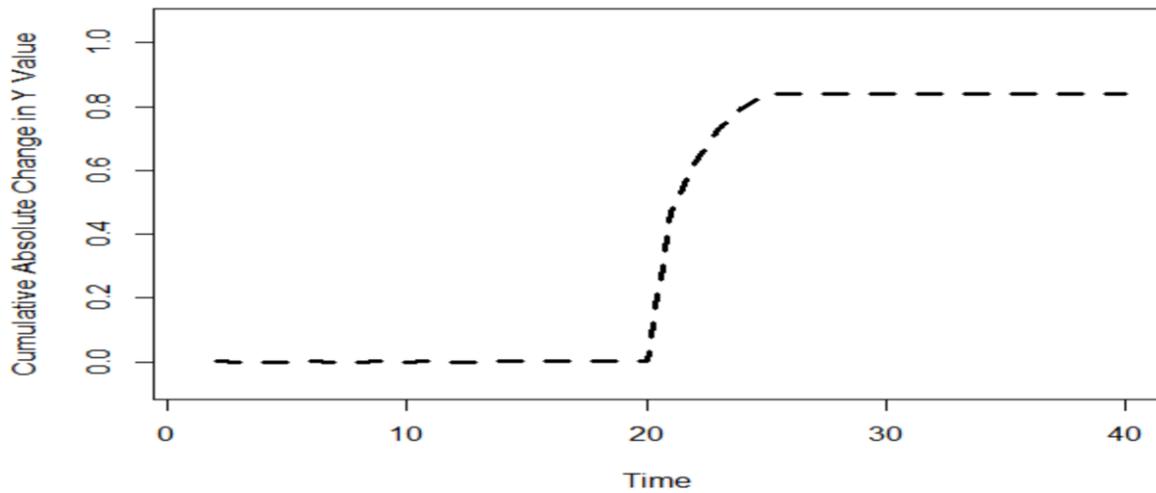
### Profil de disparition de l'effet du choc

```
simEXP1.3<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimEXP, response ="shock.effect.decay")
```



**Effet cumulatif du choc en valeurs absolues**

```
simEXP1.4<-dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimEXP, response ="cumulative.abs.diffs")
Warning message:
In dynardl.simulation.plot(Test_Retenu_1_SimEXP, response = "cumulative.abs.diffs") :
  Cumulative absolute effects assumed to be noise (by tolerance) at t = 25.
```



## Annexe 2 : Données utilisées pour la modélisation macroéconomique

	ESPE	MORT	DEPE	POPG	POPR	FBCF	PIB	SCOL	EDU	CRED	TCR	APD	MIG	OUV	EXP	CONS	AIR
1971	39.54	314.20	81.50	1.74	94.14	14.87	17.36	12.21	1.74	4.60	133.73	5.97	6.82	25.44	9.00	7.14	31,600.00
1972	40.00	310.50	82.34	1.76	94.02	17.28	17.76	12.73	1.74	5.02	135.84	5.95	6.48	27.69	10.46	7.27	26,500.00
1973	40.49	304.50	82.90	1.79	93.90	20.63	17.84	13.05	1.50	6.09	146.08	8.44	6.82	29.23	9.96	8.08	28,700.00
1974	41.03	295.90	83.35	1.83	93.78	25.52	19.32	13.53	1.50	8.51	123.78	12.86	4.78	32.79	12.63	8.27	32,500.00
1975	41.63	285.40	83.79	1.88	93.65	23.10	19.90	14.12	1.60	10.75	151.12	9.54	5.07	37.50	10.72	12.89	36,200.00
1976	42.34	274.40	85.06	1.92	93.33	22.84	21.60	14.61	1.90	13.89	118.64	8.26	5.22	35.21	12.17	10.13	41,900.00
1977	43.17	263.70	86.26	1.97	92.85	19.56	21.68	15.07	1.60	16.58	141.32	9.82	5.32	38.40	13.21	10.03	47,200.00
1978	44.08	254.10	87.35	2.04	92.33	18.32	22.68	15.73	1.60	16.81	154.57	10.71	5.29	35.22	13.63	10.05	54,700.00
1979	45.06	246.00	88.26	2.13	91.78	16.40	23.51	16.36	1.80	15.51	167.54	11.28	6.27	37.53	14.39	10.79	59,800.00
1980	46.05	239.20	88.95	2.24	91.20	15.11	23.70	17.29	1.70	14.78	165.84	10.91	7.80	40.21	16.11	9.23	72,800.00
1981	46.98	233.70	90.39	2.35	90.57	14.13	24.71	18.48	1.60	13.83	127.09	12.16	8.64	40.71	17.80	9.25	75,800.00
1982	47.81	229.00	91.43	2.45	89.91	17.93	27.07	20.06	1.60	13.16	115.44	12.05	6.29	39.82	15.28	13.79	78,200.00
1983	48.49	224.60	92.18	2.52	89.20	17.13	27.16	21.84	1.70	12.80	106.33	11.39	7.07	37.46	13.71	14.38	93,200.00
1984	48.99	220.10	92.79	2.56	88.46	14.17	26.68	23.34	1.60	11.95	94.96	12.58	6.18	39.72	18.25	13.04	93,400.00
1985	49.32	215.50	93.28	2.58	87.67	22.95	28.95	25.57	1.70	13.34	99.21	12.19	8.11	40.95	19.11	17.30	100,200.00
1986	49.49	210.90	94.24	2.59	87.17	20.14	31.25	27.78	1.90	13.90	129.08	13.24	9.41	37.96	19.69	18.99	158,400.00
1987	49.55	206.50	94.94	2.61	86.93	19.22	31.18	29.79	1.81	14.47	141.03	11.36	7.31	39.44	24.96	19.94	126,600.00
1988	49.55	202.90	95.39	2.62	86.68	18.79	32.99	30.32	1.40	14.90	142.63	11.02	7.15	38.13	25.64	20.02	126,200.00
1989	49.51	200.50	95.58	2.64	86.44	20.41	33.70	31.50	2.20	16.45	126.27	10.19	5.94	32.39	20.59	20.14	131,500.00
1990	49.45	199.30	95.53	2.66	86.19	18.91	33.49	32.53	2.72	16.91	142.13	10.55	4.50	35.42	26.35	21.06	136,600.00

1991	49.41	198.90	95.82	2.68	85.93	21.25	36.53	33.72	2.72	12.46	139.83	13.43	3.60	33.80	26.06	21.69	126,600.00
1992	49.37	198.90	95.83	2.69	85.67	19.30	36.62	34.41	2.72	10.93	145.20	19.41	5.75	28.37	23.21	21.73	126,600.00
1993	49.36	198.70	95.60	2.71	85.41	19.46	37.88	35.48	2.72	9.77	134.51	20.23	5.03	29.63	23.57	21.34	128,500.00
1994	49.38	197.50	95.16	2.73	85.14	27.17	38.38	36.78	2.90	7.03	84.78	23.02	4.24	39.23	26.40	26.06	129,500.00
1995	49.45	195.50	94.54	2.75	84.87	23.93	40.58	38.84	2.16	6.79	97.83	20.70	3.29	40.75	27.74	25.20	137,500.00
1996	49.56	192.60	94.54	2.76	84.59	24.94	45.04	40.97	1.30	6.91	98.96	16.17	2.94	38.18	22.27	24.39	138,400.00
1997	49.71	189.50	94.26	2.78	84.13	27.39	47.89	42.15	2.30	11.55	88.80	15.09	3.02	37.42	23.92	23.73	96,600.00
1998	49.91	186.00	93.81	2.80	83.49	24.17	51.39	43.32	2.38	11.02	94.67	14.28	2.56	40.94	32.64	22.30	101,600.00
1999	50.17	182.50	93.27	2.82	82.83	18.30	55.19	44.28	2.65	10.11	88.99	13.34	2.32	33.69	25.64	17.83	147,200.00
2000	50.49	178.90	92.68	2.84	82.16	20.07	56.20	45.02	2.92	11.63	72.53	6.91	2.56	34.51	25.26	20.66	143,529.00
2001	50.89	175.10	92.67	2.86	81.46	13.79	59.92	46.44	3.19	11.00	73.17	14.02	1.77	32.37	24.77	25.79	100,286.00
2002	51.38	170.80	92.48	2.88	80.74	17.54	62.52	47.06	3.46	9.96	80.47	13.82	1.83	30.87	26.27	21.18	53,236.00
2003	51.96	165.80	92.16	2.90	80.00	21.31	67.40	49.31	3.73	12.77	93.47	12.94	1.28	30.73	27.15	19.87	54,475.00
2004	52.60	159.60	91.75	2.93	79.24	21.66	70.42	53.87	4.00	14.57	96.46	13.47	0.92	37.13	36.11	20.77	61,364.00
2005	53.31	152.50	91.28	2.96	78.46	24.10	76.52	58.33	4.27	14.95	95.79	12.83	1.04	35.54	34.26	19.77	66,273.00
2006	54.06	144.90	91.32	2.99	77.66	20.71	81.31	62.07	4.22	16.51	94.48	15.49	1.17	36.96	41.70	21.68	73,131.00
2007	54.84	136.90	91.20	3.01	77.00	22.25	85.90	67.67	2.98	14.38	98.13	13.96	1.25	35.42	39.94	23.85	77,810.00
2008	55.62	129.00	90.95	3.02	76.47	25.41	92.17	73.22	3.06	16.97	105.84	11.98	1.19	36.31	42.60	21.36	80,543.00
2009	56.38	121.50	90.58	3.03	75.92	24.87	94.90	77.61	3.15	18.09	112.93	12.99	1.15	40.42	56.32	21.63	79,345.00
2010	57.10	114.40	90.09	3.02	75.37	26.93	100.00	78.01	3.23	17.58	100.00	11.95	1.34	48.87	100.00	20.64	160,000.00
2011	57.76	107.60	89.92	3.01	74.80	27.97	106.63	81.59	4.13	17.29	103.84	9.51	2.06	58.15	142.86	20.57	133,709.78
2012	58.37	101.40	89.54	3.00	74.23	32.45	113.51	84.09	3.62	18.72	97.82	10.53	1.88	62.68	161.67	20.84	125,693.70
2013	58.94	95.80	88.99	2.98	73.65	32.50	120.08	85.72	4.31	23.42	100.26	8.90	2.58	50.14	214.14	21.32	138,996.00

<b>2014</b>	59.45	91.00	88.34	2.96	73.07	25.85	125.28	87.34	4.31	26.33	98.37	9.35	3.20	46.63	223.33	22.55	117,420.00
<b>2015</b>	59.92	86.80	87.61	2.94	72.47	24.33	130.16	88.37	4.31	28.42	83.75	9.90	3.69	62.33	190.59	23.19	122,590.00
<b>2016</b>	60.35	83.00	86.95	2.92	71.87	22.88	137.84	91.11	4.31	30.46	82.97	9.81	3.66	66.43	226.56	24.69	144,950.00
<b>2017</b>	60.77	79.60	86.21	2.89	71.26	25.02	146.60	93.65	4.31	31.30	82.90	7.48	3.38	66.57	252.81	25.78	145,049.00
<b>2018</b>	61.17	76.40	85.38	2.87	70.64	24.73	156.61	96.09	4.31	30.53	85.96	7.92	3.23	68.03	266.43	26.69	151,531.00

Source : Banque Mondiale (WDI), FMI, BCEAO, IAP

### Définition des données

ESPE :	Esperance de vie à la naissance	CRED :	Encours des crédits à l'économie (% PIB)
MORT :	Taux de mortalité infanto-juvénile	TCR :	Taux de change réel (indice base 100 en 2010)
DEPE :	Ratio de dépendance des enfants	APD :	Aide publique au développement (nette) (%PIB)
POPG :	Taux de croissance de la population	MIG :	Transferts de migrants (% PIB)
POPR :	% de la population rurale	OUV :	Ouverture économique ((Export+import)/PIB)
FBCF :	Formation Brute de Capital Fixe (%PIB)	EXP :	Exportations nettes du prix des importations (% PIB)
PIB :	Taux de croissance du PIB réel (indice base 100 en 2010)	CONS :	Consommation Publique (% PIB)
SCOL :	Taux brut de scolarité au primaire	AIR :	Nombre annuel de voyageurs par avion
EDU :	Dépenses courantes d'éducation (% du PIB)		

### Annexe 3: Tests de racine unitaire

	Variables	ADF		ADF2	D_ADF	PP		Z&A		L&S : 1 break		L&S : 2 breaks	
		t-Stat : Seuil a 5% : -3.5				t-Stat : Seuil a 5% : -- 3.5		t-Stat : Seuil a 5% : -5.08		t-Stat : Seuil a 5% : -4.50		t-Stat : Seuil a 5% : -5.59/- 5.73	
1	ESPE	-0.33	Non stationnaire	Stationnaire avec trend et constante	Statio	-1.82		-4.14		-12.05	break	-16.53	break
2	MORT	-1.24	Non stationnaire	Stationnaire avec trend et constante	stat	0.33		-4.35		-10.26	break	-8.91	break
3	DEPE	-2.60	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	N Stat	-1.24		-3.93		-4.16			
4	POPR	-0.99	Non stationnaire	Stationnaire avec trend et constante	N Stat	-1.20		-4.63		-5.12	break	-6.45	break
5	FBCF	-4.07	Stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-3.751		-3.97		-4.44	crash	-4.89	
6	PIB	-1.07	Non stationnaire	Non stationnaire, avec constante	Stat	-1.35		-4.82		-3.78		-5.66	
7	SCOL	-3.00	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	N Stat	-1.62		-3.78		-4.85	break	-5.59	
8	EDU	-3.43	Non stationnaire	Stationnaire avec trend et constante	Stat	-3.74		-3.80		-4.03		-4.94	
9	CRED	-2.31	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-2.20		-5.58		-3.37		-5.61	
10	TCR	-2.99	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-3.11		-4.25		-3.83		-4.68	
11	APD	-1.46	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend (statio a 10% avec cste)	Stat	-2.73		-4.89		-4.21		-4.93	

12	MIG	-1.49	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-1.32		-2.65		-5.30	break	-6.59	break
13	OUV	-0.98	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-1.86		-4.43		-2.80		-4.53	
14	EXP	-1.17	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-0.88		-3.95		-4.33	crash	-6.19	break
15	CONS	-1.98	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-2.18		-4.17		-3.47		-5.32	
16	AIR	-2.25	Non stationnaire	Non stationnaire, sans constante et trend	Stat	-1.92		-3.35		-4.84	break	-5.78	break

## Annexe 4 : Modèles de microsimulation

### #Scénario de base

```
> rm(list=ls())
> #Détermination matrices de transition
> simHorizon<-setSimHorizon(startDate="01/01/2020", endDate="01/01/2025")
> set.seed(222)
> maxAge<-90
> sex <- c("m","f")
> Resi<-c("ur","ru")
> Pauv<-c("P","NP")
> fert <- c("0","1+")
> edu<-c("no","low")
> emploi<-c("actif","inactif")
> health <-c("fr","nfr")
> stateSpace <-expand.grid(sex=sex, Resi=Resi, Pauv=Pauv, fert=fert, edu=edu,emploi=emploi,health=health)
> PauvTrMatrix<-cbind(c("P->NP","NP->P"), c("PauvFunc1","PauvFunc2"))
> fertTrMatrix <- cbind(c("0->1+","1+>1+"),c("fert1Rates", "fert2Rates"))
> eduTrMatrix<- cbind(c("no->low", "low->no"), c("eduFunc1","eduFunc2"))
> emploiTrMatrix<-cbind(c("actif->inactif","inactif->actif"), c("emploiFunc1","emploiFunc2"))
> healthTrMatrix<-cbind(c("fr->nfr","nfr->fr"), c("healthFunc1","healthFunc2"))
> allTransitions <-rbind(PauvTrMatrix, fertTrMatrix, eduTrMatrix, emploiTrMatrix, healthTrMatrix)
> absStates<-"dead"
> absTransitions <- c("dead","mortRates")
> transitionMatrix<-buildTransitionMatrix(allTransitions = allTransitions, absTransitions = absTransitions,
stateSpace=stateSpace)
> # General date of enrollment to elementary school
> dateSchoolEnrol <- "09/01"
> #Détermination population initiale
> N=10000
> initBirthDatesRange <- chron(dates=c("01/01/1931","01/01/2020"), format=c(dates="d/m/Y"), out.format=c(dates="d/m/year"))
> Proba <- c(rep(0.1,4.011*365.25),rep(0.2,5*365.25),rep(0.3,5*365.25), rep(0.5,10*365.25), rep(1,5*365.25)
,rep(2,5*365.25), rep(4.4,5*365.25), rep(4.5,15*365.25), rep(5,5*365.25), rep(7,5*365.25), rep(8,5*365.25),
rep(10,5*365.25), rep(14,5*365.25), rep(16,5*365.25),rep(18,5*365.25))
> birthDates <- dates(initBirthDatesRange[1] + sample(diff(initBirthDatesRange),N, replace=T, prob= Proba))
> getRandInitState <- function(birthDate){
+   age<- trunc(as.numeric(simHorizon[1] - birthDate)/365.25)
+   s1<- sample(sex,1,replace =TRUE, prob=c(48.6,51.4))
+   s2<-sample(Resi,1,replace =TRUE, prob=c(22.7,77.3))
+   s3 <- ifelse(s2=="ur",sample(Pauv,1,replace=TRUE, prob=c(13.7,86.3)),sample(Pauv,1,replace=TRUE, prob
=c(47.5,52.5)))
+   s4 <- ifelse(age<=15, fert[1], sample(fert,1))
+   s5<- ifelse(age<7|age>13, edu[1],ifelse(s1=="ur", sample(edu[1:2],1, replace = TRUE, prob = c(16,84))
,sample(edu[1:2],1, replace=TRUE,prob = c(55,45))))
```

```

+   s6<-ifelse(age<16|age>60,emploi[2],ifelse(s1=="ur"|s2=="m",sample(emploi,1,replace=T,prob=c(71.7,28.3
+   )),ifelse(s1=="ru"|s2=="m", sample(emploi,1,replace=T,prob=c(78.9,21.1)),ifelse(s1=="ur"|s2=="f", sample(em
+   ploi,1,replace=T,prob=c(58.1,41.9)), sample(emploi,1,replace=T,prob=c(61,39))))))
+   s7<-sample(health,1,replace=T, prob=c(62.5,37.5))
+   initState <- paste(c(s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7),collapse="/")
+   return(initState)
+ }
> initPop <- data.frame(ID=1:N, birthDate=birthDates,initState=sapply(birthDates, getRandInitState))
> #Definition of initial states for newborns
> initState <- rbind(c("m","ur","P","0","no","inactif","fr"),c("m","ur","NP","0","no","inactif","fr"), c("
+ m","ru","P","0","no","inactif","fr"),c("m","ru","NP","0","no","inactif","fr"), c("f","ur","P","0","no","ina
+ ctif","fr"),c("f","ur","NP","0","no","inactif","fr"), c("f","ru","P","0","no","inactif","fr"),c("f","ru","N
+ P","0","no","inactif","fr"))
> # Definition of related occurrence probabilities
> initStateProb <- c(0.06,0.09,0.14,0.21, 0.06,0.09,0.14,0.21)
> #Fertility rates
> fert1Rates <- function(age, calTime, duration){
+   b <- 3.9
+   c <- 28
+   rate <- (b/c)*(c/age)^(3/2)*exp(-b^2*(c/age+age/c-2))*2
+   rate[age<=15 | age>=45] <- 0
+   return(rate)
+ }
> fert2Rates <- function(age, calTime, duration){
+   b <- 3.9
+   c <- 29
+   rate <- (b/c)*(c/age)^(3/2)*exp(-b^2*(c/age+age/c-2))*2
+   rate[age<=15 | age>=45 | duration<0.75] <- 0
+   return(rate)
+ }
> #Taux de mortalité
> mortRates <- function(age, calTime, duration){
+   a <- .00003
+   b <- 0.1
+   rate <- ifelse(age<5, 0.05,a*exp(b*age))
+   return(rate)
+ }
> #Taux de transition éducation primaire
> #Transition no->oui
> eduFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+   rate<- dnorm(age,mean=7,sd=.5)*2
+   rate[age<6.75 | age>13] <- 0
+   return (rate)
+ }
> #Transition oui->no
> eduFunc2<-function(age, calTime, duration) {

```

```

+   rate<- dnorm(age,mean=10,sd=2)*0.5
+   rate[age<=8 | age>13] <- 0
+   return (rate)
+ }
> #Taux de transition pauvreté
> #Transition P->NP
> PauvFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+   rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*10
+   rate[duration<1] <- 0
+   return (rate)
+ }
> #Transition NP->P
> PauvFunc2<-function(age, calTime, duration) {
+   rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*7
+   rate[duration<1] <- 0
+   return (rate)
+ }
> #Taux de transition emploi
> #Transition actif->inactif
> emploiFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+   rate<- dunif(age,min=17,max=60, log=FALSE)
+   rate[age<16 | age>60] <- 0
+   return (rate)
+ }
> #Transition inactif->actif
> emploiFunc2<-function (age, calTime, duration) {
+   rate<- ifelse (age<16 | age>60,0,dnorm(age,mean=40,sd=12))*5
+   return (rate)
+ }
> #Taux de transition health
> #Transition fr->nfr
> healthFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+   rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*5
+   return (rate)
+ }
> #Transition nfr->fr
> healthFunc2<-function(age, calTime, duration) {
+   rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*5
+   return (rate)
+ }
> fertTr <- fertTrMatrix[,1]
> # Execution de la microsimulation
> pop <- micSim(initPop=initPop, transitionMatrix=transitionMatrix, absStates=absStates, maxAge=maxAge, ini
tStates = initStates, initStatesProb= initStatesProb, simHorizon=simHorizon, fertTr=fertTr, dateSchoolEnrol
=dateSchoolEnrol)
> #Conversion au format Long

```

```

> popLF<-convertToLongFormat(pop,migr=FALSE)
> #Conversion au format large
> popWF<-convertToWideFormat(pop)
> #Elimination des doublons au niveau de « ID » de popLF
> popLfdoub<-popLF[ !duplicated(popLF[, "ID"], fromLast=T),]
> #Elimination des morts de l'échantillon final
> popLFdead<-popLfdoub[!(popLfdoub$OD=="dead"),]
> #Détermination de la population en âge d'aller à l'école (7-13 ans)
> agescol<-subset(popLFdead,birthDate>"01/Jan/2012" & birthDate<"01/Jan/2019" )

```

```
summary(popLFdead)
```

ID	birthDate	Tstart	Tstop	statusEntry			
Length:11866	Min. :26/Jul/1931	Min. :01/Jan/2020	Min. :01/Sep/2024	Min. :0.0000			
Class :character	1st Qu.:24/Feb/1992	1st Qu.:01/Jan/2020	1st Qu.:01/Jan/2025	1st Qu.:0.0000			
Mode :character	Median :16/Jan/2008	Median :21/Aug/2022	Median :01/Jan/2025	Median :1.0000			
	Mean :10/Feb/2003	Mean :03/May/2022	Mean :31/Dec/2024	Mean :0.7431			
	3rd Qu.:03/May/2017	3rd Qu.:19/Dec/2023	3rd Qu.:01/Jan/2025	3rd Qu.:1.0000			
	Max. :31/Dec/2024	Max. :31/Dec/2024	Max. :01/Jan/2025	Max. :1.0000			
statusExit	OD	ns	Episode	sex	Resi	Pauv	fert
Min. :0.00e+00	Length:11866	Min. :1.000	Min. :1.000	f:6034	ru:9017	NP:7098	0 :8548
1st Qu.:0.00e+00	Class :character	1st Qu.:1.000	1st Qu.:1.000	m:5832	ur:2849	P :4768	1+:3318
Median :0.00e+00	Mode :character	Median :2.000	Median :2.000				
Mean :8.43e-05		Mean :1.956	Mean :1.956				
3rd Qu.:0.00e+00		3rd Qu.:3.000	3rd Qu.:3.000				
Max. :1.00e+00		Max. :8.000	Max. :8.000				
edu	emploi	health					
low:1897	actif :3383	fr :7447					
no :9969	inactif:8483	nfr:4419					

```
> summary(agescol)
```

ID	birthDate	Tstart	Tstop	statusEntry			
Length:2285	Min. :02/Jan/2012	Min. :01/Jan/2020	Min. :01/Sep/2024	Min. :0.0000			
Class :character	1st Qu.:29/Oct/2013	1st Qu.:01/Sep/2020	1st Qu.:01/Jan/2025	1st Qu.:1.0000			
Mode :character	Median :14/Jul/2015	Median :01/Sep/2022	Median :01/Jan/2025	Median :1.0000			
	Mean :28/Jun/2015	Mean :16/Jun/2022	Mean :31/Dec/2024	Mean :0.7768			
	3rd Qu.:16/Feb/2017	3rd Qu.:19/Dec/2023	3rd Qu.:01/Jan/2025	3rd Qu.:1.0000			
	Max. :30/Dec/2018	Max. :26/Dec/2024	Max. :01/Jan/2025	Max. :1.0000			
statusExit	OD	ns	Episode	sex	Resi	Pauv	fert
Min. :0.0000000	Length:2285	Min. :1.000	Min. :1.000	f:1167	ru:1789	NP:1338	0 :228
1st Qu.:0.0000000	Class :character	1st Qu.:2.000	1st Qu.:2.000	m:1118	ur: 496	P : 947	1+:
Median :0.0000000	Mode :character	Median :2.000	Median :2.000				

Mean :0.0004376

3rd Qu.:0.0000000

Max. :1.0000000

edu           emploi  
low:1182   actif : 0  
no :1103   inactif:2285

Mean :2.195

3rd Qu.:3.000

Max. :7.000

Mean :2.195

3rd Qu.:3.000

Max. :7.000

health  
fr :1290  
nfr: 995

## #scénario d'impact

```
> rm(list=ls())
> #Détermination matrices de transition
> simHorizon<-setSimHorizon(startDate="01/01/2020", endDate="01/01/2025")
> set.seed(210)
> maxAge<-90
> sex <- c("m","f")
> Resi<-c("ur","ru")
> Pauv<-c("P","NP")
> fert <- c("0","1+")
> edu<-c("no","low")
> emploi<-c("actif","inactif")
> health <-c("fr","nfr")
> stateSpace <-expand.grid(sex=sex, Resi=Resi, Pauv=Pauv, fert=fert, edu=edu,emploi=emploi,health=health)
> PauvTrMatrix<-cbind(c("P->NP","NP->P"), c("PauvFunc1","PauvFunc2"))
> fertTrMatrix <- cbind(c("0->1+","1+>1+"),c("fert1Rates", "fert2Rates"))
> eduTrMatrix<- cbind(c("no->low", "low->no"), c("eduFunc1","eduFunc2"))
> emploiTrMatrix<-cbind(c("actif->inactif","inactif->actif"), c("emploiFunc1","emploiFunc2"))
> healthTrMatrix<-cbind(c("fr->nfr","nfr->fr"), c("healthFunc1","healthFunc2"))
> allTransitions <-rbind(PauvTrMatrix, fertTrMatrix, eduTrMatrix, emploiTrMatrix, healthTrMatrix)
> absStates<-"dead"
> absTransitions <- c("dead","mortRates")
> transitionMatrix<-buildTransitionMatrix(allTransitions = allTransitions, absTransitions = absTransitions,
stateSpace=stateSpace)
> # General date of enrollment to elementary school
> dateSchoolEnrol <- "09/01"
> #Détermination population initiale
> N=10000
> initBirthDatesRange <- chron(dates=c("01/01/1931","01/01/2020"), format=c(dates="d/m/Y"), out.format=c(dates="d/m/year"))
> Proba <- c(rep(0.1,4.011*365.25),rep(0.2,5*365.25),rep(0.3,5*365.25), rep(0.5,10*365.25), rep(1,5*365.25)
,rep(2,5*365.25), rep(4.4,5*365.25), rep(4.5,15*365.25), rep(5,5*365.25), rep(7,5*365.25), rep(8,5*365.25),
rep(10,5*365.25), rep(14,5*365.25), rep(16,5*365.25),rep(18,5*365.25))
> birthDates <- dates(initBirthDatesRange[1] + sample(diff(initBirthDatesRange),N, replace=T, prob= Proba))
> getRandInitState <- function(birthDate){
+ age<- trunc(as.numeric(simHorizon[1] - birthDate)/365.25)
+ s1<- sample(sex,1,replace =TRUE, prob=c(48.6,51.4))
+ s2<-sample(Resi,1,replace =TRUE, prob=c(22.7,77.3))
+ s3 <- ifelse(s2=="ur",sample(Pauv,1,replace=TRUE, prob=c(13.7,86.3)),sample(Pauv,1,replace=TRUE, prob=c(4
7.5,52.5)))
+ s4 <- ifelse(age<=15, fert[1], sample(fert,1))
+ s5<- ifelse(age<7|age>13, edu[1],ifelse(s1=="ur", sample(edu[1:2],1, replace = TRUE, prob = c(16,84)),sam
ple(edu[1:2],1, replace=TRUE,prob = c(55,45))))
+ s6<-ifelse(age<16|age>60,emploi[2],ifelse(s1=="ur"|s2=="m",sample(emploi,1,replace=T,prob=c(71.7,28.3)),i
felse(s1=="ru"|s2=="m", sample(emploi,1,replace=T,prob=c(78.9,21.1)),ifelse(s1=="ur"|s2=="f", sample(emploi
,1,replace=T,prob=c(58.1,41.9)), sample(emploi,1,replace=T,prob=c(61,39))))))
```

```

+ s7<-sample(health,1,replace=T, prob=c(62.5,37.5))
+ initState <- paste(c(s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7),collapse="/")
+ return(initState)
+ }
> initPop <- data.frame(ID=1:N, birthDate=birthDates,initState=sapply(birthDates, getRandInitState))
> #Definition of initial states for newborns
> initState <- rbind(c("m","ur","P","0","no","inactif","fr"),c("m","ur","NP","0","no","inactif","fr"), c("m","ru","P","0","no","inactif","fr"),c("m","ru","NP","0","no","inactif","fr"), c("f","ur","P","0","no","inactif","fr"),c("f","ur","NP","0","no","inactif","fr"), c("f","ru","P","0","no","inactif","fr"),c("f","ru","NP","0","no","inactif","fr"))
> # Definition of related occurrence probabilities
> initStateProb <- c(0.06,0.09,0.14,0.21, 0.06,0.09,0.14,0.21)
> #Fertility rates
> fert1Rates <- function(age, calTime, duration){
+ b <- 3.9
+ c <- 28
+ rate <- (b/c)*(c/age)^(3/2)*exp(-b^2*(c/age+age/c-2))*2
+ rate[age<=15 | age>=45] <- 0
+ return(rate)
+ }
> fert2Rates <- function(age, calTime, duration){
+ b <- 3.9
+ c <- 29
+ rate <- (b/c)*(c/age)^(3/2)*exp(-b^2*(c/age+age/c-2))*2
+ rate[age<=15 | age>=45 | duration<0.75] <- 0
+ return(rate)
+ }
> #Taux de mortalité
> mortRates <- function(age, calTime, duration){
+ a <- .00003
+ b <- 0.1
+ rate <- ifelse(age<5, 0.05,a*exp(b*age))
+ return(rate)
+ }
> #Taux de transition éducation primaire
> #Transition no->oui
> eduFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dnorm(age,mean=7,sd=.5)*1.9
+ rate[age<6.75 | age>13] <- 0
+ return (rate)
+ }
> #Transition oui->no
> eduFunc2<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dnorm(age,mean=10,sd=2)*0.7
+ rate[age<=8 | age>13] <- 0
+ return (rate)

```

```

+ }
> #Taux de transition pauvreté
> #Transition P->NP
> PauvFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*10
+ rate[duration<1] <- 0
+ return (rate)
+ }
> #Transition NP->P
> PauvFunc2<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*11
+ rate[duration<1] <- 0
+ return (rate)
+ }
> #Taux de transition emploi
> #Transition actif->inactif
> emploiFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dunif(age,min=17,max=60, log=FALSE)
+ rate[age<16 | age>60] <- 0
+ return (rate)
+ }
> #Transition inactif->actif
> emploiFunc2<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- ifelse (age<16 | age>60,0,dnorm(age,mean=40,sd=12))*3
+ return (rate)
+ }
> #Taux de transition health
> #Transition fr->nfr
> healthFunc1<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*5
+ return (rate)
+ }
> #Transition nfr->fr
> healthFunc2<-function(age, calTime, duration) {
+ rate<- dunif(age,min=0,max=maxAge, log=FALSE)*2
+ return (rate)
+ }
> fertTr <- fertTrMatrix[,1]
> # Execution de la microsimulation
> pop <- micSim(initPop=initPop, transitionMatrix=transitionMatrix, absStates=absStates, maxAge=maxAge, ini
tStates = initStates, initStatesProb= initStatesProb, simHorizon=simHorizon, fertTr=fertTr, dateSchoolEnrol
=dateSchoolEnrol)
Initialization ...
Simulation is running ...
Year: 2021
Year: 2022

```

Year: 2023  
 Year: 2024  
 Year: 2025  
 Simulation has finished.

```
> #Conversion au format Long
> popLF<-convertToLongFormat(pop,migr=FALSE)
> #Conversion au format large
> popWF<-convertToWideFormat(pop)
> #Elimination des doublons au niveau de « ID » de popLF
> popLfdoub<-popLF[ !duplicated(popLF[, "ID"], fromLast=T),]
> #Elimination des morts de l'échantillon final
> popLFdead<-popLfdoub[!(popLfdoub$OD=="dead"),]
> #Détermination de la population en âge d'aller à l'école (7-13 ans)
> agescol<-subset(popLFdead,birthDate>"01/Jan/2012" & birthDate<"01/Jan/2019")
>
> summary(popLFdead)
```

ID	birthDate	Tstart	Tstop	statusEntry			
Length:11876	Min. :15/Dec/1931	Min. :01/Jan/2020	Min. :01/Sep/2021	Min. :0.0000			
Class :character	1st Qu.:18/Aug/1992	1st Qu.:01/Jan/2020	1st Qu.:01/Jan/2025	1st Qu.:0.0000			
Mode :character	Median :04/Dec/2007	Median :01/Sep/2022	Median :01/Jan/2025	Median :1.0000			
	Mean :19/Feb/2003	Mean :11/May/2022	Mean :31/Dec/2024	Mean :0.7433			
	3rd Qu.:10/May/2017	3rd Qu.:25/Dec/2023	3rd Qu.:01/Jan/2025	3rd Qu.:1.0000			
	Max. :01/Jan/2025	Max. :01/Jan/2025	Max. :01/Jan/2025	Max. :1.0000			
statusExit	OD	ns	Episode	sex	Resi	Pauv	fert
Min. :0.0000000	Length:11876	Min. :1.000	Min. :1.000	f:6075	ru:9107	NP:6302	0 :851
1st Qu.:0.0000000	Class :character	1st Qu.:1.000	1st Qu.:1.000	m:5801	ur:2769	P :5574	1+:335
Median :0.0000000	Mode :character	Median :2.000	Median :2.000				
Mean :0.0005894		Mean :1.951	Mean :1.951				
3rd Qu.:0.0000000		3rd Qu.:2.000	3rd Qu.:2.000				
Max. :1.0000000		Max. :8.000	Max. :8.000				
edu	emploi	health					
low: 1736	actif :3099	fr :6964					
no :10140	inactif:8777	nfr:4912					

```
> summary(agescol)
```

ID	birthDate	Tstart	Tstop	statusEntry			
Length:2247	Min. :03/Jan/2012	Min. :01/Jan/2020	Min. :01/Sep/2021	Min. :0.0000			
Class :character	1st Qu.:16/Oct/2013	1st Qu.:01/Sep/2020	1st Qu.:01/Jan/2025	1st Qu.:1.0000			
Mode :character	Median :02/Jul/2015	Median :01/Sep/2022	Median :01/Jan/2025	Median :1.0000			
	Mean :27/Jun/2015	Mean :08/Jul/2022	Mean :29/Dec/2024	Mean :0.7855			

3rd Qu.:17/Feb/2017	3rd Qu.:23/Dec/2023	3rd Qu.:01/Jan/2025	3rd Qu.:1.0000				
Max. :31/Dec/2018	Max. :30/Dec/2024	Max. :01/Jan/2025	Max. :1.0000				
statusExit	OD	ns	Episode	sex	Resi	Pauv	fert
Min. :0.000000	Length:2247	Min. :1.000	Min. :1.000	f:1169	ru:1776	NP:1134	0 :2247
1st Qu.:0.000000	Class :character	1st Qu.:2.000	1st Qu.:2.000	m:1078	ur: 471	P :1113	1+: 0
Median :0.000000	Mode :character	Median :2.000	Median :2.000				
Mean :0.003115		Mean :2.216	Mean :2.216				
3rd Qu.:0.000000		3rd Qu.:3.000	3rd Qu.:3.000				
Max. :1.000000		Max. :6.000	Max. :6.000				
edu	emploi	health					
low:1087	actif : 0	fr :1179					
no :1160	inactif:2247	nfr:1068					

> summary(popLF)

ID	birthDate	Tstart	Tstop	statusEntry			
Length:23872	Min. :15/Dec/1931	Min. :01/Jan/2020	Min. :01/Jan/2020	Min. :0.0000			
Class :character	1st Qu.:25/Mar/1992	1st Qu.:01/Jan/2020	1st Qu.:04/Oct/2022	1st Qu.:0.0000			
Mode :character	Median :26/Jul/2005	Median :22/Jan/2021	Median :22/Dec/2024	Median :1.0000			
	Mean :25/Dec/2001	Mean :03/Aug/2021	Mean :12/Nov/2023	Mean :0.5812			
	3rd Qu.:05/Sep/2015	3rd Qu.:13/Feb/2023	3rd Qu.:01/Jan/2025	3rd Qu.:1.0000			
	Max. :01/Jan/2025	Max. :01/Jan/2025	Max. :01/Jan/2025	Max. :1.0000			
statusExit	OD	ns	Episode	sex	Resi	Pauv	fert
Min. :0.0000	Length:23872	Min. :1.000	Min. :1.000	f:12286	ru:18482	NP:13122	0 :165
13							
1st Qu.:0.0000	Class :character	1st Qu.:2.000	1st Qu.:1.000	m:11586	ur: 5390	P :10750	1+: 73
59							
Median :1.0000	Mode :character	Median :2.000	Median :1.000				
Mean :0.5025		Mean :2.451	Mean :1.725				
3rd Qu.:1.0000		3rd Qu.:3.000	3rd Qu.:2.000				
Max. :1.0000		Max. :8.000	Max. :8.000				
edu	emploi	health					
low: 2905	actif : 6845	fr :14455					
no :20967	inactif:17027	nfr: 9417					

> summary(popLFdoub)

ID	birthDate	Tstart	Tstop	statusEntry
Length:12466	Min. :15/Dec/1931	Min. :01/Jan/2020	Min. :03/Jan/2020	Min. :0.0000
Class :character	1st Qu.:02/Jan/1993	1st Qu.:01/Jan/2020	1st Qu.:01/Jan/2025	1st Qu.:0.0000
Mode :character	Median :07/Aug/2008	Median :02/Aug/2022	Median :01/Jan/2025	Median :1.0000
	Mean :22/Jun/2003	Mean :21/Apr/2022	Mean :20/Nov/2024	Mean :0.7362

	3rd Qu.:19/Feb/2018	3rd Qu.:05/Dec/2023	3rd Qu.:01/Jan/2025	3rd Qu.:1.0000
	Max. :01/Jan/2025	Max. :01/Jan/2025	Max. :01/Jan/2025	Max. :1.0000
statusExit	OD	ns	Episode	sex
Min. :0.00000	Length:12466	Min. :1.000	Min. :1.000	f:6388 ru:9543 NP:6634 0 :9050
1st Qu.:0.00000	Class :character	1st Qu.:1.000	1st Qu.:1.000	m:6078 ur:2923 P :5832 1+:3416
Median :0.00000	Mode :character	Median :2.000	Median :2.000	
Mean :0.04789		Mean :1.915	Mean :1.915	
3rd Qu.:0.00000		3rd Qu.:2.000	3rd Qu.:2.000	
Max. :1.00000		Max. :8.000	Max. :8.000	
edu	emploi	health		
low: 1737	actif :3142	fr :7382		
no :10729	inactif:9324	nfr:5084		