

## UNIVERSITE THOMAS SANKARA

Centre d'Etudes, de Documentation  
et de Recherche Economiques et Sociales (CEDRES)

# REVUE ECONOMIQUE ET SOCIALE AFRICAINE

## SÉRIES ÉCONOMIE

**Commerce extérieur de l'UEMOA :**  
les frontières communautaires comptent-elles ?

Abdoul Kader S. SOMA & Aline MULLER

**Complémentarité des décisions d'adoption  
des semences améliorées et des engrais chimiques  
chez les producteurs de maïs au Burkina Faso**

Bienlo Annick Marina PARE

**Indice de propagation du Covid-19 au Niger  
et prévision de cas potentiels dans les régions touchées**

Nafiou MALAM MAMAN, Badamassi ABOUBACAR, Ali RABIOU,  
Abdou Hamani ADAMOU, Issa Boureima GUIRE, Wadje Roufaye SAIDOU & Habou ISSA

**Effet de la qualité institutionnelle sur les investissements directs  
étrangers dans les pays de l'UEMOA**

Mouhamadou Lamine DIAL

**Effet des transferts de fonds des migrants sur le bonheur  
des ménages récipiendaires au Togo**

Kokouvi Kunalè MAWUENA & Mawussé Komlagan Nézan OKE

La REVUE CEDRES-ETUDES « séries économiques » publie, semestriellement, en français et en anglais après évaluation, les résultats de différents travaux de recherche sous forme d'articles en économie appliquée proposés par des auteurs appartenant ou non au CEDRES.

Avant toute soumission d'articles à la REVUE CEDRES-ETUDES, les auteurs sont invités à prendre connaissance des « recommandations aux auteurs » (téléchargeable sur [www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)).

Les articles de cette revue sont publiés sous la responsabilité de la direction du CEDRES. Toutefois, les opinions qui y sont exprimées sont celles des auteurs.

En règle générale, le choix définitif des articles publiables dans la REVUE CEDRES-ETUDES est approuvé par le CEDRES après des commentaires favorables d'au moins deux (sur trois en générale) instructeurs et approbation du Comité Scientifique.

La plupart des numéros précédents (72 numéros) sont disponibles en version électronique sur le site web du CEDRES [www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)

La REVUE CEDRES-ETUDES est disponible au siège du CEDRES à l'Université Thomas SANKARA et dans toutes les grandes librairies du Burkina Faso et aussi à travers le site web : [www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)

## **DIRECTEUR DE PUBLICATION**

Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA (UTS)

## **COMITE EDITORIAL**

Pr Pam ZAHONOGO, UTS Editeur en Chef

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi

Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé

Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop

Pr Eugénie MAIGA, Université Norbert ZONGO Burkina Faso

Pr Mathias Marie Adrien NDINGA, Université Marien N'Gouabi

Pr Omer COMBARY, UTS

Pr Abdoulaye SECK, Université Cheikh Anta DIOP

Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi

## **SECRETARIAT D'EDITION**

Dr Samuel Tambi KABORE, UTS

Dr Théodore Jean Oscar KABORE, UTS

Dr Jean Pierre SAWADOGO, UTS

Dr Kassoum ZERBO, UTS

## **COMITE SCIENTIFIQUE DE LA REVUE**

Pr Abdoulaye DIAGNE, UCAD (Sénégal)

Pr Adama DIAW, Université Gaston Berger de Saint Louis

Pr Gilbert Marie Aké N'GBO, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Pr Albert ONDO OSSA, Université Omar Bongo (Gabon)

Pr Mama OUATTARA, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Pr Youmanli OUOBA, UTS

Pr Kimséyinga SAVADOGO, UTS

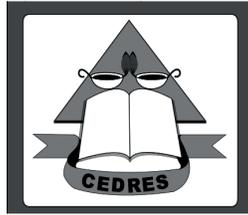
Pr Nasser Ary TANIMOUNE, Université d'Ottawa (Canada)

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Gervasio SEMEDO, Université de Tours

Pr Pam ZAHONOGO, UTS

Centre d'Etudes, de Documentation et de Recherche Economiques et Sociales (CEDRES)



[www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)

# **REVUE CEDRES-ETUDES**

Revue Economique et Sociale Africaine

**REVUE CEDRES-ETUDES N°73**

**Séries économie**

**1<sup>er</sup> Semestre 2022**



# SOMMAIRE

## **Commerce extérieur de l'UEMOA : les frontières communautaires comptent-elles ?.....07**

Abdoul Kader S. SOMA & Aline MULLER

## **Complémentarité des décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques chez les producteurs de maïs au Burkina Faso.....55**

Bienlo Annick Marina PARE

## **Indice de propagation du Covid-19 au Niger et prévision de cas potentiels dans les régions touchées.....82**

Nafiou MALAM MAMAN, Badamassi ABOUBACAR, Ali RABIOU,  
Abdou Hamani ADAMOU, Issa Boureima GUIRE,  
Wadje Roufaye SAIDOU & Habou ISSA

## **Effet de la qualité institutionnelle sur les investissements directs étrangers dans les pays de l'UEMOA.....107**

Mouhamadou Lamine DIAL

## **Effet des transferts de fonds des migrants sur le bonheur des ménages récipiendaires au Togo.....148**

Kokouvi Kunalè MAWUENA & Mawussé Komlagan Nézan OKEY

# **INDICE DE PROPAGATION DU COVID-19 AU NIGER ET PRÉVISION DE CAS POTENTIELS DANS LES RÉGIONS TOUCHÉES**

**MALAM MAMAN M Nafiou**  
mnafiou@yahoo.fr

**SAIDOU Wadje Roufaye**  
roufayrsw@gmail.com

**RABIOU Ali**  
alirabiou@yahoo.fr

**GUIRE Issa Boureima**  
boureimaguire@gmail.com

**ABOUBACAR Badamassi**  
aboubacarbadamassi@yahoo.fr

**Habou ISSA**  
habouniger@gmail.com

**ADAMOU Hamani Abdou**  
adamouhamaniabdou@yahoo.fr

Equipe du laboratoire d'études et de recherches sur l'émergence économique (LAEREE), Université Abdou Moumouni de Niamey, NIGER

## Résumé

La recherche de l'équilibre entre offre et demande publique de santé est depuis le début des années soixante, avec la théorie du capital humain, une préoccupation des économistes et des autorités publiques. Cette situation est d'autant plus prégnante que cet équilibre est instable vue les défis sanitaires qui gonflent la demande et la rareté des ressources financières qui diminue l'offre, surtout dans le contexte des pays en développement comme le Niger. L'objectif de ce document est de contribuer à lutter efficacement contre le Covid-19 au Niger. Sur la base des caractéristiques démo-économiques, issues des données du recensement général de la population (2012) et de l'enquête sur les conditions de vie des ménages et de l'agriculture (ECVMA, 2014), des indices de propagation ont permis d'identifier que les régions de Tillabéri, Maradi et Dosso sont respectivement les plus exposées à la propagation du Covid-19. Leur risque élevé s'explique surtout par la faible prévention de la pandémie. Sachant que Niamey est l'épicentre du Covid-19, nos résultats montrent qu'il est indispensable de limiter les déplacements de la population de Niamey vers les autres régions du pays, ce qui corrobore l'état d'urgence sanitaire de Niamey. En outre, les modèles épidémiologiques utilisés permettent de prévoir quotidiennement et par région le nombre de personnes potentiellement infectées du Covid-19, ainsi que la fourchette des coûts financiers en cas de prise en charge partielle ou totale. Toutefois, comme l'analyse se fonde sur le fait qu'une personne atteinte du Covid-19 n'affecte que les membres de son ménage, il est à craindre le pire dans un contexte de contact quotidien inter-ménages, voire inter-régions, ce qui milite en faveur du confinement total de la population, malgré ses coûts multiformes, pour une riposte sanitaire adéquate.

**Mots clés :** Covid-19, contact endogène, contact exogène, riposte sanitaire, Niger.

## Introduction

L'adéquation entre offre et demande de santé est devenue une préoccupation des économistes depuis l'avènement de la théorie du capital humain. En effet, c'est au début des années soixante que des auteurs comme Schultz (1961), Becker (1975), Mincer (1974) ont mis en évidence, bien qu'exogène, que la qualité et la santé de l'Homme sont aussi des facteurs indispensables de production, souvent plus importants que les facteurs primaires (travail et capital). Cependant, même avec le renouvellement du cadre théorique, par des auteurs comme Romer (1986), Lucas (1988), etc, dans le cadre des théories de la croissance endogène, l'effet de l'éducation et de la santé sur la croissance économique ou sur le gain d'un individu reste élevé. Des tels apports ont fait qu'au-delà des indicateurs simples de mesure de développement, la santé et l'éducation sont prises au côté de l'indicateur du revenu, par le PNUD, pour expliquer le développement humain d'un pays et même le développement durable. C'est dire que lorsque l'éducation ou la santé « va mal », l'indicateur composite du développement qui les incorpore en pâtit. Par conséquent, ni un pays, pris individuellement, ni la Communauté Internationale n'a plus le droit d'observer ou de laisser perdurer certaines situations de dénuement ou de détérioration des indicateurs de santé et d'éducation. Avec le Covid-19, c'est un nouveau défi sanitaire qui s'offre à l'humanité et aux pays affectés qui s'investissent à trouver un équilibre entre l'offre et la nouvelle demande de santé.

En effet, le Covid-19, est une maladie apparue en décembre 2019 à Wuhan (Chine). L'intégration mondiale a favorisé très tôt la propagation de ce virus dans la majorité des pays, ce qui conduit l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) à attribuer au covid-19 un caractère pandémique. À ce jour, il n'existe pas de traitement ni de vaccin face à cette maladie. Dans cette situation, les stratégies nationales semblent se limiter à la réduction du rythme de la propagation du virus. En effet, plusieurs mesures préventives, parfois très drastiques, ont été mises en vigueur. Celles-ci vont de la fermeture des frontières terrestres et aériennes, au confinement total de la population. Le Niger qui vient d'enregistrer son premier cas du

coronavirus le 19 Mars 2020, a déjà adopté une série de mesures préventives. L'objectif ultime du Gouvernement nigérien est, d'une part, d'endiguer la propagation du virus et, d'autre part, d'améliorer la capacité de riposte du système sanitaire.

Il est évident que les mesures adoptées à travers le monde occasionnent d'énormes coûts financiers et même humains, aussi bien pour les pays développés que pour les pays en développement. En effet, pour ces derniers, qui sont déjà financièrement contraints, il est impératif de combattre la pandémie à l'aide d'une politique d'allocation optimale des ressources. Pour cela, l'élaboration d'un indice régional, qui identifie et classe les régions suivant le risque de propagation « endogène » ou « local », pourrait être un bon outil d'aide à la décision pour les autorités au Niger. En outre, dans l'optique d'avoir des interventions efficaces, les actions du pouvoir public peuvent plus se concentrer sur les zones à haut risque de propagation. Aussi, les modèles épidémiologiques utilisés permettent de se prononcer sur les perspectives de politique publique pour une lutte efficace contre le Covid 19 sur le plan national, régional et même départemental, ce qui permet d'adapter la capacité de riposte sanitaire. En somme, des huit régions du Niger, quelles sont celles qui présentent le haut risque de propagation du Covid-19 ? Quelles leçons peut-on tirer du classement ?

La suite du document s'articule autour de la méthodologie et données (II), de l'analyse des résultats (III) et de la conclusion et perspectives (IV).

# I. Méthodologie et données

Cette partie présente d'abord la méthodologie d'élaboration de l'indice de propagation du Covid-19. Ensuite, elle expose les modèles mathématiques utilisés pour prévoir la progression de la maladie.

## 1.1. Indice de propagation du Covid-19

Au cours d'une épidémie, le volume des cas d'infections varie en fonction de la dangerosité du virus et des moyens mis en œuvre pour lutter contre le fléau. En effet, la contamination se base d'abord sur trois facteurs à savoir : le nombre de contacts entre les individus sains et infectés, la facilité qu'a le pathogène à se transmettre lors de ces contacts, la durée pendant laquelle les patients sont infectés (Koppe, 2020). Ce qui permet d'estimer la vitesse de propagation de la maladie.

Pour mesurer la vitesse potentielle, nous construisons un indice basé sur la méthode de la distance des frontières. Cette méthode est utilisée dans le cas de l'élaboration d'indice du développement humain, de l'indicateur du Doing Business etc (PNUD, 1990 ; Banque Mondiale, 2016). L'indice est constitué de trois (3) dimensions notamment les interactions sociales, les capacités préventives et la démographie. Il vise à identifier les régions qui présentent des écosystèmes favorables à une propagation de cette maladie.

La dimension interaction sociale renvoie au degré de contact entre les personnes vivant dans une localité donnée. Elle permet d'identifier les régions où le virus peut facilement se propager grâce à la promiscuité. Pour appréhender cette dimension, nous utilisons deux (2) indicateurs à savoir Gene de la région et la taille moyenne des ménages de la région. La densité révèle le niveau de contact externe, c'est-à-dire le nombre de personnes qu'un individu peut rencontrer en dehors des membres de son ménage. La taille du ménage relève du taux de contact interne. Autrement dit, le nombre de personnes qu'un individu peut rencontrer au sein de son ménage.

**La densité** : elle se mesure en rapportant la taille de la population à la superficie totale de la région. L'idée est que la promiscuité favorise la contamination et de là, la propagation d'une maladie contagieuse (OMS, 2007). On postule l'hypothèse que les milieux les plus denses constituent des terrains faciles à la propagation.

**La taille moyenne du ménage** : c'est le nombre moyen de personnes vivant dans un ménage d'une localité donnée. Elle renforce l'estimation de la promiscuité à l'intérieur d'une zone.

S'agissant de la dimension capacité préventive, elle traduit les aptitudes socioéconomiques des personnes à appliquer les mesures d'hygiène préventives édictées par les structures sanitaires. Nous appréhendons cet aspect par deux (2) indicateurs notamment le taux d'analphabétisme et le taux de pauvreté. En effet, Reichstadt et Fourquet (2020) trouvent que, en France, le niveau de vie et le bagage socioculturel d'une personne augmentent son degré d'adhésion à une thèse "complotiste" qui serait à l'origine du Covid-19. Ils constatent que les classes socioculturelles défavorisées estiment davantage que la pandémie du Covid-19 résulterait d'une thèse conspirationniste mise en œuvre par les puissances institutionnelles ou financières pour servir leurs propres intérêts. En ce sens, ces catégories sociales auront tendance à moins se prémunir face à cette maladie. À l'Île de la Réunion, Setbon (2009) observe également que les couches les plus défavorisées tant sur le plan socioéconomique que sur le niveau d'éducation adhèrent plus à une version contradictoire de la version « officielle » sur le vecteur de transmission du virus du Chikungunya.

**Le taux d'analphabétisme** : il se définit comme la proportion de la population analphabète dans la population totale de la région. L'analphabétisme augmente l'engagement civique des citoyens (Larreguy et Marshall, 2017). Il intègre chez les personnes une prédisposition au respect de mesures édictées par la législation. Il accroît aussi les chances d'avoir accès à l'information au travers d'un usage plus accru des réseaux sociaux et d'internet. Ainsi, on suppose que les zones à fort taux d'analphabétisme sont à la fois les moins réceptives et consentantes aux mesures officielles établies dans le cadre de la lutte contre une pandémie.

**Le taux de pauvreté de la région** : il se mesure en rapportant le nombre de personnes pauvres dans la population totale de la région. La prise en compte de cet indicateur réside dans le fait que les personnes démunies manquent de ressources monétaires supplémentaires pouvant être allouées à l'achat d'articles sanitaires de protection et d'hygiène. Notamment, les prix de ces derniers ont tendance à croître en temps de crise sanitaire en réaction à la demande croissante de la population en ces articles.

La dimension démographie renvoie à la facilité qu'a le virus de se transmettre dans une zone du fait de la structure par âge de la population. Nous captions cette dimension par l'indicateur taille de la population âgée (50 ans et plus).

**La taille de la population adulte** : elle correspond à la proportion de la population âgée de 50 ans et plus dans la population totale. L'utilisation de cet indicateur est fondée sur les premiers constats qui laissent entrevoir que les personnes âgées sont plus exposées à la maladie. C'est dire que les régions qui comptent davantage de personnes âgées de 50 ans et plus, sont plus susceptibles d'enregistrer une forte intensité de la maladie. La raison du choix de la taille de la population âgée est qu'elle permet de considérer les régions qui peuvent présenter une forte intensité de la maladie bien qu'elles observent une faible incidence de celle-ci. Autrement dit, la répartition des ressources économiques pourra réduire non seulement le risque de propagation mais aussi le risque de sévérité.

L'élaboration de l'indice se résume en deux étapes. En premier lieu, on mesure le score de chaque région dans les indicateurs susmentionnés. Les scores ( $S_{ij}$ ) dans les différents indicateurs (j) sont obtenus par la méthode de distance de la frontière suivant l'équation (1).

$$S_{ij} = \frac{(X_{ij} - \text{Min}(j))}{\text{Max}(j) - \text{Min}(j)} \quad (1)$$

Soit  $S_{ij}$  : le score de la région (i) dans l'indicateur (j) ;  $X_{ij}$  = la valeur de i dans l'indicateur j ;  $Max_j$  : la valeur maximale nationale pour l'indicateur j,  $Min_j$  : la valeur minimale nationale pour l'indicateur j.

En deuxième lieu, un score total de chaque région ( $C_i$ ) est calculé en sommant les scores dimensionnels de cette même région par la formule (2)

$$C_i = \sum_{j=1}^p S_{ij} \quad (2)$$

Avec j allant de 1 à p.

L'indice élaboré est dénommé indice de propagation du Covid-19 (IPCo). Il faut souligner qu'il se limite à l'identification des régions où le risque de propagation locale ou endogène est élevé. Il n'appréhende pas le risque d'autocorrélation spatiale inhérent aux externalités frontalières. En d'autres termes, l'IPCo évalue la probabilité de propagation intra région et non inter région. Aussi, l'indice ne traduit pas la capacité du système sanitaire de la région. Il se focalise uniquement sur l'objectif de circonscrire la propagation.

## 1.2. Modèles de la progression du Covid-19

Les modèles de prévision de la progression d'une épidémie se répartissent en deux catégories. Il y'a les modèles agrégés à l'échelle des populations et les modèles distribués à l'échelle des individus. Les modèles développés dans le cadre du Covid-19 entrent dans la première catégorie où des équations différentielles présagent la progression de l'état de quatre genres de population à savoir : Saine, Exposée, Infectée et Remise (Koppe, 2020). On retrouve plusieurs types de modèles agrégés parmi lesquels on dénote le modèle exponentiel, le modèle SIS, le modèle SIR (Guennebaud, 2011 ; Falconnet et Jégo, 2015).

Pour le modèle Exponentiel, la progression de l'épidémie est modélisée à travers l'équation :

$$M_n = C(1-r)M_{n-1} \quad (3)$$

Avec  $M_n$  représentant le nombre de nouveaux malades ;  $M_{n-1}$  : le nombre d'anciens malades ;  $C$  : le taux de contact c'est-à-dire le nombre de personnes qu'un malade rencontre par unité de temps ;  $r$  : la résistance naturelle à la maladie autrement dit la proportion de personnes immunisées au travers d'une vaccination ou naturellement.

Le modèle SIS (Susceptibles-Infectés-Susceptibles) décrit la progression des personnes susceptibles d'être infectées et celle des personnes infectées. Il postule comme hypothèse la réinfection d'une personne déjà guérie de la maladie. C'est dire qu'une personne déjà remise de la maladie est susceptible d'être à nouveau contaminée. C'est cette hypothèse qui distingue les modèles SIS des modèles SIR (Susceptibles-Infectés-Remises). Ceux-ci supposent qu'une personne guérie ne fait plus partie de la population susceptible.

Dans le modèle SIS, la modélisation est constituée des équations à travers le système (4).

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{N}SI + (b + \gamma)I \\ \frac{dI}{dt} = \frac{\beta}{N}SI - (b + \gamma)I \end{cases} \quad (4)$$

Où  $S$  : le nombre de personnes susceptibles d'être infectées ;  $\beta$  : le taux de contact ;  $b$  : le taux de natalité ;  $\gamma$  : le taux de guérison ;  $N$  : la population totale.

Pour le modèle SIR, le système (5) en présente les équations.

$$\begin{cases} S' = bN - bS - \frac{\beta}{N} SI \\ I' = \frac{\beta}{N} SI - \gamma I - bI \end{cases} \quad (5)$$

Il faut souligner que l'ensemble de ces modèles se fondent sur des hypothèses simplifiées de la réalité. Parmi celles-ci, on peut citer : le fait que les contacts sont distincts, la constance de la population totale, etc. Pour estimer l'IPCo et l'évolution de la pandémie, nous utilisons les données relatives au recensement général de la population de 2012, et à l'enquête des conditions de vie des ménages et de l'agriculture de 2014.

## II. Analyse des résultats

Dans cette section, les résultats obtenus sont analysés en commençant par les enseignements de l'IPCo des régions et ensuite les estimations de la propagation du Covid-19 dans les régions déjà affectées.

### 2.1. Enseignements de l'IPCo calculé par région

Le contenu du Tableau I nous révèle que les régions à haut risque sont celles de Tillabéri, Maradi et Dosso. Les régions de Niamey et Agadez affichent les plus faibles risques. Les régions de Tahoua, Zinder, Diffa indiquent relativement un niveau de risque modéré (Carte 1). En effet, la région où la maladie risque de faire une incidence élevée est la région de Tillabéri. Cela s'explique principalement par la faible capacité préventive de sa population (Carte 2). La région de Niamey présente un faible risque bien que la densité soit élevée. Cela tient au fait que les habitants de Niamey disposent d'une forte capacité préventive.

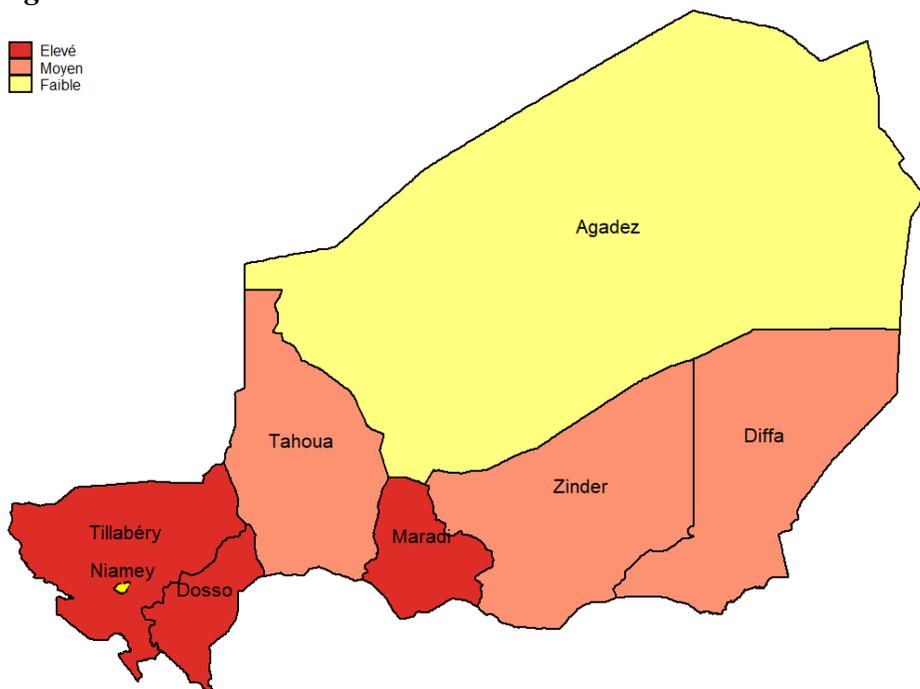
**Tableau I : IPCo suivant les régions**

Région	IPCo
Tillabéri	3,50
Maradi	3,44
Dosso	3,13
Tahoua	2,93
Zinder	2,09
Diffa	2,05
Agadez	1,87
Niamey	1,85

*Source : auteurs à partir des données du RGPH-2012 et ECVMA-2014*

Les résultats montrent que le risque de propagation semble plus élevé ailleurs que dans la région de Niamey où les premiers cas ont été détectés. Dans cette situation, la solution est d'empêcher une propagation interrégionale. La stratégie d'isolement de Niamey est indispensable. Les contrôles frontaliers doivent être renforcés afin de contenir la pandémie dans cette zone. Au cas contraire, le point d'inflexion de la pandémie tardera.

**Carte 1 : niveau de risque de la propagation locale du Covid-19 selon les régions**

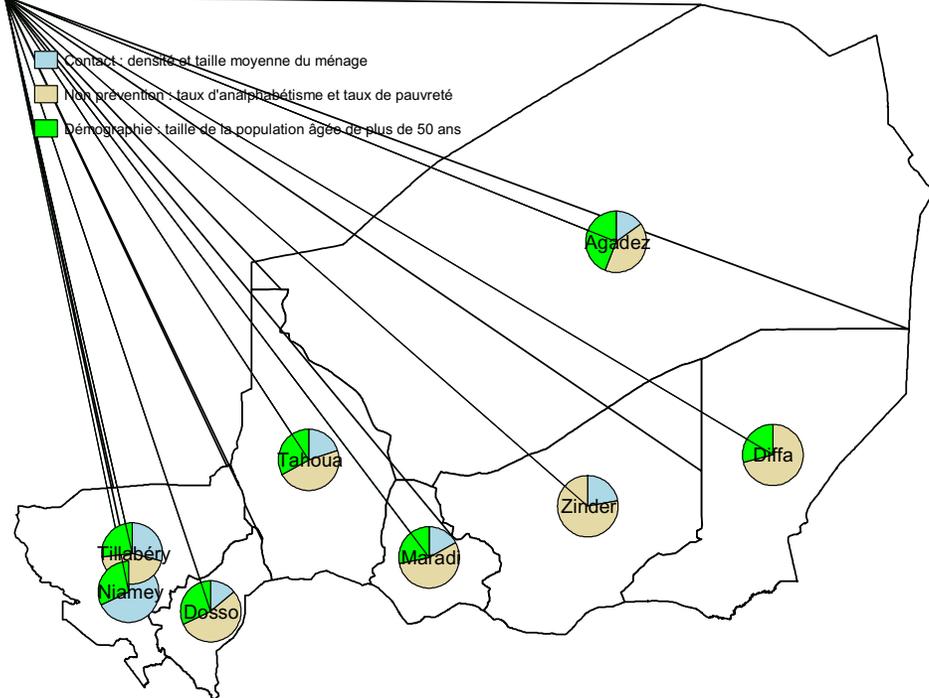


**Source : auteurs à partir des données du RGPH-2012 et ECVMA-2014**

La Carte 2 montre la contribution de chaque dimension à l'explication de la valeur de l'indice de la région. On rappelle que l'évaluation de l'IPC<sub>o</sub> se base sur trois dimensions notamment l'interaction sociale, la capacité préventive et la démographie. La dimension interaction sociale se manifeste par le nombre de contacts c'est-à-dire le nombre de personnes qu'un individu rencontre en une unité de temps. La dimension capacité préventive renvoie au degré de comportements non préventifs des habitants de la région, inhérents à la fois à leur niveau de vie et d'alphabétisme. Concernant la dimension démographie, elle capte la facilité qu'a le pathogène de se transmettre lors des interactions sociales du fait de la structure démographique de la région. En l'occurrence, lorsque la région compte un nombre élevé de personnes âgées de plus de 50 ans. L'examen de la contribution dimensionnelle permet d'élaborer des stratégies différenciées suivant les régions. En effet, on observe pour chaque région les dimensions qui tirent vers le haut, donc qui alimentent le risque de propagation. A titre illustratif, en dehors de Niamey, la valeur

des autres IPCo est dominée par la non-prévention. Ainsi, rien que l'amélioration de ce dernier sous indicateur participerait de la lutte contre la pandémie au niveau des 7 régions du Niger.

**Carte 2 : Contribution par dimension à l'IPCo suivant les régions**



**Source : auteurs à partir des données RGPH-2012 et ECVMA-2014**

En raison du caractère infini des dimensions à intégrer, des tests de Spearman et de Kendall sont effectués pour confirmer si l'IPCo précédemment mesuré est robuste. Nous avons ainsi examiné cette robustesse en variant les indicateurs utilisés dans le calcul de l'indice et comparé ensuite le rang de chaque région. Plusieurs tests notamment le coefficient de corrélation des rangs de Spearman et celui de Kendall ont permis de calculer le degré de corrélation des rangs entre l'ordre original (avec cinq sous indicateurs) et l'ordre alternatif (obtenu avec quatre sous indicateurs par exemple). Nous choisissons comme alternative de calculer un indice avec quatre indicateurs au lieu de cinq. Nous omettons ainsi

l'indicateur taille de la population âgée de plus de 50 ans. Les résultats que nous avons obtenus pour la statistique de Spearman est de 0,95\*\*\* et celle de Kendall est 0,85\*\*\*. Ces coefficients révèlent ainsi que l'IPCo calculé est robuste. Dans le premier cas, 95 %, des régions maintiennent leur rang et dans le second cas, 85 % y occupent leur place ; malgré la variation des sous indicateurs de l'IPCo. Les régions à haut risque y demeurent bien que les indicateurs aient changé. Il existe donc une relation fortement positive entre l'ordre original et l'ordre alternatif.

## **2.2. Estimation de la progression du Covid-19 au Niger**

Nous utilisons le modèle exponentiel pour prévoir le nombre potentiel de personnes infectées. La difficulté, à laquelle nous nous sommes confrontées, réside dans l'estimation du taux de contact puisque l'épidémie débute au Niger. Cependant, on peut approximer les nouveaux malades sur la base du taux de contact interne par région. Celui-ci est appréhendé par taille du ménage par région. On suppose qu'un malade rentre en contact chaque jour avec l'ensemble des membres du ménage qui devient des éventuels contaminés. La limite de cette modélisation est qu'elle n'intègre pas le taux de contact externe. Autrement dit, le nombre de personnes que le malade rencontre à l'extérieur du ménage. L'estimation des nouveaux malades est fonction du nombre de cas détectés. Ce modèle est fondé sur plusieurs hypothèses à savoir :

1. le nombre de contacts est distinct. Deux personnes infectées ne rentrent pas en contact avec les mêmes personnes ;
2. une personne infectée peut rencontrer en une journée l'ensemble des membres de son ménage ;
3. le contact avec l'extérieur est limité du fait de la série de mesures interdisant les rassemblements des personnes et celle favorisant le confinement des cas confirmés positifs et ceux suspects ;

---

<sup>1</sup> Les résultats mentionnés avec trois étoiles (\*\*\*) indiquent qu'ils sont significatifs à un seuil de 99%.

4. il n'existe pas de résistance naturelle d'une catégorie de la population face à la maladie. Toute personne qui entre en contact avec une personne infectée peut être contaminée.

Niamey, Maradi, Dosso, Zinder sont les régions où des cas de covid-19 ont été détectés à la date du 05 avril 2020. Le dernier bilan fait état de cent-quatre vingt-quatre (184) cas de covid-19 dont deux (2) à Maradi, un (1) à Dosso, un (1) à Zinder et le reste à Niamey. Le contenu du tableau 2 ci-après montre la progression de la pandémie du Covid-19 dans les régions qui sont affectées, sur la base du bilan du 05 avril 2020. Elle indique les cas potentiels susceptibles d'être contaminés selon un scénario optimiste. Celui-ci manifeste une situation où la taille réelle de tous les ménages de la région est très proche de la taille moyenne des ménages de cette région. En d'autres termes, il n'existe pas d'écart entre le nombre total de personnes résidant dans un ménage à l'autre. On rappelle que le taux moyen de contact interne correspond à la taille moyenne des ménages de la région. Et, la détermination des cas suspects potentiels est basée sur résultats du modèle exponentiel détaillé plus haut.

**Tableau II : Scénario optimiste**

Région	Nombre de personnes infectées	Nombre moyen de contacts internes par infectée <sup>2</sup>	Nombre de personnes susceptibles d'être infectées (Cas suspect)
Agadez	0	8,84	0
Diffa	0	8,04	0
Dosso	1	9,31	9
Maradi	2	9,62	19
Tahoua	0	9,66	0
Tillabéri	0	10,9	0
Zinder	1	9,38	9
Niamey	180	8,78	1581
<b>National</b>	<b>184</b>	<b>-</b>	<b>1618</b>

**Source : auteurs à partir des données du ministère de la Santé Publique**

<sup>2</sup> Le nombre moyen de contact interne correspond à la taille moyenne des ménages de la région

À titre illustratif, pour la région de Niamey, avec un taux de contact moyen mesuré à près de neuf (8,78), nous obtenons mille cinq cent quatre-vingt-un (1581) cas potentiels de nouveaux malades à la date du bilan du 05 avril 2020. S'agissant de Maradi, avec un taux de contact mesuré à près de dix (9,66), les prévisions indiquent dix-neuf (19) cas potentiels de nouveaux malades.

Le tableau 3 ci-dessus indique la progression de la pandémie du Covid-19 dans les régions qui sont affectées selon un scénario pessimiste, sur la base du bilan du 05 avril 2020. Ce scénario exprime une situation où la taille réelle des ménages est à son niveau maximal. C'est dire que tous les ménages de la région comptent le nombre maximal de personnes par ménage observé dans cette région. Le taux maximal de contact interne correspond à la taille maximale des ménages de la région. La détermination des cas suspects potentiels est basée sur résultats du modèle exponentiel détaillé plus haut.

**Tableau III : Scénario pessimiste**

Région	Nombre de personnes infectées	Nombre moyen de contacts internes par infectée <sup>3</sup>	Nombre de personnes susceptibles d'être infectées (Cas suspect)
Agadez	0	20	0
Diffa	0	27	0
Dosso	1	31	31
Maradi	2	21	42
Tahoua	0	23	0
Tillabéri	0	33	0
Zinder	1	25	25
Niamey	180	28	5040
<b>National</b>	<b>184</b>	<b>-</b>	<b>5138</b>

*Source : auteurs à partir des données du ministère de la Santé Publique*

<sup>3</sup> Le nombre maximal de contact interne renvoie à la taille maximale des ménages de la région.

Ici, pour la région de Niamey, le niveau maximal de contamination interne peut atteindre cinq mille quarante (5040) cas potentiels avec un taux maximal de contact interne de vingt-huit (28) pour Niamey. En d'autres termes, en moyenne 5040 personnes « proches » pourraient être contaminées à la date du 5 avril 2020. S'agissant de la région de Maradi, le scénario pessimiste, avec un taux de contact interne de vingt-un (21), indique quarante-deux (42) cas potentiels de contaminés. Sur cette base, les coûts prévisionnels qu'occasionnerait la pandémie peuvent être esquissés suivant le tableau 4 ci-après.

**Tableau IV : Coûts journaliers estimatifs liés au Covid-19 dans une structure sanitaire**

Personnes	Prise en charge partielle		Prise en charge totale		
	Taux de contact moyen	Taux de contact maximal	Taux de contact moyen	Taux de contact maximal	
A tester	$C_{minpcp} = \text{Coût du test} * N_{min}$	$C_{maxpcp} = \text{Coût du test} * N_{max}$			
Testées et prises en charge	$C_{minpcp} = \text{Coût du test} * N_{min}$	$C_{maxpcp} = \text{Coût du test} * N_{max}$	$C_{min} \text{ pct} = N_{min} * \text{Coût en charge}$	$C_{max} \text{ pct} = N_{max} * \text{Coût en charge}$	
Coût total journalier (CTj)	$C_{Tminpcp} = \text{la somme de la colonne}$	$C_{Tmaxpcp} = \text{la somme de la colonne}$	$C_{Tminpct} = \text{de la somme de } C_{minpcp} \text{ et de } C_{min} \text{ pct}$	$C_{Tmaxpct} = \text{de la somme de } C_{maxpcp} \text{ et de } C_{max} \text{ pct}$	$= C_{Tj} \text{ min} + C_{Tminpcp} + C_{Tminpct}$ $= C_{Tj} \text{ max} + C_{Tmaxpcp} + C_{Tmaxpct}$

Avec :  $N_{\min}$  : nombre minimum des personnes infectées prévues de la région

$N_{\max}$  : nombre maximum des personnes infectées prévues de la région

$C_{\min \text{ pcp}}$  : coût minimum de la prise en charge partielle

$C_{\max \text{ pcp}}$  : coût maximum de la prise en charge partielle

$C_{\min \text{ pct}}$  : coût minimum de la prise en charge totale

$C_{\max \text{ pct}}$  : coût maximum de la prise en charge totale

$CT_{\min \text{ pct}}$  : coût total minimum de la prise en charge totale

$CT_{\max \text{ pct}}$  : coût total maximum de la prise en charge totale

$CT_j \min$  : coût total minimum journalier

$CT_j \max$  : coût total maximum journalier.

## Conclusion et perspectives

L'étude examine la propagation endogène du Covid-19 à travers l'élaboration d'un indice de propagation (IPCo) de cette maladie et de l'estimation de son évolution. Il s'agit d'identifier d'abord les écosystèmes les plus favorables à la propagation du virus. Ensuite, il convient de prévoir le nombre potentiel de personnes contaminées. On retrouve que les régions à haut risque de propagation sont celles de Tillabéri, Maradi et Dosso. Autrement dit, celles-ci seront plus susceptibles d'enregistrer de nombreux cas de la maladie une fois que cette dernière y pénètre dans la zone. Nous remarquons que le pire n'est pas à craindre à Niamey, mais plutôt ailleurs notamment dans les régions susmentionnées. De fait, nous suggérons au Gouvernement d'allouer plus de ressources matérielles et humaines à ces régions dans le cadre de l'application des mesures préventives. À la date du 05 avril 2020, les prévisions pour la région de Niamey présentent mille cinq cent quatre-vingt-un (1581) cas potentiels de nouveaux malades. Le niveau maximal de contamination interne peut atteindre cinq mille quarante (5040) cas potentiels. Par ailleurs, pour la région de Maradi, ce sont en moyenne-vingt-un (19) personnes « proches » qui pourraient être contaminées et au maximum quarante-deux (42) personnes peuvent s'y retrouver. Le nombre de personnes potentiellement infectées souligne les défis (matériels : tests de dépistage, nombre de lits, d'hôpitaux, etc ; et humains : médecins, infirmiers, etc) qui attendent les autorités pour adapter l'offre sanitaire à la demande. **Nous remarquons que la région de Niamey exprime un écosystème moins favorable à la propagation du Covid-19 comparé aux autres régions. En d'autres termes, même si Niamey est l'épicentre de cette pandémie, elle n'en resterait pas la plus touchée, ce qui corrobore la mesure d'isolement de Niamey prise**

**par le Gouvernement.** La propagation du virus dans cette zone pourrait tenir compte principalement des interactions sociales. Les interdictions de rassemblements devraient être durcies dans cette zone.

Une telle analyse peut aisément être transposée au niveau des régions et des départements, ce qui faciliterait une riposte sanitaire adéquate.

Toutefois, la limite de cette étude réside dans l'omission des risques de propagation externes, c'est-à-dire le cas d'une contamination inter ménages ou inter régions. Une telle perspective ouvre la voie à un confinement total de Niamey, voire des localités identifiées à haut risque du pays.

## Références bibliographiques

**Banque Mondiale (2016).** Mesure de la qualité et de l'efficacité du cadre réglementaire. Rapport Doing Business, Washington DC 20433.

**Becker, G. (1975).** Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. University of Chicago Press, United States of America.

**Brauer, F., Van Den Driessche, P., et Wu, J. (2008).** Mathematical Epidemiology. Lectures notes in Mathematics, Springer.

**Martin, k., (2020).** Comment sont conçus les modèles des épidémies? Journal du CNRS. Récupéré sur <https://lejournal.cnrs.fr/articles/covid-19-comment-sont-concus-les-modeles-des-epidements>

**Daudé, E., (2020).** Comment sont conçus les modèles des épidémies ?. Journal du CNRS. Récupéré sur <https://lejournal.cnrs.fr/articles/covid-19-comment-sont-concus-les-modeles-des-epidements>.

**Falconnet, H., et Jégo, A. (2015).** Modéliser la propagation d'une épidémie. Mémoire de fin d'études.

**Guennebaud, B. (2011).** Les épidémies de grippe peuvent-elles être modélisées. D.Tarte médecin du travail – Colloque Sfsp - Lille 2-4 novembre 2011.

**Kermack, W. et McKendrick, A. (1927).** Contributions to the mathematical theory of epidemics. Proc R Soc A 115 : 700–721.

**Larreguy, H., et Marshall, J. (2017).** The effect of education on civic and political engagement in nonconsolidated democracies: evidence from Nigeria. The Review of Economics and Statistics, 99(3): 387–401.

**LUCAS, R., (1988).** On the Mechanics of Economic Development. Journal of Monetary Economics, vol. 22, 3-42.

**Mincer, J. (1974).** Schooling, experience and earning, New York/Londres, Columbia

University Press.

**OMS (2007).** Rapport sur la Santé dans le monde : la sécurité sanitaire mondiale au XX<sup>e</sup> siècle. Récupéré sur [https://www.who.int/whr/2007/07\\_report\\_fr.pdf?ua=1](https://www.who.int/whr/2007/07_report_fr.pdf?ua=1)

**PNUD (1990).** Rapport sur le développement humain 1990 : Définir et mesurer le développement humain. New York. Récupéré sur [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_1990\\_fr\\_complet\\_nostats.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_1990_fr_complet_nostats.pdf).

**Reichstadt, R. et Fourquet, J. (2020).** L'Epidémie dans l'Epidémie : THÈSES COMLOTISTES ET COVID-19. Récupéré sur [https://jean.jaures.org/sites/default/files\\_rapport\\_covid\\_19.pdf](https://jean.jaures.org/sites/default/files_rapport_covid_19.pdf).

**ROMER, P. (1986).** Increasing Returns and Long-Run Growth. The Journal of Political Economy, vol. 94, n. 5, 1002-1037.

**Setbon, M. et Raude, J. (2008).** Le Chikungunya à la Réunion : Facteurs Sociaux, Environnementaux et Comportementaux en Situation Épidémique. Population vol.63 pages 555 à 583.

