

L'ironie du Corona: Épidémie de Covid-19 et développement en Afrique. Les 6 premiers mois (février – août 2020)

Michel GARENNE

 MICHEL GARENNE, Senior Fellow, FERDI, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, France • Institut Pasteur, Épidémiologie des Maladies Émergentes, Paris, France • Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMI Résiliences, Bondy, France • MRC/Wits Rural Public Health and Health Transitions Research Unit, School of Public Health, Faculty of Health Sciences, University of the Witwatersrand, Johannesburg.

Contact : mgarenne@hotmail.com

Résumé

L'étude porte sur les six premiers mois de l'épidémie de Covid-19 dans les 56 pays et territoires d'Afrique. Elle relie les paramètres épidémiologiques (incidence, létalité) à des paramètres démographiques (densité de population, urbanisation, degré de concentration, fécondité, mortalité, structure par âge), à des paramètres économiques (PIB par tête, transport aérien), et à des paramètres de santé publique (densité médicale). Les données épidémiologiques sont les cas et les décès déclarés à l'OMS, et les autres proviennent des bases de données des Nations Unies, de la Banque Mondiale ou d'autres organismes.

... / ...

Mots clef : Covid-19; Démographie; Transition démographique; Épidémiologie; Transition sanitaire; Santé publique; Développement économique; Afrique.

.../... Les résultats montrent que la diffusion du Corona-virus a été assez rapide en Afrique, quoique moins rapide que dans le reste du monde, puisqu'en 3 mois tous les pays ont été touchés, et qu'en 6 mois environ 1,1 million de personnes (0,1% de la population) étaient diagnostiqués positifs au Corona-virus. La dynamique de l'épidémie a été assez régulière entre avril et juillet, avec un taux net de reproduction $R_0=1,35$, mais elle tend à se ralentir, et le R_0 est passé en dessous de 1,0 fin juillet. Les différences d'incidence sont très fortes entre les pays, et sont surtout corrélées avec la densité de population et l'urbanisation, et dans une moindre mesure avec le PIB par tête et la structure par âge de la population. Les différences de létalité sont moins fortes, et surtout corrélées avec le niveau de mortalité de la population. Dans l'ensemble, l'Afrique apparaît très hétérogène, et certains pays sont gravement touchés alors que d'autres le sont très peu.

Mots-clés : Covid-19 ; Démographie ; Transition démographique ;
Epidémiologie ; Transition sanitaire ; Santé publique ;
Développement économique ; Afrique.

Abstract (English)

The study covers the first six months of the Covid-19 epidemic in the 56 countries and territories of Africa. It links epidemiological parameters (incidence, case-fatality) with demographic parameters (population density, urbanization, population concentration, fertility, mortality, age structure), with economic parameters (GDP per capita, air transport), and with public health parameters (medical density). Epidemiological data are cases and deaths reported to WHO, and other variables come from databases of the United Nations, the World Bank, and other agencies. Results show that the spread of Covid-19 was fairly rapid in Africa, although slower than in the rest of the world, since in 3 months all countries were affected, and in 6 months approximately 1.1 million people (0.1% of the population) were diagnosed positive for Covid-19. The dynamics of the epidemic were fairly regular between April and July, with a net reproduction rate $R_0 = 1.35$, but tended to slow down afterwards, and the R_0 fell below 1.0 at the end of July. The differences in incidence were very strong between countries, and were correlated primarily with population density and urbanization, and to a lesser extent with GDP per capita and the age structure of the population. The differences in case-fatality were smaller, and correlated primarily with the level of mortality in the population. Overall, Africa appeared very heterogeneous, with some countries severely affected while others very little.

Keywords: Covid-19; Demography; Demographic transition ; Epidemiology ; Health transition; Public health ; Economic development ; Africa.

Introduction

Pour la plupart des maladies infectieuses, on observe une relation négative entre prévalence, incidence ou mortalité de la maladie et le niveau de développement économique et social. Plus un pays est avancé dans le développement économique et dans la transition démographique, plus le contrôle des maladies infectieuses y est efficace, et ces dernières sont moins fréquentes et moins mortelles. Cependant, ceci n'est pas toujours le cas pour les maladies émergentes. Le cas du VIH/sida avait frappé les esprits dans les premières années de l'épidémie: les pays les plus avancés étaient souvent les plus touchés, comme les Etats Unis sur le continent américain ou l'Afrique du sud sur le continent africain. De plus, sur le plan micro (au niveau de l'individu), dans la première phase de l'épidémie, on observait aussi plus de VIH/sida chez les personnes plus aisées, plus éduquées, plus urbaines que chez les autres, que ce soit en Europe, en Amérique ou en Afrique. Certes, la situation a évolué avec la maturation de l'épidémie, et en Afrique notamment on a observé une inversion de cette relation, c'est-à-dire que les couches sociales défavorisées sont plutôt plus touchées, car les couches favorisées ont pris conscience du danger plus précocement, ont pratiqué la prévention plus efficacement, et ont bénéficié plus tôt des traitements médicaux [Fortson 2008 ; Hajizadeh et al. 2014 ; Wojcicki 2005].

Qu'en est-il du Corona-virus ? Ce virus, officiellement appelé SARS-COV2, émerge en Chine à la fin de l'année 2019, il est rapidement identifié et est déclaré à l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) le 14 janvier 2020, et s'est répandu depuis à travers le monde touchant pratiquement tous les pays en quelques mois. Il s'agit d'un virus du groupe des β -Corona-virus, nouveau pour les humains, c'est-à-dire une maladie émergente. Il est très contagieux, il se transmet de plusieurs manières : de personne à personne par aérosol, surtout suite à la toux qu'il provoque chez la personne infectée, et il peut se maintenir plusieurs heures en atmosphère confinée, ainsi que par contact direct ou indirect (mains, embrassades, surfaces souillées, etc.). Le virus a différentes manifestations cliniques, allant de l'infection asymptomatique, à la maladie bénigne, à la maladie sévère nécessitant l'hospitalisation et peut causer le décès, surtout chez les personnes âgées ou ayant des facteurs de risques particuliers (diabète, hypertension, etc.) [Velavan et Meyer 2020]. Le fait qu'il provoque souvent des infections asymptomatiques, surtout chez les jeunes, rend difficile sa détection en population générale. Le diagnostic se fait par détection du virus par RT-PCR (*Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction*) lors d'un prélèvement nasal, chez les sujets ayant des formes cliniques, chez les contacts que l'on trace dans les études de contagion, ou chez les personnes souhaitant connaître leur statut infectieux. Plus la forme clinique est grave, plus les chances de détecter le virus sont grandes, et de fait une grande partie des diagnostics, qui sont la source des statistiques sur l'épidémie, se fait dans les hôpitaux et autres structures de santé, ainsi que dans les enquêtes spéciales cas/contacts ou dans les dépistages systématiques (maisons de retraite, écoles, centres de soins, voyageurs, etc.). Les statistiques disponibles en population générale dépendent donc des capacités de diagnostic médical et tout particulièrement des infrastructures hospitalières, du personnel de santé et de sa formation, ainsi que de la disponibilité des kits de dépistage. Les données statistiques sont normalement recueillies par les institutions spécialisées (ministère de

la santé, agence de santé, etc.) et doivent être transmises à l'OMS quotidiennement comme maladie à déclaration obligatoire.

La production scientifique sur cette maladie émergente est exceptionnelle, avec des milliers d'articles publiés en quelques six mois, sous une forme ou sous une autre, souvent sous forme électronique de pré-publication. Mais la plupart de ces publications traitent de l'Extrême-Orient, de l'Europe, de l'Amérique, et peu de l'Afrique. Plusieurs raisons expliquent cette différence : l'Afrique a été touchée un peu plus tardivement que les autres continents, l'infrastructure médicale et la recherche y sont moins développées, et il semble que, au moins jusqu'ici, le virus y soit moins prévalent et moins létal qu'ailleurs.

Le but de cette étude est de faire un bilan de l'épidémie de Covid-19 en Afrique six mois après le début de l'épidémie (de mi-février à mi-août 2020). On s'efforcera de documenter les cas et les décès au niveau des pays, et de relier les dynamiques observées au développement économique, à la transition démographique, aux schémas de peuplement et à l'infrastructure sanitaire des pays, tous éléments importants des dynamiques des maladies infectieuses en population générale, ainsi que de la qualité des statistiques. L'Afrique est en effet un continent particulièrement hétérogène, avec des pays à fort revenu et des pays à faible revenu, des pays densément peuplés et d'autres qui le sont très peu, des pays en avance dans la transition démographique et des pays en retard, des pays à l'infrastructure sanitaire élaborée et d'autres à l'infrastructure défailante.

Plusieurs relations seront analysées : des caractéristiques démographiques (densité de population, urbanisation, répartition géographique, avancement dans la transition démographique, structure par âge de la population) ; des caractéristiques économiques (Produit Intérieur Brut ou PIB, intensité du trafic aérien) car plus le développement est avancé, plus les échanges sont fréquents, et plus les risques de contamination sont importants ; et des caractéristiques de santé publique (capacités de dépistage, d'intervention, de prévention pour l'incidence, et performances du système de santé pour la létalité). On ne traitera pas de l'importante question de l'efficacité des politiques de prévention, car d'une part les données disponibles sont défailtantes (on ne dispose pas de la couverture en population générale des mesures de prévention prises dans chaque pays), et d'autre part du fait de la causalité inversée : plus un pays est infecté par le virus, plus il aura tendance à mettre en place des politiques agressives pour lutter contre (comme c'est le cas par exemple en Afrique du sud). Une étude de l'impact de la prévention demanderait une autre méthodologie que celle qui est proposée ici, et qui est fondée sur les corrélations empiriques entre les paramètres de l'épidémie et les paramètres du développement économique et social.

Données et méthodes

Bases de données par pays

Les données sur l'épidémie (cas et décès déclarés) sont celles transmises à l'OMS, publiés dans les rapports quotidiens [OMS 2020]. On a utilisé les nombres cumulés de cas et

de décès, chaque semaine depuis le 16/02/2020 jusqu'au 16/08/2020, couvrant ainsi les six premiers mois de l'épidémie. Cette base de données couvre les 54 pays africains (classés dans la zone AFRO ou dans la zone EMRO de l'OMS) ainsi que deux territoires situés dans l'océan indien (Réunion et Mayotte). Un seul territoire ne déclarait pas de cas en août 2020: l'île de Sainte-Hélène, située au milieu de l'océan atlantique, un des rares territoires à avoir échappé à la pandémie de grippe espagnole de 1918-1919 du fait de son grand isolement géographique.

Les données démographiques relatives à ces pays ont été tirées de la base de la Division de la Population des Nations Unies : population en 2020, structure par âge, mortalité, fécondité, urbanisation [Nations Unies 2014 ; 2019]. Les données de surface des pays, permettant le calcul de la densité de population proviennent de la base de la FAO [FAO-Stats, 2019]. À cela on a ajouté une base de données sur la répartition géographique de la population, mais qui ne couvre pas les îles [Linard et al., 2012]. Les données économiques proviennent de la base de la Banque Mondiale [Banque Mondiale, 2019], qui ont été complétées lorsque nécessaire par la base de l'Index Mundi [Index Mundi, 2020] : PIB par tête en parité de pouvoir d'achat et en dollars constants ; trafic aérien (en passagers par million de populations).

Méthodes

Il s'agit essentiellement d'une étude statistique reliant les paramètres épidémiologiques aux paramètres démographiques, économiques et de santé publique. On définit ainsi :

- Incidence cumulée = nombre de cas déclarés cumulés au 15/08, divisé par la population en milieu d'année (01/07/2020), exprimée en million d'habitants.
- Incidence hebdomadaire = nombre de cas se produisant dans la semaine, de dimanche à dimanche, pour l'étude de la dynamique.
- Létalité = nombre de décès déclarés / nombre de cas déclarés (pour 1000 cas).

Une brève analyse multivariée est présentée à la fin de l'étude, qui est une simple régression linéaire sur les caractéristiques des pays, le but étant d'expliquer les différences d'incidence et de létalité entre les pays.

Le taux net de reproduction (R_0) de l'épidémie a été calculé de deux manières :

- R_0 hebdomadaire = $2 \times$ Nombre de cas de la semaine / Nombre de cas des deux semaines précédentes. Ce calcul se justifie car la contamination se produit essentiellement au cours des deux semaines suivant la primo-infection.
- R_0 lissé sur la période : il est calculé par le taux de croissance du nombre de cas hebdomadaires (r), obtenu par lissage logarithmique, et par la durée moyenne entre les cas index et secondaire (d) = 9 jours, selon la formule classique : $R_0 = \exp(r \times d)$. L'intervalle moyen entre cas index et secondaire a été choisi pour que les deux mesures soient identiques sur la même période.

Les caractéristiques des pays ont été réparties en cinq groupes, qui correspondent à des seuils particuliers, et classées des moins avancés aux plus avancés. Les catégories de la

transition démographique ont été élaborées de la même manière à partir des critères de fécondité et de mortalité. Ces catégories figurent dans le tableau annexe A2.

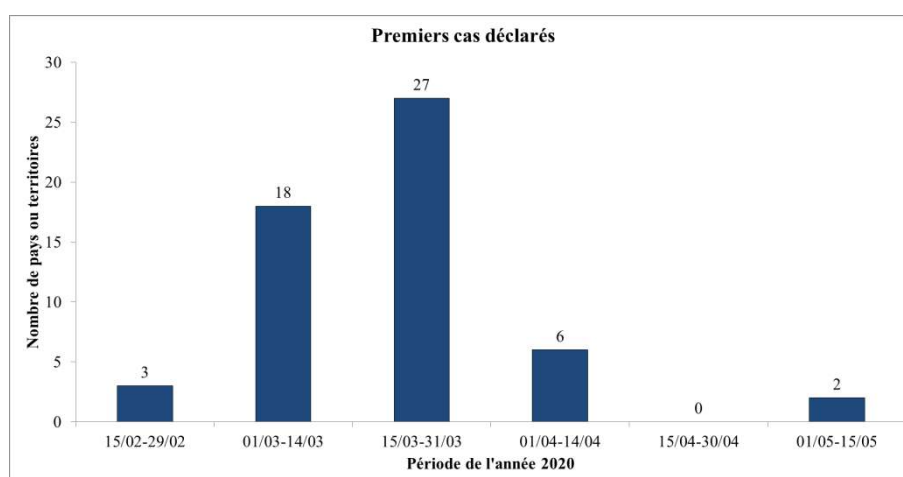
Les principaux résultats sont présentés sous forme graphique pour mieux faire apparaître les schémas, typiques ou atypiques. Les graphiques présentant l'incidence ou la létalité sont organisés en fonction croissante du développement économique ou de la transition démographique. On aurait pu attendre, *a priori*, un schéma parallèle à la seconde bissectrice (plus de développement correspondant à moins de cas et moins de décès), mais on verra que dans la plupart des cas le schéma est inversé (plus de développement impliquant plus de cas), avec cependant quelques exceptions. La plupart de ces relations univariées seront confirmées par l'analyse multivariée, sauf celles qui seront annulées par les corrélations entre les variables, et une qui sera inversée (la relation avec la structure par âge).

Résultats

1. Diffusion du Corona-virus

Les premiers cas de Covid-19 en Afrique sont déclarés à l'OMS dès la mi-février 2020, en Égypte (15/02), en Algérie (26/02) et au Nigéria (28/02), pratiquement en même temps que dans les pays européens, qui sont probablement d'ailleurs la principale source de l'infection [Mehtar et al 2020]. En trois mois, la Covid-19 touchera tous les pays d'Afrique, les derniers pays affectés l'étant en mai : les Comores (01/05) et le Lesotho (13/05). Sur les 56 pays ou territoires africains déclarant des cas, 45 ont fait leur première déclaration au mois de mars, et 6 au mois d'avril. La diffusion du virus a donc été très rapide, plus rapide même que celle de la grippe espagnole de 1918-1919, et sans commune mesure avec d'autres maladies émergentes comme le VIH/Sida ou Ebola. En effet, les maladies infectieuses transmises par les voies respiratoires se diffusent très vite, et d'autant plus vite que les voies de communications sont denses et les voyages rapides (avions, automobiles, autocars, transports publics, etc.) (Figure 1).

Figure 1 : Répartition de la date des premiers cas de Covid-19 déclarés dans les pays et territoires africains



2. Dynamique de l'épidémie en Afrique

Si la diffusion de l'épidémie a été très rapide, la diffusion du virus à l'intérieur du continent a été plus lente qu'en Europe ou en Amérique. Elle correspond plutôt à la dynamique de la Covid-19 dans le sous-continent indien (Inde, Pakistan, Bangladesh), comme le montre le tableau ci-dessous résumant l'incidence cumulée au 15/08. L'incidence en Afrique est même nettement inférieure à la moyenne mondiale (31% du total), et sans commune mesure avec celle que l'on trouve en Europe ou en Amérique. De même, la létalité en Afrique est voisine de celle du sous-continent indien, bien inférieure à la moyenne mondiale (-38%), et très largement inférieure à celle de l'Europe ou de l'Amérique (Tableau 1).

Tableau 1 : Incidence et létalité cumulée au 15/08/2020, par grand région du monde.

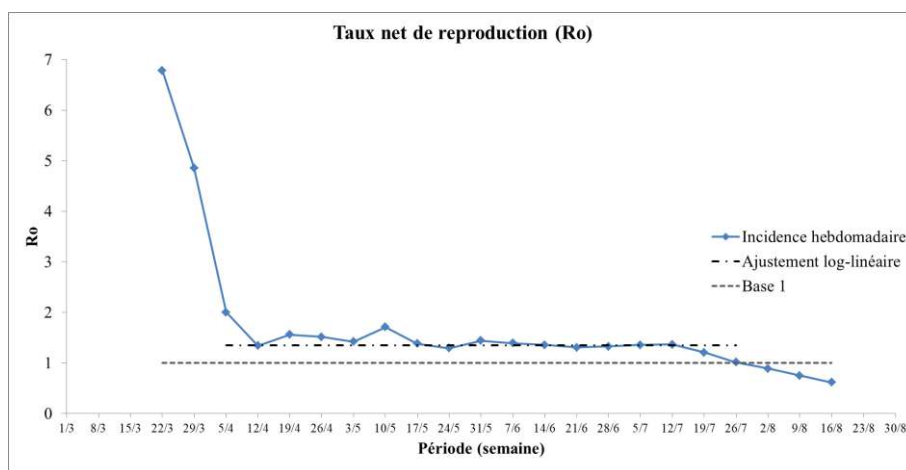
Continent / Région du monde	Population (millions)	Incidence (cas / million)	Létalité (décès/1000 cas)
Amériques	1023	11167	36
Europe	561	3672	90
Sous-continent indien	1766	1786	19
Afrique	1280	857	22
Chine	1439	62	52
Autres régions	1661	2091	21
Monde	7731	2755	36

Source : Population : Nations Unies, Division de la Population ; Cas et décès : OMS.

3. Estimations du taux net de reproduction de l'épidémie (R_0)

Deux méthodes ont été utilisées pour estimer le taux net de reproduction à l'échelle de la semaine. Une méthode directe, par l'incidence hebdomadaire, et une méthode indirecte, par le taux de croissance de l'épidémie (voir le détail des calculs dans la section méthodologique). Les deux méthodes donnent des résultats similaires avec une durée moyenne entre génération de 9 jours. Le taux net de reproduction a été élevé au tout début de l'épidémie, comme dans tous les pays du monde, puis s'est stabilisé à partir de la mi-avril et est resté pratiquement constant à un niveau moyen de $R_0 = 1,35$ jusqu'à la mi-juillet, qui correspond à un taux de croissance hebdomadaire des cas $r = 0,213$. Après la semaine se terminant le 12 juillet, le R_0 a commencé à décroître régulièrement, signalant que le premier pic de l'épidémie est passé, et a même franchi la barre de 1, atteignant 0,62 dans la semaine du 16 août, ce qui pourrait conduire, à terme, à une maîtrise de la première phase de l'épidémie (Figure 2).

Figure 2 : Estimations du taux net de reproduction de l'épidémie de Covid-19 en Afrique



4. Différences régionales

La diffusion du Corona-virus n'a pas été homogène à travers le continent. On observe déjà de fortes différences au niveau des six grandes régions : Afrique du nord, Afrique de l'ouest, Afrique centrale, Afrique de l'est, Afrique australe, et Afrique des îles. La région la plus touchée est l'Afrique australe, avec une incidence 6,37 fois supérieure à la moyenne, alors que l'Afrique du nord et les îles sont proches de la moyenne, et que les autres régions sont beaucoup moins touchées. L'Afrique de l'est était la moins touchée en août 2020, environ 3 fois moins que la moyenne. Par contre, la létalité est nettement plus homogène, avec des variations relatives de 0,54 (Afrique des îles) à 1,81 (Afrique du nord) par rapport à la moyenne (Tableau 2).

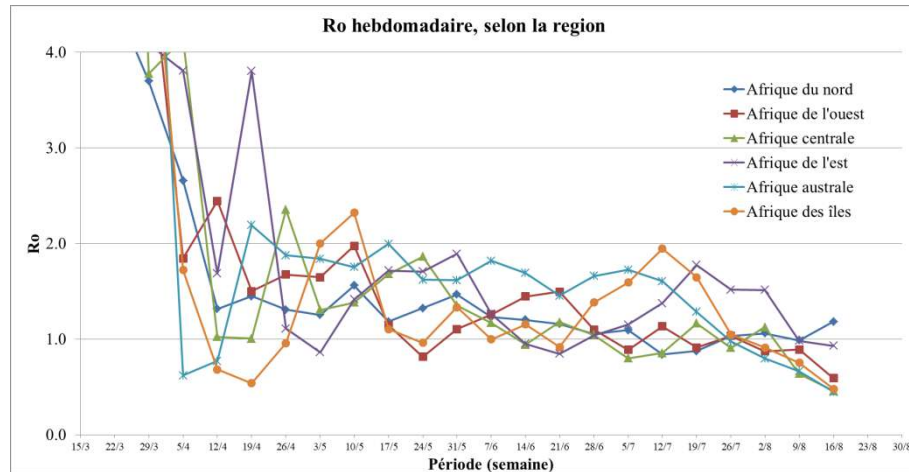
Tableau 2 : Incidence et létalité de la Covid-19 dans les grandes régions d'Afrique (au 15/08/2020)

Grande région	Valeur absolue		Valeur relative	
	Incidence (par million)	Létalité (pour mille)	Incidence	Létalité
Afrique du nord	803	41	0,97	1,81
Afrique de l'ouest	362	16	0,44	0,70
Afrique centrale	289	19	0,35	0,81
Afrique de l'est	251	19	0,30	0,83
Afrique australe	5293	20	6,37	0,87
Afrique des îles	708	12	0,85	0,54
Ensemble (réf.)	830	23	1,00	1,00

La baisse récente du taux net de reproduction de l'épidémie se retrouve dans les 6 grandes régions de l'Afrique. Si le R_0 a été élevé partout en début d'épidémie, comme d'ailleurs en Europe ou en Amérique, il a vite été restreint, grosso-modo, dans une bande entre 1 et 2, avec de fortes fluctuations locales. Dans cinq des six grandes régions il diminue depuis juillet,

et il voisine ou est inférieur à 1 à la mi-août, à l'exception de l'Afrique du nord où il semble même ré-augmenter (Figure 3).

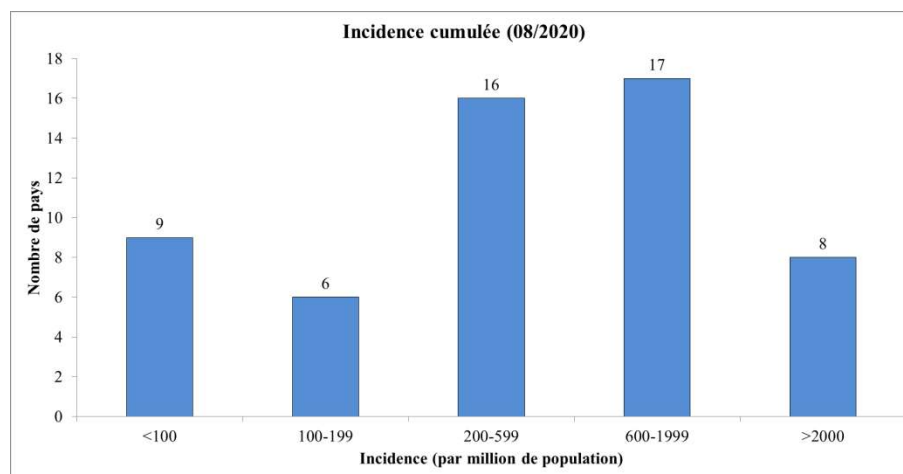
Figure 3 : Taux net de reproduction hebdomadaire de la Covid-19 dans les grandes régions d'Afrique



5. Différences par pays

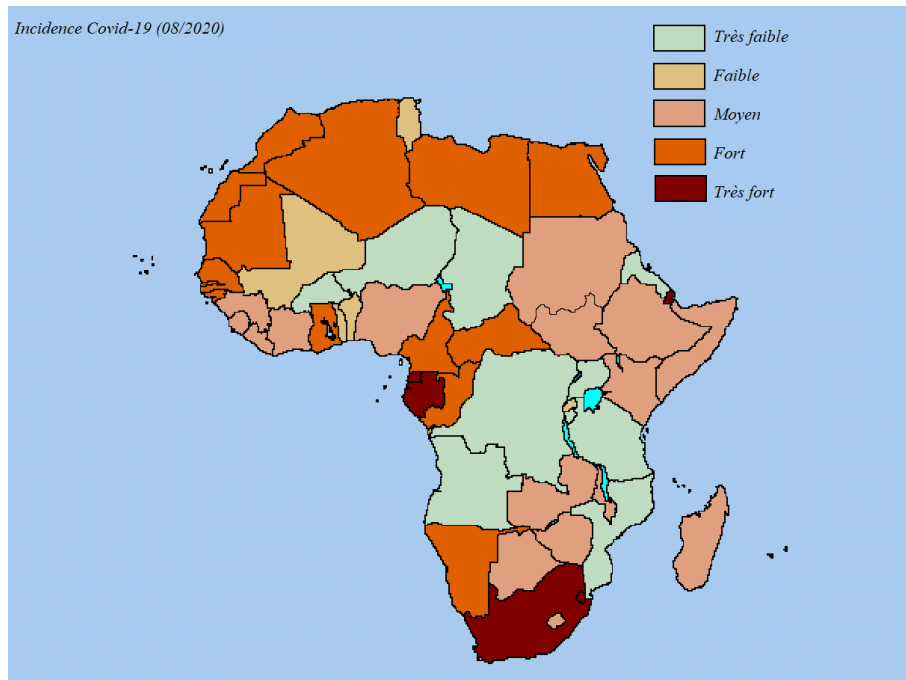
Les différences par pays sont considérables, surtout en ce qui concerne l'incidence. L'incidence exprimée en cas par million de population varie de 9 (Tanzanie) à 11433 (Mayotte), qui est d'ailleurs le territoire le plus densément peuplé de tous les pays et territoires considérés (728 habitants par km²). La distribution des incidences est assez régulière, montrant une très grande hétérogénéité, sans aucune concentration autour de la moyenne (Figure 4 ; Tableau annexe A1).

Figure 4 : Répartition des 56 pays ou territoires selon le niveau d'incidence cumulée au 15/08/2020.



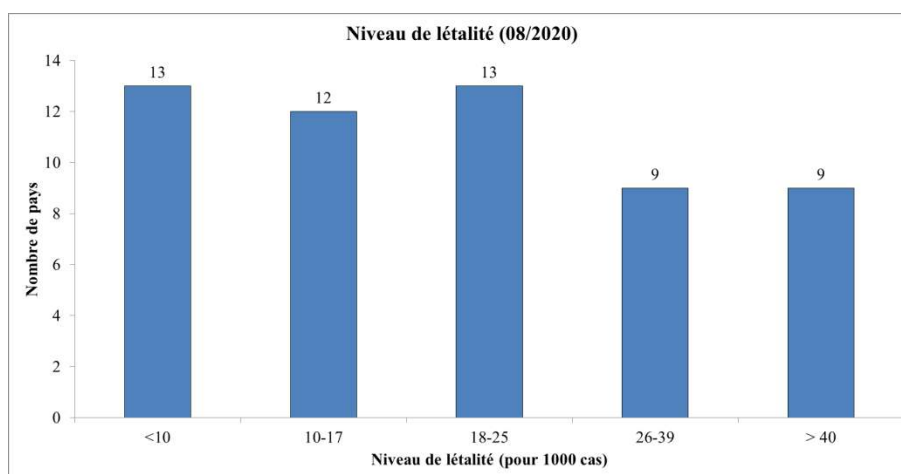
Les pays ou territoires les plus touchés sont certaines îles : Mayotte (11433), le Cap-Vert (5689), Sao-Tome & Principe (4038), ainsi que Djibouti (5432) et l’Afrique du Sud (9841), et certains pays exportateurs de pétrole : le Gabon (3695) et la Guinée équatoriale (3436). Il faut noter que, à elle seule, l’Afrique du Sud compte plus de la moitié des cas déclarés en Afrique (52,4%), alors qu’elle ne compte que 4,4% des habitants, et que les petites îles ou les petits pays qui sont très touchés n’en comptent qu’un faible pourcentage. Les pays les moins touchés sont : certains pays d’Afrique de l’est ou d’Afrique centrale : la Tanzanie (9), l’Ouganda (30), le Burundi (35), le Mozambique (89) ; l’Angola (57), le Congo-Kinshasa (108); certains pays sahéliens : le Niger (48) le Burkina-Faso (59), le Tchad (58), ainsi qu’un pays de la corne de l’Afrique : l’Érythrée (80). Il s’agit donc d’une liste très hétérogène, dans laquelle on peut deviner certaines variations géographiques, comme le montre la carte ci-dessous (Figure 5).

Figure 5 : Répartition géographique de l’incidence cumulée de la Covid-19 en août 2020



L’hétérogénéité par pays est nettement moins marquée pour la létalité, même si le taux de létalité varie de moins de 1 pour 1000 (Érythrée, Seychelles) à 80 pour 1000 (Tchad). La majorité des pays et territoires (33/56) se situe à un niveau relativement faible de létalité (< 20 pour 1000) par rapport aux données internationales, et le nombre de pays ayant une létalité supérieure diminue rapidement avec le niveau de létalité (Figure 6).

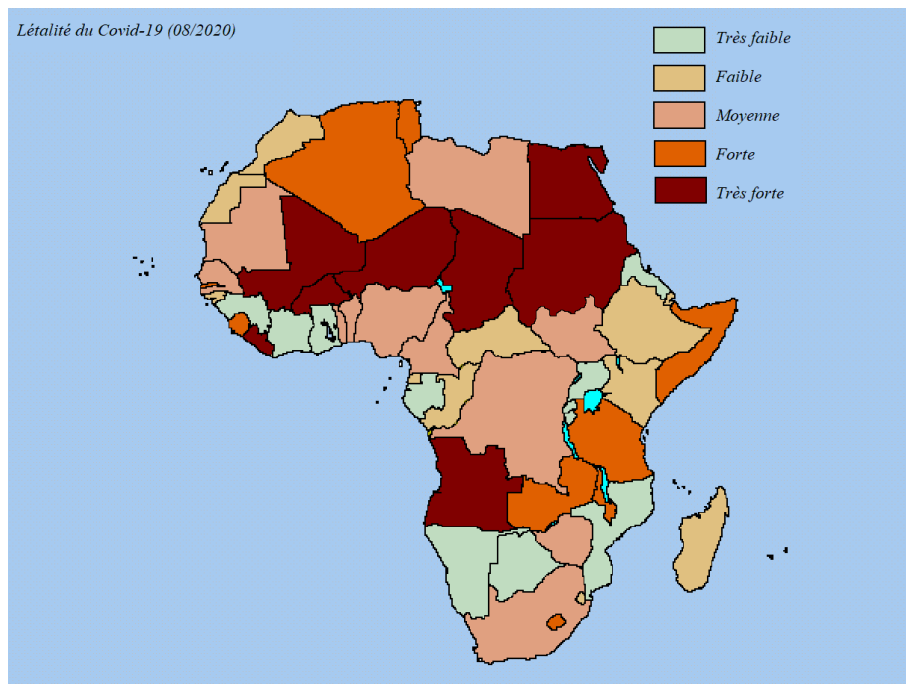
Figure 6 : Répartition des 56 pays ou territoires selon le niveau de létalité au 15/08/2020.



Les pays à plus forte létalité sont des pays sahéliens : Tchad (80), Soudan (64), Niger (61), Mali (49), Burkina-Faso (46), ainsi que l’Egypte (51) et le Libéria (64). Les pays à plus faible létalité sont des pays d’Afrique de l’est : Érythrée (aucun décès déclaré), Rwanda (2), Burundi (2), Ouganda (3), Mozambique (7) ; des pays d’Afrique australe : Botswana (2), Namibie (5) ; des pays d’Afrique de l’Ouest : Ghana (5), Guinée (6), Côte d’Ivoire (6) ; et des îles : Seychelles (aucun décès), Réunion (6), ainsi que le Gabon (7).

La carte de la répartition géographique des niveaux de létalité révèle la situation particulière de la bande sahélienne, hormis le Sénégal, ainsi que la bande allant de l’Angola à la Tanzanie, et dans une moindre mesure certains pays d’Afrique du nord (Algérie, Egypte, Tunisie). On n’observe donc peu de correspondances géographiques entre incidence et létalité, et au niveau statistique la corrélation entre l’incidence et la létalité est même faiblement négative ($\rho = -0.22$), c’est-à-dire que les pays à plus forte incidence ont plutôt une létalité plus faible (Figure 7).

Figure 7 : Répartition géographique du taux de létalité de la Covid-19 en août 2020



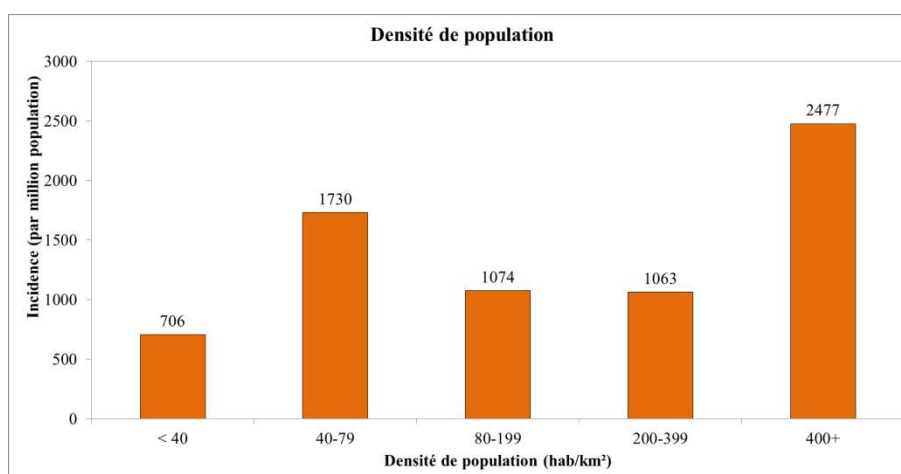
6. Corrélations avec les facteurs démographiques

Cette section explore les corrélations entre les paramètres démographiques et l'incidence du Corona-virus. Dans un schéma de transition démographique on s'attend à une corrélation inverse : plus le pays est avancé dans la transition, plus il est développé et donc plus l'incidence devrait être faible. Il en va de même pour le développement économique. Les graphiques de cette section sont présentés de la même façon, avec les valeurs correspondant aux situations les plus avancées en matière de développement à droite, c'est-à-dire que l'on attendrait des relations parallèles à la seconde bissectrice, mais on trouvera en fait la relation inverse dans la plupart des cas.

6.1 Densité de population

Pour ce qui concerne la relation avec la densité de population, la relation est complexe. D'une part le développement économique se traduit en général par la croissance démographique, l'urbanisation, la densification et la concentration de la population, mais une forte densité de population favorise la diffusion des maladies infectieuses transmises de personne à personne, du fait de la plus grande proximité et du plus grand nombre de contacts entre les personnes. C'est effectivement ce qu'on observe empiriquement : une relation positive entre incidence et densité de population, mais pas totalement monotone. L'accident apparent de la seconde catégorie (densité de 40-79 habitants par km²) est dû essentiellement au cas exceptionnel de l'Afrique du sud, sinon la relation serait monotone croissante (Figure 8).

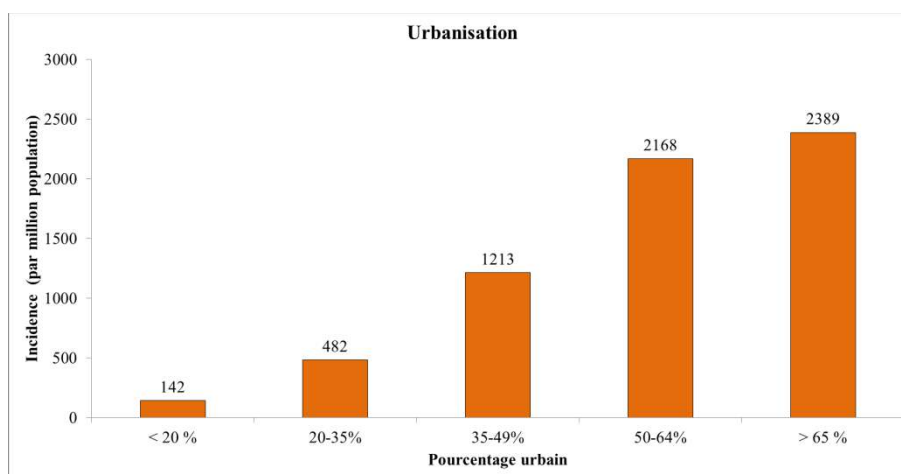
Figure 8 : Relation entre incidence de la Covid-19 et la densité de population



6.2 Urbanisation

Il en va de même pour la relation avec l'urbanisation, et pour les mêmes raisons que pour la densité : la relation est positive et forte, les pays les plus urbanisés ayant plus de virus, et ici la relation est monotone avec un fort gradient de 1 à 17 (Figure 9).

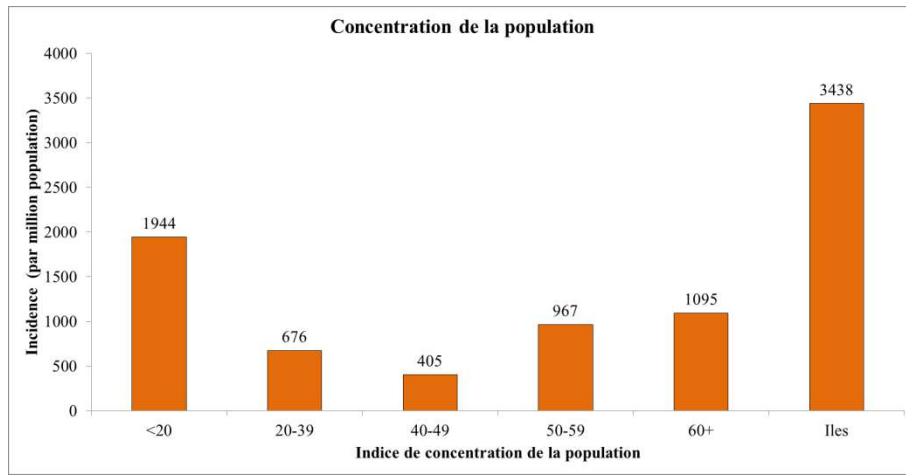
Figure 9 : Relation entre incidence de la Covid-19 et degré d'urbanisation



6.3 Concentration de la population

La relation avec l'indice de concentration de la population, qui mesure la répartition géographique de la population sur le territoire, est non monotone, et en forme de U, qui est difficile à expliquer par des critères purement épidémiologiques, et pourrait être le résultat de biais de déclaration (Figure 10).

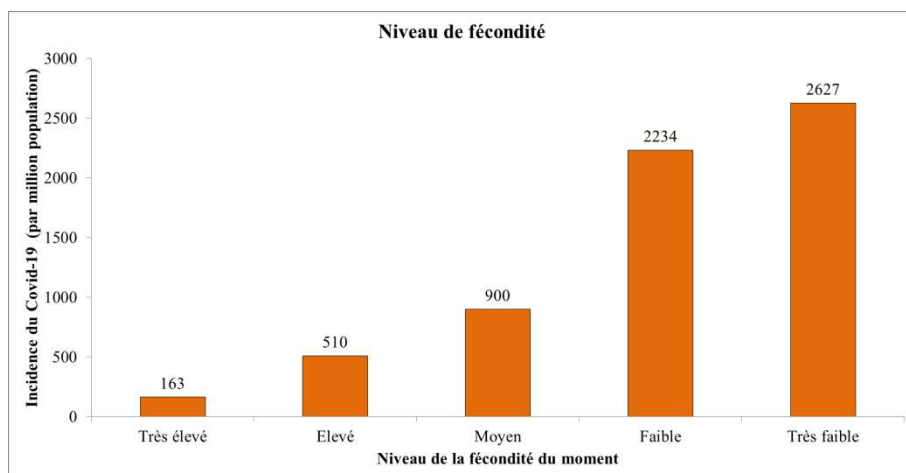
Figure 10 : Relation entre incidence de la Covid-19 et concentration de la population



6.4 Niveau de fécondité

La relation entre maladies infectieuses et fécondité est souvent négative, les pays les plus en retard dans la transition de la fécondité ayant plus de difficultés à contrôler les maladies infectieuses. Mais ici la relation est inversée, avec un fort gradient entre les pays les moins avancés : lorsque l'ISF (indice synthétique de fécondité) est supérieur à 5 enfants par femme (10 pays) l'incidence est faible (108 en moyenne) alors qu'elle est forte (2233) dans le cas inverse où l'ISF est inférieur à 3 enfants par femme (10 pays). Donc, plus les pays sont avancés dans la transition de la fécondité, plus ils ont de Covid-19, et là encore les gradients sont très forts, allant de 1 à 16 (Figure 11).

Figure 11 : Relation entre incidence de la Covid-19 et niveau de fécondité

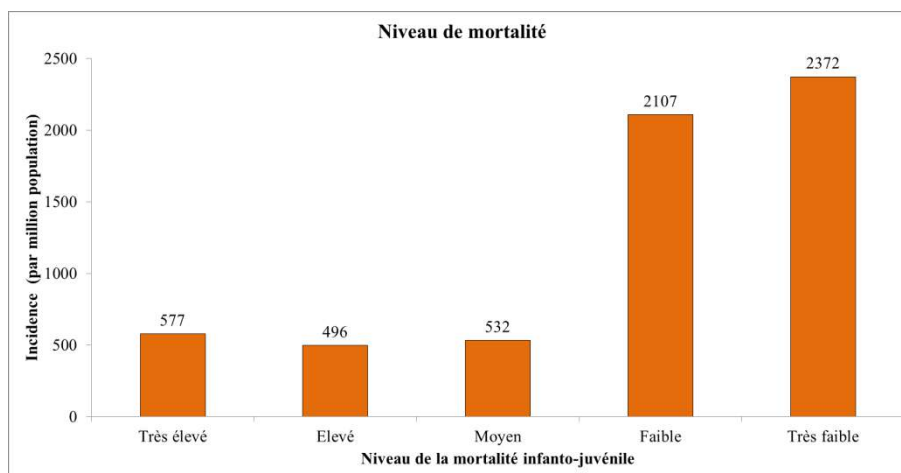


6.5 Niveau de mortalité

Il en va de même pour la relation avec le niveau de mortalité, ici calculée comme la mortalité infanto-juvénile (décès de moins de 5 ans pour 1000 naissances). Plus les pays sont avancés dans la transition sanitaire, plus ils ont de Covid-19. Les gradients sont un peu moins

forts et moins réguliers que pour la fécondité, mais ils restent très marqués, avec une variation de 577 à 2372 par million, soit un gradient de 1 à 4 (Figure 12).

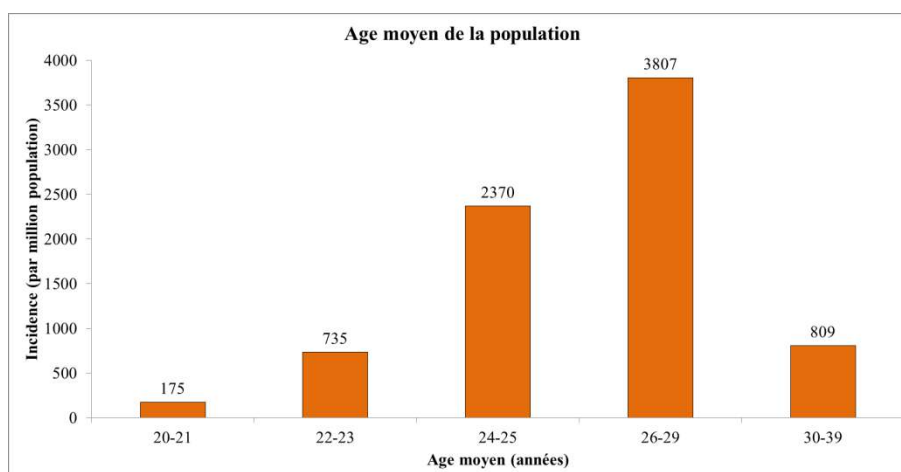
Figure 12 : Relation entre incidence de la Covid-19 et niveau de mortalité



6.6 Structure par âge de la population

La relation avec la structure par âge est plus complexe, et non-monotone. On a utilisé l'âge moyen de la population et la proportion de moins de 20 ans, mais le second paramètre est un peu moins corrélé à l'incidence. On trouve de grandes différences selon les pays, allant de 175 dans les pays très jeunes (âge moyen de 20-21 ans, soit 11 pays) à 3807 dans les pays plus âgés (âge moyen de 26-29 ans, soit 6 pays), mais l'incidence retombe à 809 dans les pays les plus âgés (âge moyen de 30 ans et plus, soit 7 pays). Là encore, la relation est plutôt inversée, mais ne se confirme pas dans les pays les plus avancés. Il faut rappeler que la structure par âge est le résultat des niveaux de fécondité et de mortalité passée, et donc que l'on pouvait s'attendre à une relation inversée et forte avec l'âge moyen de la population (Figure 13).

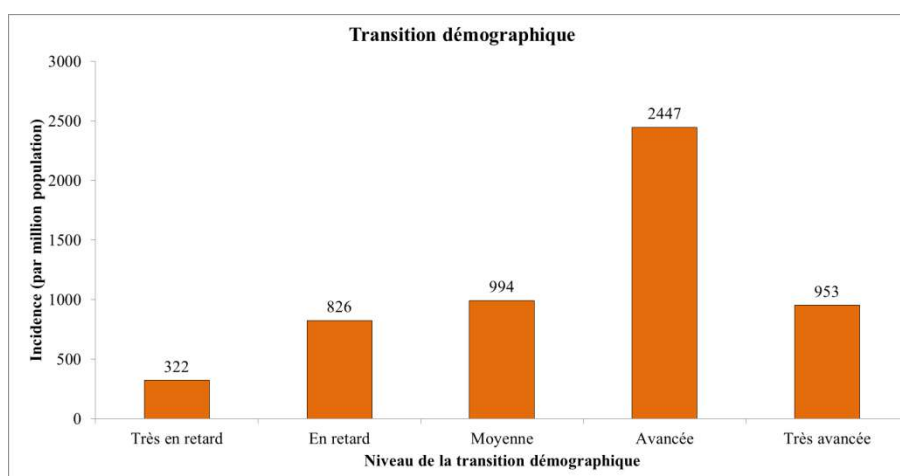
Figure 13 : Relation entre incidence de la Covid-19 et l'âge moyen de la population.



6.7 Avancée de la transition démographique

L'indicateur de transition démographique en cinq catégories résume à la fois la relation avec la fécondité, la mortalité et la structure par âge. Le gradient d'incidence selon cet indicateur est assez proche de celui noté avec la structure par âge : monotone et assez régulier pour les quatre premières catégories, il diffère fortement pour la catégorie la plus élevée (transition très avancée). Il s'agit de pays particuliers pour Afrique, qui ont des régimes démographiques sans commune mesure avec les autres : des îles (Cap-Vert, Maurice, Réunion, Seychelles) et des pays du Maghreb (Libye, Maroc, Tunisie) (Figure 14).

Figure 14 : Relation entre incidence de la Covid-19 et niveau d'avancement de la transition démographique

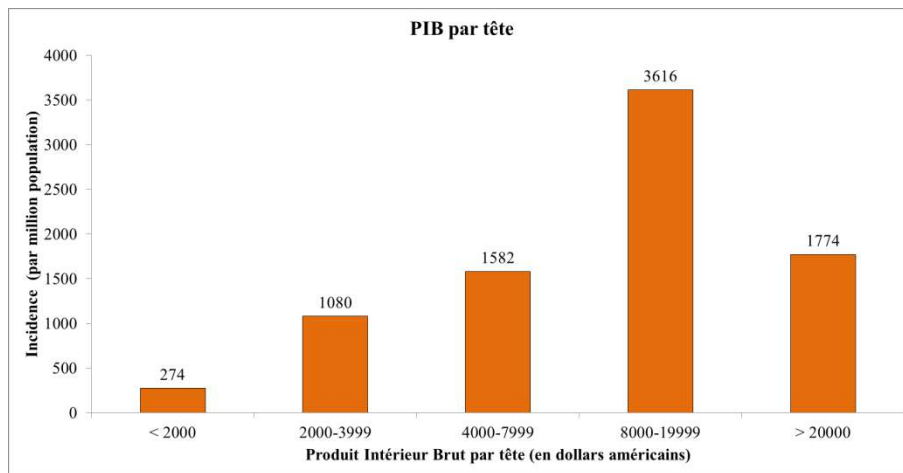


7. Relations avec les facteurs économiques

7.1 : PIB par tête

La relation avec le revenu par tête (PIB en parité de pouvoir d'achat et en dollar constant) est elle aussi inversée et complexe : les pays les plus pauvres (< 2000 \$, soit 20 pays) ont moins de COVID-19 (incidence moyenne = 274), les pays à revenu intermédiaire (8000-15999 \$, soit 7 pays) en ont plus de 10 fois plus (incidence moyenne = 3616), mais les pays les plus aisés (> 16000 \$, soit 6 pays) en ont deux fois moins que la catégorie précédente (1774). Cette relation ressemble à celle de la transition démographique, mais il ne s'agit pas exactement des mêmes pays (Figure 15).

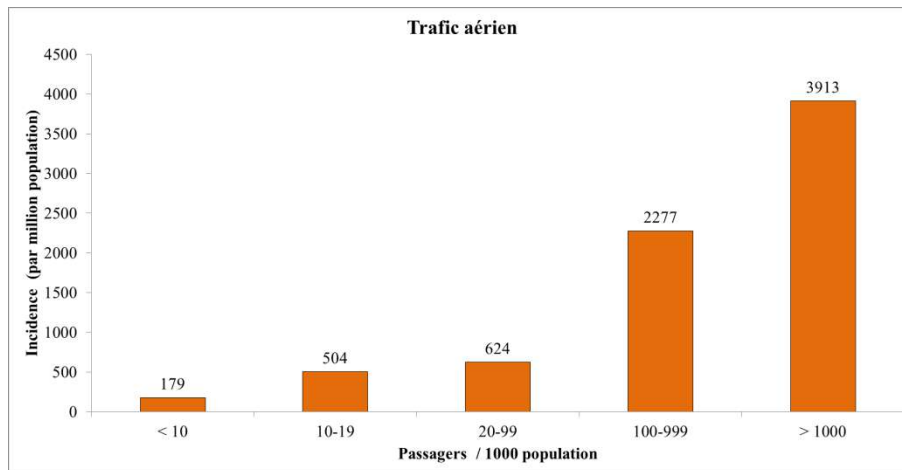
Figure 15 : Relation entre incidence de la Covid-19 et PIB par tête



7.2 : Transport aérien

Le transport aérien a joué un rôle fondamental dans la diffusion rapide du virus à travers le monde : les premiers cas en Europe ont souvent pu être retracés à un contact avec des voyageurs venus de Chine, et les premiers cas en Afrique par des voyageurs revenant d'Europe, d'Italie et de France notamment [Mehtar et al. 2020]. La relation entre incidence et trafic aérien est en effet forte, et celle-ci est conforme à ce qui était attendu : plus le trafic aérien (en passagers par million de population) est important, plus l'incidence est forte, avec un gradient d'incidence allant de 179 à 3913, soit un rapport de 1 à 22 (Figure 16).

Figure 16 : Relation entre l'incidence de la Covid-19 et le trafic aérien

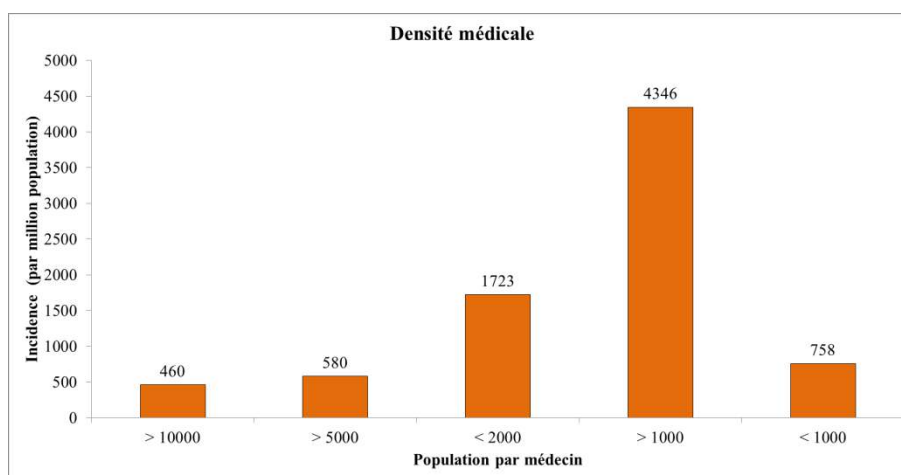


8. Relations avec la santé publique

8.1 Densité médicale

La relation avec la densité médicale est multiforme, car plus le pays est développé plus il aura une densité médicale importante, et plus il aura la capacité de diagnostiquer les cas de Covid-19. Et effectivement, la relation suit approximativement la relation notée avec le développement économique : moins de cas (460) lorsque la densité médicale est faible (plus de 10.000 personnes par médecin, soit 21 pays), plus de cas lorsqu'elle est élevée (4346 pour 1000 à 1999 personnes par médecins, soit 8 pays), mais à nouveau moins de cas lorsque la densité médicale est très forte (<1000 personnes par médecin, soit 6 pays, proches des niveaux européens). Il ne semble donc pas que la relation avec la densité médicale puisse s'expliquer par des biais de déclaration, sinon on aurait eu plus de cas dans la dernière catégorie (Figure 17).

Figure 17 : Relation entre incidence de la Covid-19 et densité médicale



9. Synthèse sur l'incidence : analyse multivariée

Ces paramètres démographiques, économiques et sanitaires sont bien entendus inter-corrélés. Une brève analyse multivariée au niveau de 56 pays et territoires a donc été conduite. Les résultats apparaissent dans le tableau suivant (Tableau 3). Deux facteurs ressortent nettement et sont largement statistiquement significatifs: la densité de population ($P=0,018$) et l'urbanisation ($P=0,030$), qui sont en fait des facteurs épidémiologiques directs : plus la densité est forte, et plus la proportion vivant en urbain est élevée, plus le virus se transmet rapidement, et plus l'incidence cumulée est forte. Ces deux facteurs sont restés stables dans toutes les analyses multivariées, quelques soient les autres variables ajoutées. À ceux-ci il faut ajouter deux facteurs qui semblent importants, mais restent à la limite de la signification statistique : le PIB par tête ($P=0,050$), et l'âge moyen de la population ($P=0,093$). Par contre, il faut noter ici que l'effet de l'âge moyen est maintenant inversé dans l'analyse multivariée, ce qui peut paraître contre-intuitif, puisque une population plus âgée en moyenne correspond à moins de Covid-19, alors que la relation était dans l'autre sens dans l'analyse univariée. Ces quatre facteurs expliquent 28% de la variance entre les pays ($P=0,002$).

Ces quatre facteurs semblent jouer des rôles du même ordre de grandeur, exprimé comme l'impact d'un écart-type de chaque variable : +700 pour la densité de population ; +793 pour le pourcentage urbain ; +812 pour le PIB, -701 pour l'âge moyen de la population, le tout pour une valeur moyenne de l'incidence de 1255 par million. De fortes variations dans ces variables peuvent donc rendre compte des forts gradients observés entre les pays. Par contre, les autres variables semblent jouer un rôle négligeable et non-significatif lorsque les quatre premiers facteurs sont pris en compte : date du premier cas (P=0,945) ; densité médicale (P= 0,959) ; trafic aérien (P= 0,887) ; mortalité infanto-juvénile (P= 0,296), et seule la fécondité garde un niveau à la limite de la signification statistique (P= 0,068).

Tableau 3 : Résultats de l'analyse multivariée de l'incidence de la Covid-19, 56 pays et territoires africains.

Variable X_i	Coefficient B_i	Erreur type	Test-T	P-valeur	Signif.	Effet net
Constante	-3035.5	2244.0	-1.353	0.182		1255
Densité de population	+4.373	1.797	2.434	0.018	**	+700
Pourcentage urbain	+4249.7	1904.9	2.231	0.030	**	+793
Log(PIB/tête)	+763.3	380.4	2.006	0.050	*	+812
Age moyen de la population	-173.1	101.3	-1.710	0.093	*	-701

Note : '****' = P<0,01 ; '**' = P<0,05 ; '*' = P<0,10 ; 'NS' = non significatif. L'effet net est calculé pour un écart-type de chaque variable indépendante; pour la constante = valeur moyenne. Modèle : Incidence = Constante + $\sum_i B_i \times X_i$

10. Analyse de la létalité

Les gradients de la létalité n'ont pas de commune mesure avec ceux de l'incidence : ils sont beaucoup plus concentrés et résumés dans le tableau annexe A1. On note en particulier peu de gradients réguliers, et peu de groupes sont différents de la moyenne. Il faut cependant remarquer que la plupart des catégories extrêmes ont une valeur de létalité inférieure à la moyenne, ce qui correspond à la relation observée entre incidence et développement ou entre incidence et transition démographique : densité de population très forte (13) ; urbanisation très forte (16), structure par âge plus âgée (19) ; fécondité très faible (14) ; trafic aérien intense (12) ; concentration de la population spéciale dans les îles (13), pour une moyenne de 23 décès pour 1000 cas. Par contre, cet effet n'est pas vérifié pour deux paramètres de santé publique : la mortalité infanto-juvénile très faible (30), et la densité médicale très forte (19).

Une analyse multivariée de la létalité a été réalisée de la même manière que celle de l'incidence, à l'aide de modèles de régression linéaire simple. Les résultats ne révèlent qu'un seul facteur significatif : la mortalité infanto-juvénile (P=0,003), et un facteur à la limite de la signification statistique : la concentration géographique de la population (P=0,084) (Tableau 4). Mais ces deux facteurs n'expliquent que 16% de la variance. Pour le premier facteur la relation est évidente: plus le niveau de mortalité est important, plus on peut attendre une létalité

importante, du fait des défaillances du système de santé. L'effet du second facteur indique que plus la population est concentrée, plus la létalité est faible. Ceci pourrait s'expliquer par un meilleur accès aux soins, ou par une corrélation avec un autre facteur non pris en compte. Cependant il faut noter d'une part que la relation avec la concentration géographique de la population n'est pas linéaire, et d'autre part que les îles sont traitées séparément. Aucun autre facteur n'est significatif lorsqu'on introduit la mortalité infanto-juvénile dans l'équation de régression linéaire de la létalité.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse multivariée de la létalité de la Covid-19, 56 pays et territoires africains

Variable X_i	Coefficient B_i	Erreur type	Test-T	P-value	Signif.	Effet net
Constante	14.868	5.086	2.923	0.005		23.01
Mortalité infanto-juvénile	+0.261	0.084	3.123	0.003	***	+7.86
Concentration de la population	-0.199	0.113	-1.764	0.084	*	-4.44

Note : '***' = $P < 0,01$; '**' = $P < 0,05$; '*' = $P < 0,10$ 'NS' = non significatif. L'effet net est calculé pour un écart-type de chaque variable indépendante; pour la constante = valeur moyenne. Modèle : Létalité = Constante + $\sum_i B_i \times X_i$

Discussion

Au niveau du continent pris dans son ensemble, la dynamique de l'épidémie de Covid-19 apparaît plus lente en Afrique qu'en Europe ou en Amérique et elle ressemble plutôt à celle du sous-continent indien. Cette observation est à mettre en relation avec les niveaux de développement économique : les pays plus développés ont beaucoup plus de transports, d'échanges, de voyageurs, sont plus urbanisés et plus densément peuplés ce qui contribue à la diffusion rapide de l'épidémie. Rappelons ici qu'en Europe la Belgique est un des pays le plus urbanisé et le plus densément peuplé et aussi un des pays européens les plus affectés par la Covid-19. L'Afrique et l'Asie du sud ont des niveaux de développement beaucoup plus proches, et on peut donc s'attendre à des dynamiques d'épidémie de Covid-19 assez similaires.

Les variations de l'incidence par pays sont très fortes en Afrique. Les principaux facteurs semblent être démographiques (densité, urbanisation) et économiques (PIB, trafic aérien). Le fait que ces facteurs vont dans le sens de la transmission de la maladie indique que les données sont probablement assez fiables, ce qui valide indirectement les statistiques, même si celles-ci peuvent être mises en question dans certains pays. Ces variations entre les pays semblent être plus fortes qu'en Europe. Mais en Europe aussi on note de fortes variations de l'incidence, de 11363 (Luxembourg) à 475 (Slovaquie), soit un rapport de 24 à 1 parmi les 48 pays européens, hors ancienne URSS. Ces grandes variations restent mal expliquées, et la partie inexpliquée pourrait être due, outre la densité de population et le développement économique, à des phénomènes aléatoires, à des dynamiques chaotiques, ou à des problèmes de surveillance.

Les variations de la létalité sont beaucoup plus faibles, et dans l'ensemble l'Afrique apparaît assez homogène. Ces résultats vont là encore dans le sens d'une bonne qualité des données, même s'il paraît surprenant que certains pays notifient aussi peu de décès compte tenu du nombre de cas déclarés (Ghana, Guinée, Côte d'Ivoire en Afrique occidentale ; Burundi, Rwanda et Uganda en Afrique centrale ; Botswana et Namibie en Afrique australe). En Europe on observe aussi de nettes variations de la létalité entre les pays, allant de 16,3 (France) à 0,5 (Islande) pour 1000 cas déclarés, soit un rapport de 32 à 1, variations qui restent largement inexplicables. Les variations de la létalité en Afrique peuvent s'expliquer en partie par les niveaux de mortalité dans chaque pays, par l'efficacité des traitements dans le cas des formes sévères de la maladie, par une meilleure inclusion des cas peu sévères au dénominateur, peut-être par des biais de déclaration, ou bien par d'autres facteurs non-identifiés.

La question de l'effet de la structure par âge des populations africaines reste ouverte. En analyse univariée on trouve plus de Covid-19 dans les pays à la population plus âgée, mais en analyse multivariée on trouve l'inverse après avoir pris en compte la densité de population, l'urbanisation, et le PIB par tête. Une explication possible serait que les jeunes jouent un rôle important dans la transmission, et donc dans l'incidence cumulée tous âges confondus, toutes choses égales par ailleurs. Mais comme les pays qui sont plus développés sont aussi plus avancés dans la transition démographique, ils ont à la fois un âge moyen plus élevé et plus de cas déclarés de Covid-19.

La corrélation légèrement négative entre incidence et létalité pourrait être due à la corrélation avec le développement : les pays les plus avancés ont plus de cas et moins de décès. Mais elle pourrait aussi être due à des problèmes de déclaration : les pays qui travaillent mieux détectent et déclarent plus de cas, et donc la létalité (calculée comme le rapport des décès sur les cas) apparaît plus faible.

Le futur de l'épidémie est incertain. Les premiers mois de l'épidémie étaient inquiétants, car le R_0 restait stable au-dessus de 1, et assez fort pour engendrer, à terme, une énorme épidémie. Mais le fait qu'il ait commencé à diminuer depuis la mi-juillet pourrait porter à moins de pessimisme. La suite de la dynamique au cours des six mois suivants sera probablement déterminante, et il est bien entendu trop tôt pour faire des prévisions, même à moyen terme. Certains auteurs se plaisaient à prédire que l'épidémie de Covid-19 en Afrique, pourrait être arrêtée dès la fin avril ou la fin mai selon le scénario envisagé, mais leurs prévisions se sont révélées loin de la réalité [Zhao et al. 2020]. Les mesures de prévention qui sont prises varient fortement selon les pays et devront être adaptées au contexte local. On peut cependant espérer que les pays les plus avancés en développement économique, social et sanitaire, qui sont aussi les plus touchés, sauront trouver des solutions efficaces pour maîtriser l'épidémie.

Références

- Banque Mondiale. (2019). World Development Indicators. Washington, DC: World Bank.
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- FAO-stats. (2019). Données de l'alimentation et de l'agriculture. Rome, Italie, Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/fr/#home>
- Fortson JG. (2008). The gradient in sub-Saharan Africa: Socioeconomic status and HIV/AIDS. *Demography*; **45**: 303–322. <https://doi.org/10.1353/dem.0.0006>
- Hajizadeh M, Sia D, Heymann SJ. et al. (2014). Socioeconomic inequalities in HIV/AIDS prevalence in sub-Saharan African countries: evidence from the Demographic Health Surveys. *International Journal of Equity in Health*; **13**, 18.
<https://doi.org/10.1186/1475-9276-13-18>
- Index Mundi. Web site: <https://www.indexmundi.com/>
- Linard C, Gilbert M, Snow RW, Noor AM, Tatem AJ. (2012). Population distribution, settlement patterns and accessibility across Africa in 2010. *PLoS One*; 7(2):e31743
- Mehtar S, Preiser W, Lakhe NA, Bousso A, TamFum J-JM, Kallay O, SeydiM, Zumla A, Nachega JB. (2020). Limiting the spread of COVID-19 in Africa: one size mitigation strategies do not fit all countries. *Lancet Global Health*; 8(7): e881-e883.
- Nations Unies, Division de la Population. (2014). World Urbanization Prospects, 2014 revision. New-York: United Nations.
- Nations Unies, Division de la Population. (2019). World Population Prospects, 2019 revision. New-York: United Nations.
- OMS (2020). Coronavirus disease (COVID-19): Daily Situation Reports (No 42 to 210). Geneva, World Health Organization.
<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
- Velavan TP, Meyer CG. (2020). The COVID-19 epidemic. *Tropical Medicine and International Health*; 25(3):278-280. <https://doi.org/10.1111/tmi.13383>
- Wojcicki JM. (2005). Socioeconomic status as a risk factor for HIV infection in women in East, Central and Southern Africa: a systematic review. *Journal of Biosocial Science*; 37:1-36.
- Zhao Z, Li X, Liu F, Zhu G, Ma C, Wang L. (2020). Prediction of the COVID-19 spread in African countries and implications for prevention and control: A case study in South Africa, Egypt, Algeria, Nigeria, Senegal and Kenya. *Science of the Total Environment*; 729(10): 138959.

Tableau annexe A-1 : Liste des pays et territoires étudiés, avec incidence et létalité de la Covid-19 au 15/08/2020.

Pays ou territoire	Population (Millions)	Incidence (par million)	Létalité (pour mille)
Afrique du Sud	59.3	9841	20
Algérie	43.9	870	36
Angola	32.9	57	46
Bénin	12.1	170	19
Botswana	2.4	516	2
Burkina Faso	20.9	59	44
Burundi	11.9	35	2
Cap-Vert	0.6	5689	11
Cameroun	26.5	696	22
Centrafrique	4.8	963	13
Comores	0.9	466	17
Congo, Brazza	5.5	694	20
Congo, Kinshasa (RDC)	89.6	108	25
Côte d'Ivoire	26.4	644	6
Djibouti	1.0	5432	11
Égypte	102.3	941	53
Érythrée	3.5	80	0
Eswatini (Swaziland)	1.2	3228	18
Éthiopie	115.0	251	18
Gabon	2.2	3695	6
Gambie	2.4	699	32
Ghana	31.1	1358	5
Guinée	13.1	635	6
Guinée équatoriale	1.4	3436	17
Guinée-Bissau	2.0	1076	16
Ile Maurice	1.3	272	29
Kenya	53.8	555	16
Lesotho	2.1	422	28
Libéria	5.1	249	65
Libye	6.9	1066	19
Madagascar	27.7	496	12
Malawi	19.1	263	31
Mali	20.3	129	48
Maroc	36.9	1111	15
Mauritanie	4.6	1439	23
Mayotte	0.3	11433	13
Mozambique	31.3	89	7
Namibie	2.5	1538	9
Niger	24.2	48	59
Nigéria	206.1	237	20
Ouganda	45.7	30	9
Réunion	0.9	880	6
Rwanda	13.0	182	3
Sao Tomé & Príncipe	0.2	4038	17
Sénégal	16.7	719	21
Seychelles	0.1	1291	0
Sierra Leone	8.0	245	35
Somalie	15.9	205	29
Soudan (nord)	43.8	281	65
Soudan du Sud	11.2	222	19
Tanzanie	59.7	9	41
Tchad	16.4	58	80
Togo	8.3	132	24
Tunisie	11.8	171	27
Zambie	18.4	500	28
Zimbabwe	14.9	348	25
Moyenne des pays	23.1	1255	23

Tableau annexe A-2 : Corrélations des paramètres de la Covid-19 avec les indicateurs démographiques et économiques, pays et territoires africains.

Variable / Catégorie	Valeurs des seuils	Nombre de pays	Incidence moyenne	Létalité moyenne
<i>Densité de population</i>	<i>Habitants / km²</i>			
Très faible	< 40	18	706	29
Faible	40-79	15	1730	24
Moyenne	80-199	11	1074	20
Forte	200-399	7	1063	16
Très forte	400+	5	2477	13
<i>Urbanisation</i>	<i>Pourcentage urbain</i>			
Très faible	< 20 %	6	142	23
Faible	20-35%	13	482	27
Moyenne	35-49%	19	1213	27
Forte	50-64%	13	2168	15
Très forte	> 65 %	5	2389	16
<i>Revenu</i>	<i>PIB par tête (\$)</i>			
Très faible	< 2000	20	274	26
Faible	2000-3999	15	1080	22
Moyen	4000-7999	8	1582	25
Fort	8000-15999	7	3616	23
Très fort	> 16000	6	1774	13
<i>Structure par âge</i>	<i>Age moyen</i>			
Très jeune	20-21	11	175	36
Jeune	22-23	22	735	21
Moyenne	24-25	10	2370	16
Agée	26-29	6	3807	21
Plus âgée	30-39	7	809	19
<i>Fécondité</i>	<i>Enfants par femme</i>			
Très élevé	> 5.0	10	163	38
Elevé	4.5-4.9	12	510	18
Moyen	4.0-4.4	13	900	26
Faible	3.0-3.9	11	2234	19
Très faible	< 3.0	10	2627	14
<i>Mortalité</i>	<i>Décès < 5 ans / 1000 naissances</i>			
Très élevée	> 90	10	577	30
Elevée	70-89	11	496	28
Moyenne	50-69	11	532	28
Faible	30-49	14	2107	22
Très faible	< 30	10	2372	30
<i>Densité médicale</i>	<i>Habitants / médecin</i>			
Très faible	> 10000	21	460	29
Faible	> 5000	13	580	18
Moyenne	< 2000	8	1723	25
Forte	> 1000	8	4346	16
Très forte	< 1000	6	758	19
<i>Trafic aérien</i>	<i>Passagers/million population</i>			
Très faible	< 10	10	179	35
Faible	< 20	12	504	25
Moyen	< 100	14	624	21
Intense	< 1000	15	2277	19
Très intense	> 1000	5	3913	12
<i>Concentration de la population</i>	<i>Index de concentration</i>			
Très faible	<20	8	1944	29
Faible	<40	15	676	29
Moyenne	<50	10	405	20
Forte	<60	8	967	21
Très forte	60+	8	1095	21
Spéciale	Petites îles	7	3438	13
<i>Date du premier cas</i>	<i>Dates limites</i>			

Précoce	< 15/03	21	1304	22
Moyenne	15-31/03	27	1360	25
Tardive	> 01/04	8	776	19
Ensemble		56	1255	23

“Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier? Quelle confusion! Sera-ce sur la justice? Il l'ignore.”

Pascal



Créée en 2003, la **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** vise à favoriser la compréhension du développement économique international et des politiques qui l'influencent.

Contact

www.ferdi.fr

contact@ferdi.fr

+33 (0)4 73 17 75 30