



HAL
open science

Impact du changement climatique sur la survenue de maladies vectorielles émergentes et réémergentes

Ketty Balthazard-Accou, Daphnide Saint-Louis, Daphnée Michel, Max François Millien

► **To cite this version:**

Ketty Balthazard-Accou, Daphnide Saint-Louis, Daphnée Michel, Max François Millien. Impact du changement climatique sur la survenue de maladies vectorielles émergentes et réémergentes. Evens Emmanuel et Ketty Balthazard-Accou (Eds). COVID-19, Santé-Environnement, Productivité Scientifique : Regards sur la période du confinement à l'Université Quisqueya. Port-au-Prince: Université Quisqueya, 2021. <hal-05001279>

HAL Id: hal-05001279

<https://hal.science/hal-05001279v1>

Submitted on 21 Mar 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC0 1.0 - Universal - International License

Impact du changement climatique sur la survenue de maladies vectorielles émergentes et réémergentes

Ketty Balthazard-Accou^{1,2,5*} , Daphnide Saint-Louis^{4,5} , Daphnée Michel^{4,5}, Max François Millien³

¹Université Quisqueya – École doctorale “Société et Environnement” (EDSE), 218 Avenue Jean Paul II, Haut de Turgeau, Port-au-Prince, Haïti

²Association Haïtienne Femmes, Science et Technologie, 218 Avenue Jean Paul II, Haut de Turgeau, Port-au-Prince, Haïti

³Université Quisqueya – Laboratoire de recherche sur les zoonoses et intoxications alimentaires(LAREZIA), 218 Avenue Jean Paul II, Haut de Turgeau, Port-au-Prince, Haïti

⁴Université Quisqueya – Faculté des Sciences de la Santé, Programme de Maîtrise en Santé Publique, 218 Avenue Jean Paul II, Haut de Turgeau, Port-au-Prince, Haïti.

⁵Université Quisqueya – Equipe de recherche sur la santé-environnement (EReSEN)), 218 Avenue Jean Paul II, Haut de Turgeau, Port-au-Prince, Haïti.

Résumé

Le changement climatique représente aujourd’hui un des défis majeurs du développement socio-économique de tous les pays, particulièrement ceux en développement qui, en raison du niveau de leur pauvreté sont exposés à des défis climatiques comme la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes (sécheresses, épidémie, inondations, tempêtes et ouragans) qui peuvent causer des décès et des maladies chez l’homme et les animaux. Mais l’évolution des écosystèmes qui est tributaire du changement climatique, du changement environnemental et des relations connexes est étroitement associée à de nombreuses maladies émergentes. En général, les écosystèmes considérés comme les plus exposés au changement climatique sont ceux qui sont situés, notamment dans les régions de la zone de convergence intertropicale et dans ses environs. Ils sont réputés être étroitement liés à la survenue de plusieurs maladies émergentes, en particulier celles à transmission vectorielle. Depuis des années, la République d’Haïti subit les effets néfastes desdits changements au niveau de la planète avec une perturbation marquée de son régime de précipitations et des périodes prolongées de sécheresse ainsi qu’une augmentation prononcée de la température même dans les zones d’altitude. Bien qu’il soit établi que le changement climatique augmente la fréquence des maladies à transmission vectorielle et peut contribuer à accroître la virulence de leurs agents pathogènes, il existe très peu d’études menées en Haïti sur les relations entre les changements climatiques et les maladies à transmission vectorielle. Jusqu’à date, seules des études de dépistage et de prévalence ont été conduites sur ces maladies sans lien véritable avec les changements se produisant dans les écosystèmes. Le but de ce chapitre est de définir les interrelations entre les facteurs climatiques et les maladies à transmission vectorielle afin de faire des recommandations de lutte les plus appropriées pour la santé humaine.

Mots clés : *Changement climatique, maladies vectorielles, écosystèmes, facteurs environnementaux, santé humaine, assainissement écologique (Haïti).*

Introduction

Le changement climatique est l’un des défis le plus complexe auquel sont et seront confrontées les générations actuelles et futures de l’humanité. Les impacts et les conséquences directes du changement climatique sur la planète terre ont été bien documentés par des faits scientifiques [1,2,3,4]. Les émissions de gaz à effet de serre dues aux activités humaines sont les principaux contributeurs au changement climatique [5]. Ces gaz s’accumulent dans l’atmosphère terrestre et vont retenir plus de chaleur pendant plus longtemps et contribuer au réchauffement général

de la planète avec des effets désastreux pour l'homme et son environnement, affectant l'ensemble de la biosphère [6]. Le réchauffement global est une menace grave pour l'humanité [7]. Au niveau mondial, les tendances au réchauffement n'ont pas cessé de se manifester. Pour nous en convaincre, rappelons que la température annuelle de l'air dans le monde a augmenté de près de 1 °C de 1880 à 2017 [8] et que les années 2015 à 2017 sont considérées comme ayant été les plus chaudes que celles de toutes les années antérieures correspondant à cette période [9]. En outre, les trois dernières décennies l'ont été davantage que toutes les décennies précédentes depuis 1850 [10]. Les changements de températures et de précipitations à long terme sont souvent accompagnés de vagues de chaleur et de pluies intenses accroissant les risques d'inondation [11], particulièrement dans les pays de la région caribéenne comme Haïti. Les impacts du réchauffement se font aujourd'hui durement ressentir sur la biosphère et se retrouvent à plusieurs niveaux. Elles sont constatées sur l'environnement, la météo, les écosystèmes et la biodiversité. Le changement climatique est souvent décrit comme l'un des défis environnementaux les plus urgents auxquels nous sommes confrontés dans le monde entier [12]. Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a confirmé que le climat subit le contrecoup des activités humaines et a souligné aussi que cela avait de multiples incidences sur la santé humaine et animale. En effet, les travaux du GIEC mettent en perspective le poids de l'industrialisation dans le dérèglement climatique par les importantes émissions de gaz à effet de serre. Ces actions sont responsables des phénomènes hydrométéorologiques extrêmes (sécheresses, et inondations), lesquels peuvent causer de multiples cas de décès et d'émergence de pathologies chez les êtres vivants. Les bouleversements climatiques sont à l'origine également de bon nombre de maladies infectieuses parmi lesquelles se détachent les maladies à transmission vectorielle, particulièrement celles qui sont transmises par des arthropodes hématophages comme la fièvre dengue, le Zika, le chikungunya et le paludisme.

Les changements climatiques constituent une menace de taille pour Haïti qui pourtant ne contribue que très faiblement au phénomène de production de gaz à effet de serre. A l'instar des pays de l'Amérique Latine et de la Caraïbe, la République d'Haïti est en train de subir depuis des années, les effets néfastes des changements globaux avec un dérèglement marqué dans le régime des pluies, la survenue de périodes de sécheresse prolongées et d'un réchauffement prononcé de la température et de l'air. En effet, la productivité agricole ne cesse de diminuer, la gestion des ressources en eau devient de plus en plus difficile. Il s'est observée en 2015 une tendance à la hausse de l'émergence des maladies à transmission vectorielle comme la dengue, le Zika et le chikungunya, inoculés par des espèces invasives de moustiques a été observée en 2015. Dans le contexte du changement climatique mondial, la dengue est considérée comme l'une des maladies importantes en raison de son grand impact social enregistré au cours des trois dernières décennies dans le monde tropical humide, avec une menace d'expansion dans la zone tempérée. Selon l'Organisation mondiale de la santé [13], la dengue est la maladie négligée la plus importante aujourd'hui. Bien qu'il soit rapporté que le changement climatique agit sur l'occurrence des maladies infectieuses, en particulier sur les pathologies à transmission vectorielle, il y a eu très peu d'études réalisées en Haïti sur les interrelations entre le climat et les maladies vectorielles. Le but de ce chapitre est de définir les interrelations entre le changement climatique et les maladies à transmission vectorielle en Haïti tout en conceptualisant la recherche afin de faire les recommandations appropriées pour leur atténuation et la protection de la santé publique.

Le présent chapitre comporte cinq sections :

- Coup d'œil sur le changement climatique et la dégradation environnementale dans le monde et en Haïti ;
- Impact du changement climatique et des modifications environnementales sur la santé ;
- Éléments d'épidémiologie des maladies à transmission vectorielle en Haïti ;
- Changement climatique et approche santé globale ;
- Méthodes de lutte contre le changement climatique et les maladies vectorielles.

2. Changement climatique et dégradation environnementale

2.1 Principales caractéristiques et conséquences du changement climatique

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [5] a donné des prévisions désastreuses sur les conséquences du changement climatique qui se traduisent par une diminution de la disponibilité de l'eau dans les zones sèches jusqu'à 30 pour cent, la montée du niveau de la mer et l'augmentation de la température des océans qui perturbe les écosystèmes et intensifie les tempêtes. Selon le troisième rapport d'évaluation du GIEC, la température moyenne mondiale de l'air en surface devrait augmenter de 1,4 à 5,8 °C d'ici 2100 [14], ce qui aura des conséquences notables sur tous les éléments du système climatique mondial. En outre, le cinquième rapport publié en 2014 révèle aussi que ce sont tous les systèmes physiques et biologiques de tous les continents et de presque tous les océans qui seront affectés par les augmentations de température dues aux changements climatiques [15]. Par conséquent, les changements de conditions climatiques et leurs effets induits tels que la variabilité pluviométrique, les variations de température et d'humidité affectent les systèmes humains et écologiques de la planète. Or, la hausse des températures et l'accentuation des périodes de sécheresse conduisent généralement à de nouveaux défis qui sont très difficiles à surmonter par un pays en voie de développement.

Les conséquences du changement climatique revêtent une importance particulière. L'IPCC [16] prévoit que les bouleversements climatiques toucheraient les zones côtières de diverses manières et indique que les changements qui s'opèrent actuellement au niveau de la température et des précipitations accentueront probablement la fréquence des phénomènes extrêmes. La modification de la variabilité climatique aura également des conséquences sur la santé humaine. Des variables climatiques comme la température et les précipitations influent grandement sur le cycle hydrologique et leurs variations et vont modifier les régimes de ruissellement et d'évaporation ainsi que la quantité d'eau emmagasinée dans les sols et les aquifères. Elles pourraient également dégrader la qualité de l'eau souterraine. Par exemple, une réduction des taux d'alimentation des aquifères et du ruissellement des eaux souterraines risquerait d'augmenter les concentrations de contaminants dans l'eau souterraine ainsi que l'incidence des maladies infectieuses. En effet, les travaux réalisés dans les villes du Cap-Haïtien et des Cayes (Haïti) ont mis en évidence la présence des oocystes de *Cryptosporidium* dans les eaux de surface [17,18,19] et les eaux souterraines utilisées par la population pour les usages domestiques [20]. Ces ressources sont contaminées par une pollution d'origine fécale et constituent une source de risque biologique potentiel pour la santé de la population exposée. Les pluies peuvent favoriser la dissémination des agents infectieux tandis que la température favorise leur prolifération et survie.

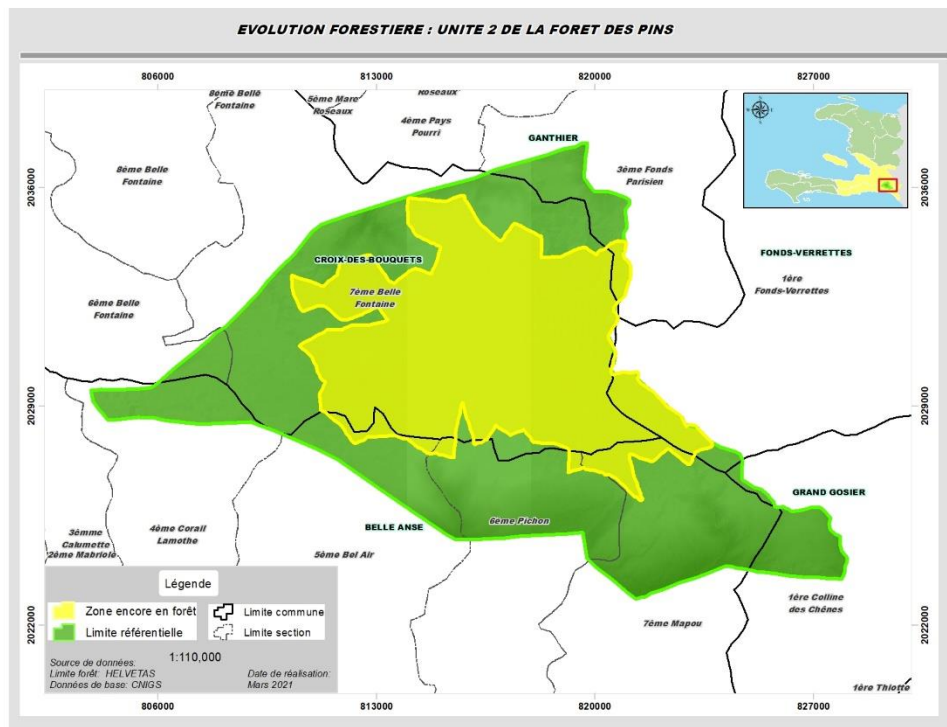
2.2- État de la dégradation environnementale en Haïti

Les changements climatiques provoqués par des activités humaines ont de graves conséquences sur la planète et menacent particulièrement les pays en voie de développement (PED). Ces derniers sont confrontés aux défis de la croissance démographique, de l'urbanisation

accélérée et de la pauvreté. D'une part, les inégalités socio-économiques et la polarisation sociale se sont accrues, d'autre part, l'hétérogénéité des ménages déshérités s'est accentuée incluant l'accroissement des inégalités socio-économiques et de la polarisation sociale [21]. Selon les données de la littérature, certains PED sont plus assujettis aux impacts des variations climatiques, notamment ceux dotés d'un climat extrême.

Située à la frontière de deux plaques tectoniques : la plaque nord-américaine et celle des Caraïbes (située sous la mer des Antilles) [22], Haïti est non seulement placée sur la trajectoire privilégiée d'épisodes météorologiques extrêmes comme les tempêtes et les ouragans, mais est encore le lieu de fortes activités sismiques qui portent de sérieux préjudices à son processus de développement socio-économique [23]. De plus, au cours des dernières décennies, le processus de dégradation du milieu biophysique haïtien et son corollaire, le déclin socio-économique, se sont exacerbés avec les changements climatiques. En effet, la deuxième communication nationale sur les changements climatiques et les récentes études effectuées sur la question ont révélé la grande vulnérabilité des principaux secteurs stratégiques du pays à ce phénomène. Haïti est exposée à des menaces environnementales telles que l'élévation du niveau de la mer, l'intensification des phénomènes météorologiques extrêmes (ouragans, inondations, sécheresses, etc.), l'érosion et la pollution côtière.

L'explosion démographique caractérisant actuellement le pays entraîne une déforestation causant un appauvrissement et une dégradation des sols. Cette déforestation rend le pays particulièrement vulnérable aux inondations et aux érosions. Chaque année, il perd environ 1600 t/ha de terres [24]. La figure 1 montre la déforestation des forêts de pins en Haïti [24].



Haïti dispose d'un environnement géophysique caractérisé d'abord par des phénomènes climatiques, hydrologiques et biogéographiques particuliers. Les modifications environnementales comme la déforestation, la désertification, l'érosion des sols, la pauvreté extrême liées à sa situation géographique rendent le pays de plus en plus vulnérable aux changements climatiques. Selon l'indice de risque climatique à long terme de Germann Watch 2014, Haïti a été, entre 1990 et 2008, le pays des Caraïbes le plus touché par des catastrophes naturelles (épidémie, inondations, tempêtes et ouragans). Ces phénomènes démontrent combien le changement climatique contribue à la dégradation environnementale c'est-à-dire à la dégradation des sols, la pénurie d'eau, la pollution de l'eau, la régression de la biodiversité et la survenue de maladies. Haïti occupe la troisième place des pays les plus affectés par les risques climatiques sur la période comprise entre 1993 et 2012 [6].

Pour les PED, particulièrement Haïti, les changements climatiques représentent une nouvelle menace qui vient s'ajouter aux risques existants, qui interagit avec eux et les amplifie, soumettant ainsi à des tensions supplémentaires les moyens d'existence et les stratégies de survie des populations pauvres. Les conséquences négatives des changements climatiques s'accroissent avec une plus grande occurrence d'événements météorologiques extrêmes, comme des ouragans majeurs. Ceux-ci, de plus en plus intenses, menacent de saper le fonctionnement des différents secteurs associés au développement socio-économique du pays causant des dommages atteignant des proportions alarmantes du PIB national. Dans un tel contexte et suite à l'élan impulsé par l'accord de Paris sur l'importance du changement climatique, le gouvernement Haïtien, à travers le Ministère de l'Environnement (MDE) appuyé par divers secteurs et acteurs clés du pays, a procédé à l'élaboration de la Politique nationale de lutte contre les changements climatiques (PNCC) suivant un processus hautement participatif et inclusif. Ce, afin de définir les grands chantiers que l'État haïtien doit entreprendre dans le domaine. De ce fait, elle doit servir de guide, de cadre de référence à tous les secteurs et acteurs voulant apporter leur contribution à la lutte contre les changements climatiques.

3.- Impact du changement climatique et des modifications environnementales sur la santé et les maladies vectorielles

Le changement climatique et les modifications environnementales sont les principaux déterminants des changements observés dans les écosystèmes favorisant la survenue de maladies animales et humaines émergentes et réémergentes. Plus que jamais, les autorités vétérinaires et sanitaires, à travers le monde, ont compris la nécessité de mieux appréhender la problématique du changement climatique et des modifications environnementales telle qu'elle est posée au 21^{ème} siècle afin d'être en mesure de préparer des plans d'alerte et de riposte viables à ces maladies, particulièrement celles à transmission vectorielle dont la prolifération paraît étroitement liée aux paramètres climatiques comme la chaleur et l'humidité [25]. Et une telle situation se complique davantage dans certains pays comme Haïti où des changements environnementaux importants ont été enregistrés durant les dernières décennies tant sur le plan du couvert forestier que des ressources en eau.

La variabilité et la modification du climat provoquent chez l'homme et les animaux terrestres et aquatiques de nombreux cas de mortalité et de maladies à travers les catastrophes naturelles qu'elles entraînent, telles que les vagues de chaleur, les inondations et les sécheresses. Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a bien montré que l'activité humaine agit sur le climat de la planète et a souligné que cela avait de multiples incidences sur la santé humaine et animale.

3.1- Prolifération de vecteurs responsables de maladies animales et des zoonoses

Depuis environ quatre décennies, la communauté scientifique et une grande partie de la société civile des pays développés n'ont pas manqué d'exprimer leur inquiétude face à cette menace de catastrophe qui plane sur la planète si certains pays, grands producteurs de gaz à effet de serre, persistent dans le refus de changer leurs modes de production industrielle qui sont en grande partie responsables de la présente situation. Dans l'histoire de l'Humanité, on n'a jamais connu des émissions si massives de tels gaz ayant causé des dérèglements climatiques si prononcés se traduisant, entre autres, par des changements dans le régime des pluies selon les régions et la survenue de phénomènes météorologiques extrêmes. On s'accorde à dire que de tels bouleversements climatiques sont à l'origine de bon nombre de maladies infectieuses émergentes ou réémergentes car il a été constaté depuis longtemps une corrélation positive entre le changement climatique et l'occurrence de celles-ci. En effet, la température des arthropodes/ vecteurs varie généralement en fonction de celle de l'environnement dans lequel ils vivent, d'où leur grande sensibilité aux variations de température ambiantes. Celles-ci, en agissant sur la biologie de ces vecteurs, interagissent avec les agents infectieux que ceux-ci hébergent souvent [26].

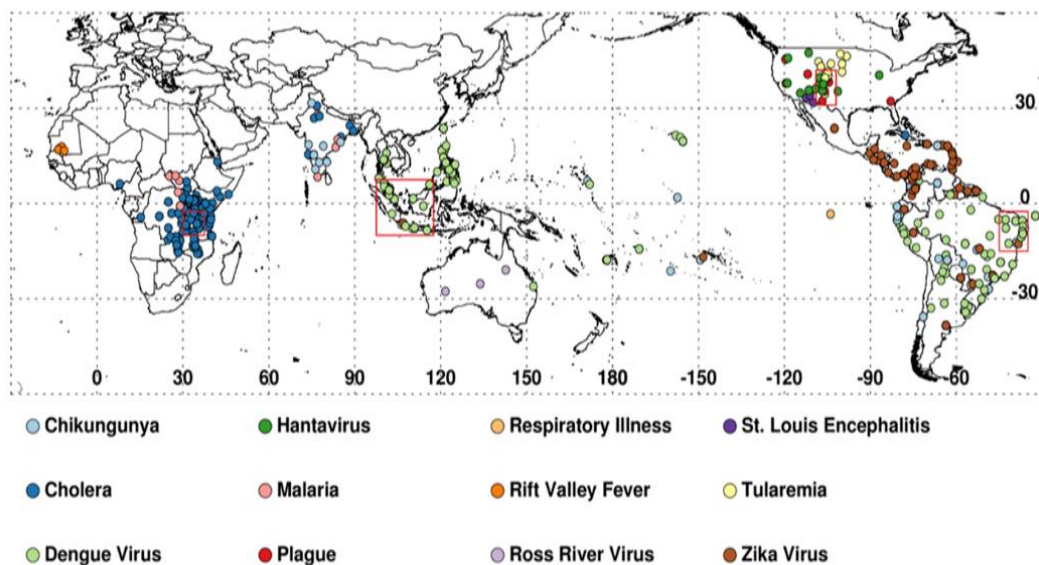
Outre les variations de température, mentionnons également d'autres facteurs comme la pluviométrie et l'humidité qui contribuent à créer des environnements favorables au développement des vecteurs [27]. Les changements consécutifs à l'utilisation des sols et les facteurs socio-économiques (comportement humain, mouvements des personnes et des biens, etc.) ont contribué aussi à aggraver les déséquilibres écologiques propices à la prolifération des vecteurs, d'où l'introduction et la transmission locale de nouveaux pathogènes émergents dans bon nombre de pays [28]. Mais il n'est pas aisé d'établir la part qui incombe au climat dans l'occurrence des maladies infectieuses à transmission vectorielle.

Ce constat a porté le GIEC à lancer constamment des alertes sur les modifications qui peuvent survenir dans la transmission de maladies infectieuses par des vecteurs tels que les moustiques et les tiques [29]. On se rappelle encore la brusque apparition et diffusion en 2007 et en 2014 dans de nombreux pays, tropicaux et tempérés, d'une maladie vectorielle comme le Chikungunya, laquelle a été facilitée par l'extension de l'aire de distribution des moustiques Aedes et une plus grande mobilité des populations humaines. Un scénario similaire s'est produit probablement dans d'autres pays tempérés avec d'autres maladies vectorielles comme la dengue et le Zika car de nouvelles aires de prolifération des moustiques vecteurs se sont établies. Les maladies transmises par les moustiques sont sensibles au climat car le risque d'épidémie augmente ou diminue en partie en fonction de la température, des précipitations et de l'humidité, qui affectent la vie et le cycle de reproduction des insectes [11].

3.2- Augmentation des taux de prévalence et d'incidence des maladies émergentes ou réémergentes

Des pics d'épidémies sont généralement liés aux perturbations climatiques comme ce fut le cas en 2015 du phénomène El Niño qui avait entraîné la recrudescence du paludisme, du chikungunya, du Zika, de la peste et de la dengue. L'année 2015 a été, depuis 1950, la plus importante en Amérique du Sud en ce qui concerne l'infection par le virus Zika. La figure 2

présente l'émergence de plusieurs maladies épidémiques à travers le monde lors du phénomène El Niño de 2015-2016 [29].



Les chercheurs se sont intéressés à la forte prévalence et surtout au taux d'incidence élevé de l'ulcère de Buruli observés en Guyane française depuis 1969. Ils ont comparé les changements de pluviométrie dans la région avec l'évolution du nombre de cas d'ulcère de Buruli depuis 40 ans et ont mis en évidence que la réduction des pluies et de leurs écoulements a provoqué la multiplication de zones d'eaux stagnantes résiduelles servant de gîte de prolifération de la bactérie *Mycobacterium ulcerans* responsable de l'ulcère de Buruli. Cette observation ne concorde pas avec l'idée généralement admise que la réduction des pluies entraîne une baisse de la prévalence de maladies infectieuses. Au contraire, on a observé que les habitats marécageux, avec la réduction des pluies, sont devenus plus accessibles et fréquentables accroissant ainsi le niveau d'exposition de l'homme à la bactérie encore présente dans l'environnement aquatique.

3.3- Mise en relief des interrelations entre santé, biodiversité et écosystèmes

L'évolution des écosystèmes inclut le changement climatique, le changement environnemental et les relations connexes et serait étroitement associée à de nombreuses maladies émergentes [30]. Les interrelations entre la santé, l'agriculture et les écosystèmes ouvrent une porte assez large sur l'approche "One health". Elles font ressortir comment :

- la précarisation de l'agriculture dans les régions pauvres, la forte dépendance de l'économie à l'agriculture et la vulnérabilité de celle-ci aux ravageurs/déprédateurs et pathogènes peuvent contribuer à créer une perte de ressources vivrières créant ainsi l'insécurité alimentaire, des risques de déforestation, et une insécurité sanitaire de la population et des différents cheptels sur le plan sanitaire suite à l'augmentation des risques d'infection ;

- l'accroissement de l'utilisation de pesticides peu coûteux et toxiques peut avoir des retombées négatives sur la santé de la population ;
- les maladies animales transfrontalières peuvent avoir des incidences hautement négatives sur les marchés internationaux des animaux et de leurs produits dérivés. En effet, des maladies comme la fièvre aphteuse, l'encéphalopathie spongiforme bovine, la peste porcine, la grippe aviaire ont causé des pertes économiques de l'ordre de plusieurs dizaines de milliards de dollars ;
- chaque heure, les océans absorbent un million de tonnes de CO₂ créant un accroissement de l'acidification du milieu inadaptée à la vie marine.

Il est actuellement reconnu que les maladies infectieuses et parasitaires ont des dimensions médicales, sociales et environnementales et que les acteurs de la santé publique doivent s'efforcer d'avoir une approche holistique, globale pour mieux comprendre la dynamique de leur développement, en particulier celles qui sont zoonotiques. A cet effet, il convient d'adopter une stratégie qui intègre les données ou avancées de la santé publique, de la santé animale, de l'agriculture et des sciences de l'environnement afin d'identifier les déterminants et les facteurs de risques associés aux divers états de santé à l'interface Homme/Animal/ Environnement. Une telle démarche est apparentée à l'approche " une seule santé, One Health" et nécessite, pour garantir son succès, une nouvelle forme de collaboration requérant la formation d'équipes de scientifiques multidisciplinaires et la mise en place d'une plateforme de coopération intersectorielle au niveau institutionnel.

Pour mieux gérer efficacement l'émergence ou la propagation des zoonoses il y a lieu de tenir compte des exigences écologiques des agents pathogènes zoonotiques et également de l'importance des facteurs anthropiques. La pression anthropique sans précédent qui s'exerce sur les écosystèmes en contexte de changement environnementaux globaux, étant en constante augmentation, continuera de favoriser la survenue de maladies zoonotiques [31]. Aussi, la déforestation est-elle une source fréquente d'émergence de zoonoses en provenance des animaux sauvages. C'est le cas pour les maladies causées par le virus du Nil occidental et le virus Nipah [32]. Il importe donc de bien considérer les conditions d'apparition de celles-ci en relation avec l'environnement et/ou l'organisation des filières animales en accordant une place particulière aux facteurs sociaux (mode d'organisation et de fonctionnement des structures d'élevage et de commercialisation des animaux).

La gouvernance des territoires ou espaces géographiques est un autre aspect qu'il faut prendre en considération pour organiser la gestion sanitaire [33].

Le CIRAD a développé une approche intégrée de la santé un peu plus élargie que le concept conventionnel de "Une seule santé" qui nous paraît assez intéressante, laquelle s'articule autour des axes majeurs suivants:

- incorporer dans la démarche des connaissances issues des sciences humaines et sociales, de l'agronomie et des sciences de l'environnement ;
- élargir le panel d'acteurs conventionnels (médecins, vétérinaires, praticiens de santé publique) à de nouveaux acteurs institutionnels et sociaux comme d'une part, les agents gouvernementaux des secteurs de l'environnement (foresterie, faune sauvage, gestion de l'eau), de l'agriculture ou du développement rural, et d'autre part, des catégories d'acteurs sociaux tels que des éleveurs et fermiers, des leaders paysans, des acheteurs et vendeurs de produits animaux ainsi que des autorités religieuses.

Le milieu se transforme continuellement. Aussi, faut-il accompagner ce changement permanent à l'aide de méthodes adaptatives et participatives pour faciliter la prise de décisions qui se révèle assez complexe pour les acteurs de la santé publique. Plus le problème sanitaire est complexe, plus les acteurs doivent apprendre à gérer cette incertitude liée à la prise de décisions. C'est pourquoi, certains experts proposent une démarche de modélisation et de simulation participative pour guider la concertation et la décision. Cette démarche est largement inspirée de la modélisation d'accompagnement [34].

Les outils utilisés amènent les acteurs concernés par la santé dans un territoire donné à coopérer, alors qu'ils ne se connaissent pas forcément ou ne travaillent pas ensemble. Ces outils leur permettent de se concerter pour construire une représentation partagée d'une situation complexe et de simuler des actions et leurs effets pour bâtir des solutions consensuelles. Cette démarche offre aussi la possibilité d'intégrer les actions de contrôle et de surveillance sanitaire dans le contexte territorial. Elle peut donc accompagner les interventions de gestion de la santé, comme la vaccination, la distribution de médicaments ou la surveillance et l'émergence de nouveaux cas cliniques dans les populations humaines ou animales.

4.- Éléments d'Épidémiologie des maladies vectorielles en Haïti

Durant ces dernières décennies, le changement climatique a été le thème central de plusieurs congrès internationaux sur l'environnement. La climatologue Katharine Hayhoe a même affirmé que "tous les êtres humains aspirent à la même chose : vivre en sécurité sur notre planète. Ainsi, bien que notre travail doive rester objectif et impartial, nous élevons de plus en plus nos voix et soutenons le message clair que le changement climatique est réel, que les humains en sont responsables, que ses conséquences sont graves et que nous devons agir immédiatement". C'est que le changement climatique est un domaine multidimensionnel et interdisciplinaire qui devrait intéresser tous les êtres humains vivant sur cette planète. Ses manifestations sont en effet multiples comme les vagues de chaleur, le réchauffement et l'acidification des océans qui ont d'importantes conséquences sur le cycle biologique des principaux vecteurs responsables de maladies animales et des zoonoses. Aussi, favorise-t-il l'émergence de certaines maladies vectorielles et l'extension géographique des maladies à transmission vectorielle dans les zones tempérées [11].

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, les maladies à transmission vectorielle seraient responsables de plus de 17% des maladies infectieuses, et provoqueraient plus d'un million de décès chaque année [34,35].

4.1.- Champ d'action de l'épidémiologie des maladies vectorielles

Pour lutter contre les maladies infectieuses à transmission vectorielle chez l'homme et les animaux, il est important de connaître leur épidémiologie, c'est-à-dire avoir des informations

pertinentes sur leur distribution spatio-temporelle, les agents pathogènes, les vecteurs et les manifestations desdites maladies. Autrement dit, il convient de savoir par exemple :

- si l'agent pathogène est cultivable ou non ;
- les sources de l'agent pathogène, à savoir, animal, environnement, homme ;
- les réservoirs possibles ainsi que les hôtes intermédiaires ;
- les modalités de transmission de la maladie ;
- la durée de la période d'incubation ;
- la durée de la période de transmissibilité ;
- l'action des agents physiques et infectieux ;
- la sensibilité de l'agent pathogène aux médicaments anti infectieux disponibles.

L'épidémiologie des maladies à transmission vectorielle est en relation directe avec :

- la distribution, la compétence et la capacité des vecteurs (la compétence d'un vecteur est son aptitude à s'infecter sur un hôte vertébré, à assurer le développement d'un agent infectieux et à transmettre cet agent à un autre hôte tandis que la capacité est associée aux conditions du milieu et dépend également : (i) de la compétence du vecteur et du taux de contact vecteur-hôte ; (ii) de la densité et la longévité des vecteurs ; (iii) du niveau d'infectiosité des agents infectieux, leur spécificité d'hôte et leur résistance aux anti-infectieux ; des activités humaines, des conditions environnementales et climatiques pouvant influencer sur la répartition et l'activité des vecteurs d'une part, et sur les interactions entre les vecteurs et les hommes ainsi que sur les réservoirs animaux, d'autre part [36].

Dans le cas d'Haïti, l'épidémiologie devrait permettre de collecter davantage de données quant à l'impact du changement climatique sur les manifestations cliniques et épidémiologiques des maladies vectorielles, déterminer d'une part, les conséquences du changement climatique sur les écosystèmes en Haïti en ce qui concerne la biodiversité, l'habitat des vecteurs et la période de transmission de certaines maladies vectorielles ainsi que sur les paramètres sociaux. Il serait intéressant d'identifier également les principaux changements observés en Haïti dans l'évolution des maladies vectorielles suite aux catastrophes naturelles à répétition (cyclones) et aux grandes variations dans les précipitations enregistrées au cours de ces dernières années.

4.2- Vecteurs et maladies infectieuses en Haïti

Comme partout dans le monde tropical, les moustiques sont les vecteurs les plus répandus en Haïti. Mais il en existe d'autres comme les tiques, les mouches, les phlébotomes, les puces, les triatomes et certains gastéropodes d'eau douce comme la limnée.

4.2.1- Les habitats des vecteurs et facteurs de risques des maladies vectorielles

En Haïti, les facteurs de risques sont multiples ; le dysfonctionnement de l'environnement favorise la réplication et la croissance des vecteurs en raison de l'accumulation des eaux stagnantes, du manque de nettoyage des canaux et de l'accumulation des déchets solides qui participent à la rétention d'eaux résiduelles.

Une étude réalisée à Malawi, démontre comment les enfants de moins de cinq ans vivant dans les régions montagneuses présentent des facteurs de risque de paludisme différents par rapport aux enfants vivant dans les régions riveraines du lac. S'installer loin des sources d'eau stagnantes / ouvertes sur les rives du lac et encourager les soignants à assister à des

discussions sur la prévention du paludisme dans les hautes terres peut aider à réduire la transmission du paludisme [37]. A travers cette étude, ils ont observé différentes variables associées au diagnostic du paludisme entre les régions montagneuses et lacustres, bien qu'il existe un facteur de risque commun partagé entre les régions. Ces résultats suggèrent que certaines interventions telles que l'utilisation de nouvelles moustiquaires peuvent aider à réduire le risque de paludisme chez les enfants de moins de cinq ans et peuvent convenir aux deux zones géographiques. Les habitants des zones riveraines des lacs peuvent potentiellement bénéficier du déplacement de leurs ménages à plus d'un kilomètre des sources d'eau, tandis que les habitants des régions montagneuses devraient être encouragés à gérer des sources d'eau stagnantes et ouvertes à proximité de leurs ménages et être encouragés à assister à des entretiens de santé sur la prévention du paludisme [37]. La figure 3 montre l'eau stagnante chargée de matières organiques et fréquentée par les animaux domestiques au Sud d'Haïti.



En Haïti, les habitats spécifiques des anophèles sont variables, mais les caractéristiques générales incluent probablement l'eau douce ou semi-saumâtre, pas d'ombre aux habitats entièrement ombragés et peu ou pas de pollution. Des exemples d'habitats comprennent les rizières et les étangs. Les habitats larvaires semblent être partagés entre quatre des cinq espèces. Bien qu'*A. Pseudopunctipennis* n'ait pas été identifié dans les habitats larvaires, collectés uniquement à l'âge adulte, il est probable que les larves de ces espèces se trouveraient également dans des habitats similaires aux autres espèces de moustiques anophèles en Haïti. En outre, une étude récente caractérisant l'habitat des moustiques aquatiques, les ennemis naturels et les moustiques immatures dans la vallée de l'Artibonite, en Haïti, a trouvé des larves d'*A. Albimanus* présentes dans des habitats souterrains temporaires, semi-permanents et permanents, y compris les sabots / empreintes de pas, les fossés, les

rizières et le sol. La concurrence était une caractéristique notable des habitats, avec 42,9% des sites positifs à Anophèles ayant également des espèces Culex [36].

Si des mesures de réduction à la source ne sont pas prises, les habitats larvaires peuvent augmenter rapidement dans les zones urbaines : *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. Les populations d'*albopictus* sont influencées par les pratiques humaines de stockage de l'eau, notamment la collecte de l'eau de pluie dans de grands conteneurs lorsque l'eau courante n'est pas disponible ou est rationnée, ce qui, à son tour, peut augmenter l'abondance de ces vecteurs de virus de la dengue et du chikungunya. De plus, des infrastructures inadéquates, des logements insalubres, des pratiques de stockage de l'eau et un assainissement médiocre à proximité des sites nouvellement construits peuvent changer l'écologie des moustiques, augmentant le risque de VBD dans les communautés à faible revenu [38].

4.2.2- Maladies infectieuses et parasitaires transmises par les insectes en Haïti

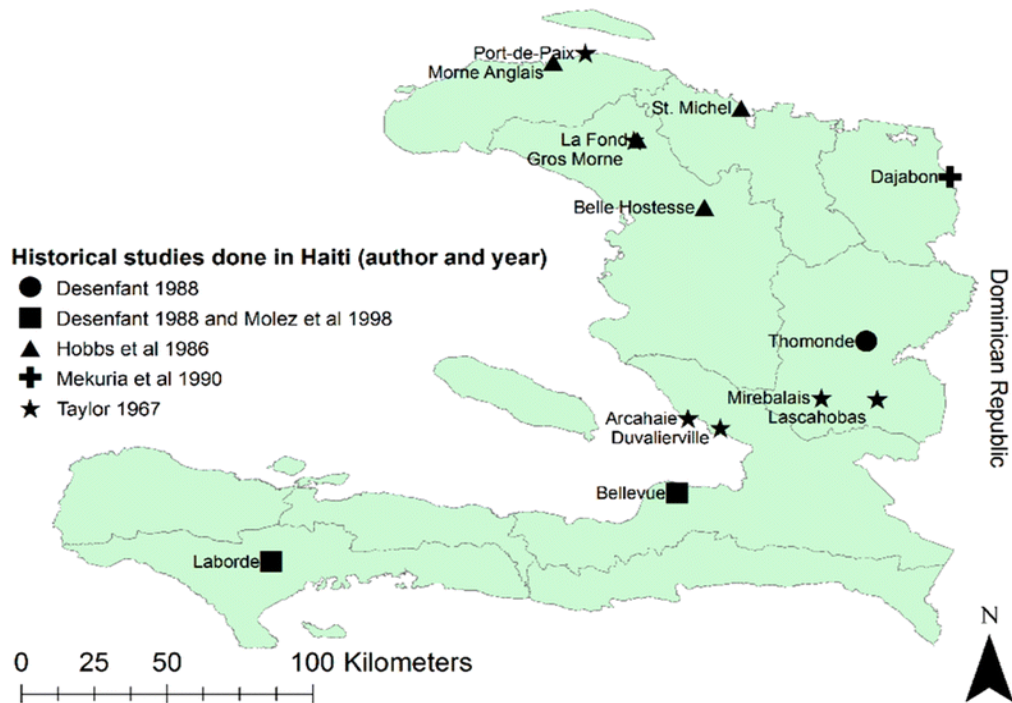
Les principaux insectes vecteurs de maladies infectieuses en Haïti sont :

- Les moustiques *Aedes* vecteurs de Chikungunya, Dengue, Fièvre jaune, Zika.
- Anopheles (Paludisme)
- *Culex* (Fièvre à virus West Nile, Filariose lymphatique)
- Phlébotomes (Leishmaniose)

Dans le cadre de ce chapitre, nous nous bornerons à considérer les maladies infectieuses vectorielles les plus importantes comme le paludisme, la fièvre dengue, le Chikungunya, le Zika et la filariose lymphatique. On mentionnera également la fièvre jaune et la fièvre de la Vallée du Nil.

4.2.2.1- Le paludisme

Le paludisme est causé par des anophèles qui sont à l'origine d'environ 219 millions de cas dans le monde et de plus de 400 000 décès chaque année. En Haïti, le paludisme est considéré comme un problème de santé publique majeur avec une distribution spatio-temporelle assez importante dans les départements de la Grand 'Anse et de l'Ouest.



La figure 4 suivante est une illustration des principaux sites d'études sur le comportement des moustiques [38].

Le pays n'a pas pu atteindre comme prévu son objectif d'élimination du paludisme en l'année 2020. Des informations supplémentaires devraient être générées par des études épidémiologiques sur l'écologie des vecteurs en vue de développer des stratégies capables de faciliter l'éradication de cette maladie [36,39].

Pour bien cerner les impacts directs et indirects du changement climatique sur le paludisme, il faut analyser la variabilité de la transmission du paludisme ainsi que les facteurs climatiques et anthropiques. Le cycle sporogonique du Plasmodium est lié à l'augmentation de la température de l'air et le cycle de vie des Anophèles est en relation avec les changements survenus dans leur habitat naturel de reproduction qui résultent des variations de l'humidité suite à des réactions d'acclimatation de la végétation sous le changement climatique.

Les impacts indirects du changement de température sur la dynamique de l'humidité du sol sont importants et devraient être mis en balance avec les effets directs du changement de température sur les cycles de vie des moustiques et des parasites pour la prévision et le contrôle futur du paludisme [34,35].

4.2.2.2- La fièvre dengue

La fièvre dengue est la maladie infectieuse la plus courante transmise par les moustiques du genre Aedes, lesquels sont porteurs du virus responsable de la maladie. Bien qu'il s'agisse d'une maladie virale tropicale, il est à noter qu'une épidémie de dengue s'était produite à Madère, au

Portugal, en 2012. Celle-ci avait mis en évidence le potentiel de réémergence de la dengue en Europe compte tenu du réchauffement climatique et de l'extension des aires de distribution des vecteurs à cause des changements climatiques.

Le virus de la dengue circule en Haïti, mais celle-ci n'est pas encore reconnue comme une maladie importante dans la population. En 2011, pour évaluer la prévalence des anticorps contre le virus de la dengue (DENV), des échantillons de sérum ont été prélevés sur des nourrissons et de jeunes enfants âgés de 7 à 36 mois (n = 166) et analysés par des tests de seroneutralisation. Le sérotype 1 du virus de la dengue avait infecté 40 % de cette population étudiée, suivi du sérotype 2 (12 %), du sérotype 3 (11 %) et du sérotype 4 (2 %).

Il a été révélé que 53% des nourrissons et des jeunes enfants de moins de 12 mois avaient déjà été infectés par le DENV. Le taux de séroprévalence contre le DENV est passé à 65 % à l'âge de 36 mois. Les réponses hétérotypiques d'anticorps étaient une composante importante du profil total d'immunité de dengue [40].

En octobre 2012, 25 cas de dengue, confirmés par des tests de diagnostic rapide (TDR), ont été détectés parmi les travailleurs des organisations non gouvernementales (ONG) en Haïti basés à Léogane et à Port-au-Prince pour déterminer l'étendue et les facteurs de risque d'infection par le virus de la dengue. Sur les 776 membres du personnel des ONG ciblées, 173 d'entre eux (22%; 52 expatriés et 121 Haïtiens) y ont participé. Des anticorps IgM anti-virus de la dengue (DENV) ont été détectés chez 8 expatriés (15%) et 9 Haïtiens (7%), et la protéine non structurale DENV 1 chez un expatrié. Des anticorps IgG anti-DENV ont été détectés chez 162 (94%) participants (79% des expatriés; 100% des Haïtiens), et confirmés par des tests de micro-neutralisation comme étant spécifiques du DENV chez 17/34 (50%) expatriés et 42/42 (100 %) Haïtiens.

Sur 254 nymphes collectées dans 68 conteneurs, 65% étaient des *Aedes aegypti* ; 27% étaient *Aedes albopictus*. Peu de travailleurs d'ONG ont déclaré avoir entrepris des actions pour éviter les moustiques [41]. Le tableau 1 présente les Facteurs de risque d'infection actuelle et/ou récente par le virus de la dengue (DENV) chez les organisations non gouvernementales.

| Variable | Travailleur ONG avec une infection récente | | Travailleur ONG sans infection récente | | Crude OR* (95% CI) ‡ | p-value |
|---|--|-----|--|-----|----------------------|---------|
| | n | % | n | % | | |
| | n=17 | | n=156 | | n=181 | |
| | n | % | n | % | | |
| Sexe (masculin) | 11 | 65% | 120 | 77% | 0.6 (0.19–1.59) | 0.37 |
| Expatriés | 8 47% | | 44 | 28% | 2.3 (0.82–6.24) | 0.16 |
| Occupation | | | | | | |
| Réglage intérieur (ex. Bureau / administrateur) | 1 6% | | 32 | 21% | 0.2 (0.03–1.9) | 0.2 |

| | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| Cadre supérieur (ex. Construction) | 8 | 47% | 68 | 44% | 1.2 (0.43–3.38) | 0.8 |
| Cadre mixte (intérieur et extérieur) | 7 | 41% | 50 | 32% | 1.6 (0.55–4.42) | 0.42 |
| Antécédents de vaccination (YF or JPE) | 7 41% | | 43 | 28% | 1.8 (0.66–5.14) | 0.27 |
| A déjà vécu ou voyage dans d'autres régions d'endémique de la dengue | 9 53% | | 70 | 45% | 1.4 (0.51–3.8) | 0.61 |
| A vécu ou voyagé dans des régions d'endémique de la dengue (y compris Haïti) | 15 | 88% | 155 | 99% | 0.48 (0.004–0.57) | 0.03 |
| Facteurs environnementaux sur le lieu de travail | | | | | | |
| Ecrans sur portes/ fenêtres | 8 | 47% | 59 | 38% | 1.5 (0.53–4.00) | 0.6 |
| Climatisation | 6 | 35% | 47 | 30% | 1.3 (0.44–3.62) | 0.78 |
| Source d'eau libre à proximité | 9 | 53% | 37 | 24% | 3.6 (1.30–10.05) | 0.02 |
| Source d'eau stagnante à proximité | 7 | 41% | 45 | 29% | 1.7 (0.62–4.82) | 0.3 |
| Connaissance déclarée | | | | | | |
| Connaissance déclarée de maladie infectieuse en Haïti (très bien) | 6 | 35% | 23 | 15% | 3.6 (1.16–10.98) | 0.03 |
| Prévention des piqûres des moustiques | 9 | 53% | 31 | 20% | 6.2 (1.92–19.72) | 0.002 |
| Stratégies d'évitement des moustiques utilisées | | | | | | |
| Manches longues | 5 | 29% | 50 | 32% | 0.9 (0.30–2.64) | 1 |
| Pantalons longs | 5 | 29% | 61 | 39% | 0.7 (0.22–1.93) | 0.6 |
| Filet de lit | 11 | 65% | 101 | 65% | 1.0 (0.35–2.85) | 1 |
| Utilisation anti-moustique | | | | | | |
| Utilisation anti-moustique plusieurs fois par jour | 7 | 41% | 26 | 17% | 3.5 (1.22–10.04) | 0.02 |

Tableau 1

Facteurs de risque d'infection actuelle et/ou récente par le virus de la dengue (DENV) chez les organisations non gouvernementales [41]

† Une infection récente est tout participant avec un résultat positif d'IgM anti-DENV ou de protéine non structurale 1 (NS1).

‡ Niveau de signification, $p < 0,05$. Une analyse univariée utilisant le test exact de Fisher a été utilisée pour évaluer les facteurs de risque d'infection récente, et les intervalles de confiance (IC) à 95% étaient basés sur la modélisation prise en compte pour le plan d'échantillonnage. Seules les variables significatives avec une taille de cellule de 5 ou plus ont été retenues.

Une étude transversale de la transmission du virus de la dengue (DENV) et du virus du Nil occidental (VNO) a été menée en utilisant des méthodes séro-épidémiologiques standard. Des échantillons de sang ($N = 673$) ont été prélevés sur 278 hommes et 395 femmes de trois localités dans les départements de l'Ouest et du Sud-Est d'Haïti. Le sérum a été testé pour la présence d'anticorps d'immunoglobuline G (IgG) anti-DENV et anti-WNV en utilisant un dosage immuno-enzymatique indirect (ELISA). Des anticorps IgG anti-DENV ont été détectés dans 72,1% (intervalle de confiance à 95% [IC] = 68,7, 75,5) de la population de l'échantillon ; sans différence significative de séroprévalence selon le lieu d'étude, le sexe des participants ou le groupe d'âge [42]. Le tableau 2 présente les Anticorps spécifique du sérotype contre le virus de la dengue en fonction de l'âge, Haïti

Il s'observait une forte prévalence des anticorps IgG anti-DENV dans tous les groupes d'âge, y compris ceux du groupe d'âge le plus jeune (2 à 5 ans), ce qui a laissé supposer une transmission hyperendémique du DENV dans les départements de l'Ouest et du Sud-Est d'Haïti. Ces résultats démontrent sans aucun doute le caractère endémique de la dengue dans le pays.

Tableau 2 : Anticorps spécifiques du sérotype contre le virus de la dengue en fonction de l'âge, Haïti [42].

| Sérotype du virus de la dengue | Dérivation et hauteur de l'anticorps | Groupe d'âge en mois (no. en échantillon) | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | (7-12) 49 | 13-18 (48) | 19-24 (31) | 25-30 (22) | 31-36 (16) | Tous groupes d'âge (166) |
| 1 | Dominant | 32% (15) | 54% (26) | 39% (12) | 38% (8) | 31% (5) | 40% (66) |
| | GMT (95% CI) | 357 (209-608) | 448 (290-691) | 591 (364-960) | 615 (289-1,310) | 452 (113-1,803) | 465 (366-591) |
| | Réactif croisé | 12% (6) | 8% (4) | 19% (6) | 32% (7) | 19% (3) | 16% (26) |
| 2 | Dominant | 15% (7) | 6% (3) | 10% (3) | 18% (4) | 19% (3) | 12% (20) |
| | GMT (95% CI) | 257 (46-1,428) | 607 (41-9,009) | 1286 (250- | 308 (12-8,043) | 389 (141-1,077) | 411 (203-831) |

| | | | | | | | |
|----------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | | | 6,616) | | | |
| | Réactif croisé | 20% (10) | 38% (18) | 35% (11) | 46% (10) | 43% (7) | 34% (56) |
| 3 | Dominant | 6% (3) | 10% (5) | 13% (4) | 18% (4) | 19% (3) | 11% (19) |
| | GMT (95% CI) | 467 (218-1,002) | 467 (218-1,002) | 815 (105-6,316) | 909 (200-4,129) | 1807 (751-4,351) | 678 (391-1,176) |
| | Réactif croisé | 31% (15) | 40% (19) | 42% (13) | 46% (10) | 25% (4) | 37% (61) |
| 4 | Dominant | 2% (1) | 0 | 3% (1) | 0 | 5% (1) | 2% (3) |
| | GMT (95% CI) | 33 (NA) | | 125 (NA) | | 280 (NA) | 133 (4-4785) |
| | Réactif croisé | 12% (6) | 15% (7) | 23% (7) | 22% (5) | 12% (2) | 16% (27) |

Suivant les différents groupes d'âge en mois dans l'échantillon considéré, on a pu voir 4 sérotypes du virus de la dengue et différentes proportions et valeurs suivant les 3 niveaux de dérivation et hauteur de l'anticorps.

- Pour le sérotype I du virus de la Dengue, la tranche d'âge dont la Dérivation et hauteur de l'anticorps sont classées plus élevées en tant que Dominant, est 13-18 mois ; GMT: 25-30 mois et Réactif croisé : 25-30 mois.
- Pour le sérotype II du virus de la Dengue, la tranche d'âge dont la Dérivation et hauteur de l'anticorps sont classées plus élevées en tant que Dominant, est 31-36 mois ; GMT: 19-24 mois et Réactif croisé : 25-30 mois.
- Pour le sérotype III du virus de la Dengue, la tranche d'âge dont la Dérivation et hauteur de l'anticorps sont classées plus élevées en tant que Dominant, est 31-36 mois ; GMT : 31-36 mois et Réactif croisé : 25-30 mois.

Pour le sérotype IV du virus de la Dengue, la tranche d'âge dont la Dérivation et hauteur de l'anticorps sont classées plus élevées en tant que Dominant, est 31-36 mois ; GMT : 31-36 mois et Réactif croisé : 19-24 mois.

4.2.2.3- Le Chikungunya

Le chikungunya est une maladie infectieuse due à un Arbovirus appartenant à la famille des Togaviridae, lequel est transmis à l'homme par la piqûre d'un moustique du genre *Aedes*, principalement *Aedes aegypti* plus connu sous le nom de moustique-tigre. Le virus chikungunya est connu depuis les années 1950 durant lesquelles il a provoqué des épidémies importantes en Asie du Sud-est et en Inde. La large répartition géographique des vecteurs a rendu possible l'émergence du virus dans de nombreuses régions comme cela a pu être constaté pour d'autres arbovirus, comme le virus West Nile, introduit puis installé sur le continent nord-américain depuis 1999. Les premiers cas de chikungunya ont été détectés en Haïti au cours du mois d'avril 2014, mais la maladie l'a été dans les Caraïbes à St Martin dès décembre 2013. En effet, dans une étude épidémiologique de cohorte longitudinale portant sur 153 échantillons de sérum

collectés entre 2011 et 2013 et 61 autres collectés en 2014, aucun des 153 échantillons n'était positif pour les réponses IgG à l'antigène du virus chikungunya, tandis que 78,7% l'était, soit 48 sur 61. Dans l'échantillon transversal, de telles réponses ont été détectées chez 96 (75,6%) des enfants et se sont produites à une prévalence similaire dans tous les groupes d'âge (Poirier et al., 2016) [43].

Les épreuves sérologiques indiquent qu'il y a eu une dissémination rapide et intense du virus du chikungunya en Haïti. Le ministère de la Santé Publique et de la Population avait signalé un total cumulatif de 39 343 cas entre le 31 mai et le 16 juin 2014 dans les 10 départements avec un taux d'infection de 67% pour le département de l'Ouest. À la mi-août de l'année 2014, plus de 68 000 cas avaient été signalés. Cependant, après le pic du début du mois de juin, le nombre de nouveaux cas par semaine n'avait pas cessé de diminuer passant de plus de 12000 à 315.

La maladie a laissé de mauvais souvenirs au sein de la population à cause des douleurs intenses qu'elle provoquait à travers ses manifestations cliniques (signes et symptômes) dont l'arthralgie, la myalgie intense avec des séquelles qui ont persisté pendant plusieurs mois, voire même des années. Bien que les présentations cliniques des maladies causées par ces moustiques soient similaires, les arthralgies suggèrent fortement une infection au virus du Chikungunya (WHO, 2016 [44]).

4.2.2.4- Le Zika

Le Zika est une maladie infectieuse causée par un flavivirus à large répartition géographique qui est transmise le plus souvent par la piqûre d'un moustique infecté. La maladie a été identifiée pour la première fois sur le continent américain en 2015 et s'est caractérisée par l'occurrence d'un nombre de cas anormalement élevé de microcéphalie congénitale au Brésil. Il s'est rapidement propagé dans le reste de la région et dans les Caraïbes dont Haïti. L'infection par le virus Zika est associée à des résultats fœtaux défavorables et à de rares complications neurologiques chez les adultes [45]. L'ampleur des problèmes de santé publique liés au virus Zika a conduit l'Organisation mondiale de la Santé à déclarer l'épidémie de virus Zika urgence de santé publique préoccupante pour la communauté internationale le 1er février 2016 [45].

Le Zika étant souvent une infection asymptomatique qui ne requérait pas nécessairement des soins, il était difficile d'estimer l'incidence réelle de l'infection par le virus Zika. Mais durant la période allant du 12 octobre 2015 au 10 septembre 2016, le Ministère haïtien de la Santé Publique et de la Population (MSPP) avait détecté 3 036 cas suspects d'infection dans la population générale, 22 cas suspects de maladie à virus Zika chez les femmes enceintes, 13 cas suspects de syndrome de Guillain-Barré (SGB) et 29 cas suspects de microcéphalie congénitale associée au Virus Zika. On avait détecté 19 patients atteints de la maladie à virus Zika présumée dont 10 dans le département géographique de l'Ouest, 6 dans l'Artibonite et 3 dans celui du Centre. Ces cas ont été confirmés par des tests de laboratoire et comprenaient 2 femmes enceintes et 17 dans la population générale [46]. Le programme de surveillance doit être renforcé et appuyé par un laboratoire fonctionnel en vue de mieux suivre l'évolution de la maladie en Haïti.

5. CHANGEMENT CLIMATIQUE ET APPROCHE SANTÉ GLOBALE

Depuis une cinquantaine d'années, le monde est confronté à une croissance effrénée de la population dont une forte partie est obligée de migrer vers d'autres rives pour assurer sa survie. Parallèlement, jamais dans l'histoire, les effets néfastes des changements climatiques et les risques de catastrophes écologiques ne se sont manifestés avec autant d'évidence. Ces changements s'accompagnent d'altérations profondes de l'environnement, comme la perte de biodiversité, la déforestation, l'érosion des sols, le phénomène des pluies acides ou encore l'acidification des océans. Parallèlement, l'augmentation de l'espérance de vie de la population et le processus débridé de l'urbanisation ont contribué à accroître la vulnérabilité à divers risques environnementaux et sanitaires, particulièrement en ce qui concerne la survenue des maladies émergentes et réémergentes à transmission vectorielle pour l'homme et les animaux. Une telle situation a conduit à une approche holistique de la santé de l'homme, de l'animal et de l'environnement connue sous le vocable "One Health, Une seule santé".

5.1- Nature du concept ou de l'approche "One Health, Une seule santé"

Ce concept fait ressortir que les problèmes de santé publique qui impliquent généralement une interaction Homme/Animal/Environnement sont si complexes qu'ils ne sauraient être résolus à partir d'une seule discipline mais bien par une approche multiple, transdisciplinaire et multisectorielle. En effet, on admet généralement que le milieu de cohabitation des populations humaines et animales a considérablement changé au fil des ans, ce qui a influencé grandement l'occurrence de bon nombre de maladies infectieuses et même non infectieuses.

Selon l'American Veterinary Medical Association, l'approche "Une seule santé" peut se définir comme « l'effort commun de plusieurs disciplines travaillant à l'échelle locale, nationale et mondiale pour optimiser la santé des personnes, des animaux et de l'environnement ». Autrement dit, il s'agit d'une approche intégrée prenant en compte le fait qu'il existe une interdépendance étroite entre le bien-être de l'homme, celui de l'animal et la santé de leur écosystème [47]. Aussi, cette approche promeut-elle les principes d'harmonisation de la santé des humains, des animaux et des écosystèmes pour mieux prévenir et/ou atténuer les maladies émergentes.

Les problèmes de santé sont, d'une manière générale, fortement liés aux changements environnementaux et socioéconomiques globaux et aux transformations des systèmes de production à l'échelle des territoires. A cause de l'apparition de nouvelles incertitudes sur le plan sanitaire, des acteurs non conventionnels entrent aux côtés des décideurs traditionnellement en charge de la santé publique [31]. Dans le contexte du changement climatique et des flambées de maladies vectorielles un peu partout à travers le monde y compris dans la Caraïbe dont Haïti, les secteurs de la santé publique, de la santé animale et de l'environnement ont trois défis majeurs à lever :

- l'établissement d'une plateforme de collaboration et de communication inter organisationnelles en vue de renforcer la coopération entre les domaines de la santé humaine, de la santé animale et de la santé des écosystèmes ;

- la réduction au maximum de l'impact des nouvelles maladies émergentes ou réémergentes en combinant la surveillance des maladies et la préparation des interventions d'urgence à l'échelle locale, nationale et internationale ;
- la création de nouvelles méthodes et de nouveaux outils pour que l'ensemble de ces acteurs puisse appréhender les problématiques sanitaires au niveau des territoires, le territoire étant pris ici au sens d'un espace construit socialement et politiquement et siège d'interactions entre acteurs.

La véritable innovation de l'approche "Une seule santé", c'est l'incorporation de la composante environnementale dans le champ d'action de la santé de l'homme et de celle des animaux. En utilisant une telle approche, les méthodes d'adaptation au changement climatique ont plus de chance de contribuer à résoudre les problèmes de sécurité alimentaire, particulièrement au niveau des pays en voie de développement à travers la promotion des systèmes d'élevage extensif dans les endroits disposant de vastes superficies, l'augmentation des aliments d'origine animale, l'assainissement de l'environnement et la mise en place de systèmes de surveillance intégrés régionaux de certaines maladies infectieuses à transmission vectorielle. Il est indéniable que la surveillance communautaire intégrée des zoonoses peut être une avenue très prometteuse pour réduire les effets du changement climatique sur la santé [48].

5.2- Positionnement du concept One Health par rapport à la santé de l'homme et à celle des animaux

Le changement climatique et le changement environnemental constituent une partie de l'ensemble des changements qui affectent les écosystèmes et favorisent l'émergence et la ré-émergence de maladies animales. Depuis quelques années, plus de 70 % de ces zoonoses infectieuses émergentes trouvent leur source dans la faune sauvage et environ 60 % des maladies infectieuses émergentes sont classées comme zoonotiques c'est-à-dire transmises des animaux à l'homme [25].

Le réchauffement climatique contribue à l'émergence des maladies infectieuses dans le monde animal et végétal en exerçant un effet marquant sur les insectes arthropodes (moustiques, pucerons, phlébotomes, puces), sur les tiques qui peuvent héberger et transporter des virus, bactéries et protozoaires. En outre, il provoque un accroissement thermique qui accroît le risque d'extension de l'aire géographique actuelle de ces espèces avec risque de transmission aux animaux et à l'homme de maladies contre lesquelles on ne dispose d'aucune immunité naturelle [31].

Il existe un certain nombre de paramètres météorologiques et climatiques qui peuvent agir sur la santé humaine et animale. Parmi eux, citons outre la chaleur, le froid, l'eau, l'ozone, l'air, les allergènes et les rayons ultraviolets.

5.2.1- Chez l'homme

Certains auteurs avancent que les changements climatiques constituent la menace la plus importante à la santé humaine au 21^e siècle, laquelle est associée à l'augmentation des

maladies chroniques, aux problèmes de santé causés par la chaleur et les inondations extrêmes, aux pénuries de nourriture provoquées par la sécheresse ou les inondations, à différentes maladies dont les problèmes respiratoires. Les effets du changement climatique sur la santé humaine peuvent être directs et indirects. Ils sont considérés comme directs quand ils sont liés aux effets physiologiques de la chaleur et du froid et indirects lorsqu'ils résultent par exemple de la modification des comportements humains suite à des migrations forcées, des catastrophes naturelles majeures comme les inondations et tremblements de terre, ou bien des flambées importantes de maladies d'origine alimentaire ou à transmission vectorielle.

Tous les changements induits par le climat ne sont pas forcément négatifs pour la santé humaine, surtout ceux entraînant une diminution des températures extrêmes [49].

- **Impact de la chaleur et du froid**

Dans les pays tempérés, les périodes de forte chaleur sont parfois accompagnées d'un nombre relativement élevé de cas de morbidité et de mortalité. On estime par exemple qu'en Europe, pour une augmentation de température d'un degré, la mortalité liée à la chaleur augmenterait de 1 à 4 %.

La chaleur est un risque sanitaire immédiat à envisager car il a été démontré que près des trois-quarts des jours chauds observés depuis 1850 sont attribuables au changement climatique [50].

De son côté, le froid peut provoquer également des problèmes de maladie et de mortalité chez les personnes les plus vulnérables, en particulier les personnes âgées et les sans-abris.

Les variations de température, particulièrement celles orientées vers la hausse, peuvent être à l'origine de certaines maladies zoonotiques d'origine alimentaire et vectorielle.

Les maladies infectieuses bactériennes d'origine alimentaire comme les salmonelloses, les colibacilloses sont généralement sensibles à la température et sont en train de prendre chaque jour de plus d'importance même dans les pays développés comme ceux de l'Europe et les États-Unis.

- **Impact des vecteurs**

Les maladies à transmission vectorielle résultent des impacts indirects des changements climatiques sur la biodiversité (arthropodes vecteurs, réservoirs d'agents pathogènes) [51]. Elles sont transmises essentiellement par des arthropodes, en particulier les insectes et les tiques. Elles sont généralement responsables de maladies animales.

- **Les problèmes du changement climatique liés à l'eau**

Le changement climatique induit des modifications profondes sur le volume d'eau disponible au niveau d'un territoire donné qui peuvent se matérialiser, soit par de fortes précipitations et inondations, soit par la sécheresse entraînant une rareté d'eau au niveau de cet espace pour les usages domestiques de la population et pour les animaux.

Les inondations sont généralement porteuses de certaines maladies infectieuses et parasitaires incluant les maladies vectorielles qui sont étroitement liées à la prolifération des moustiques et

d'autres vecteurs. Plusieurs épidémies de maladies d'origine hydrique sont dues à la mobilisation de pathogènes ou à une vaste contamination de l'eau par des bactéries fécales comme les salmonelles et les coliformes. Aussi, n'est-il pas rare d'observer en Haïti des flambées de charbon bactérien ou anthrax à la suite des cyclones et également un nombre anormalement élevé de pathologies à dominante digestive avec une prépondérance de troubles gastro-intestinaux. Une telle contamination a généralement eu de fâcheuses conséquences sur la santé de la population en rendant tout-à-fait non potables les eaux de captage qui étaient destinées à la consommation humaine.

Les maladies d'origine hydrique ne sont pas forcément liées aux inondations car le manque d'eau peut empêcher la réalisation des gestes d'hygiène quotidiens, particulièrement au moment de la pandémie du nouveau coronavirus ou bien dans les pays où sévit encore le choléra. Cette carence en eau, dans certains territoires, peut se révéler d'une extrême gravité pour la santé de la population car il importe de bien se laver les mains plusieurs fois par jour à l'eau et au savon pour se protéger contre ces deux maladies.

- **La qualité de l'air**

Dans beaucoup de pays industrialisés, il se pose un épineux problème de la qualité de l'air consécutif à la dégradation environnementale issue d'activités industrielles incontrôlées. Dans ces pays, apparaissent diverses pathologies de type respiratoire liées principalement à la présence de l'ozone et des particules dans l'air.

- **Impact de l'ozone sur le changement climatique**

L'ozone est un polluant majeur dans la majorité des pays industrialisés dont l'augmentation de la concentration est tributaire de la variabilité et du changement climatiques. La République d'Haïti subit comme beaucoup d'autres pays pauvres non développés les conséquences de l'impact de l'ozone sur le changement climatique qui sont davantage imputables à l'action des pays voisins industrialisés qu'à ses propres activités de production agricole et industrielle.

L'augmentation des températures pourrait se traduire par des augmentations locales des pics d'ozone et de particules fines [52].

- **Les allergènes présents dans l'air**

Les allergènes comme le pollen ou les moisissures sont capables de présenter une certaine dangerosité à certains moments de l'année pour les enfants et les personnes âgées ainsi que pour toute personne souffrant déjà de maladies respiratoires chroniques telles que l'asthme, des allergies graves ou la bronchopneumopathie chronique obstructive. Dans un pays comme Haïti, le diagnostic de ces troubles peut ne pas être établi faute de spécialistes en allergologie.

- **Les effets globaux du changement climatique sur la santé humaine**

On a constaté que dans certains pays, les catastrophes naturelles majeures ont provoqué bien souvent de graves conséquences psychologiques chez les enfants qui sont confrontés à de tels traumatismes.

Les changements globaux ont pour effet d'augmenter et de diversifier les sources de contamination du sol et des eaux et font émerger de nouvelles interfaces de contacts entre les hommes, les animaux et leurs pathogènes [31]. Leurs effets sur la santé se manifestent généralement de manière inégale sur les personnes car la santé et le bien-être de la population sont corrélés également aux facteurs socio-économiques comme le revenu, le logement, l'emploi, l'éducation, le sexe et le mode de vie. Outre les enfants, font partie des groupes vulnérables les personnes dont le lieu de travail est à l'extérieur, les personnes âgées, les femmes et celles qui souffrent déjà de maladies ou d'inégalités sociales criantes [53].

Le changement climatique a également des incidences directes sur la migration des peuples qui peut être interne ou nationale, intrarégionale ou internationale. Il peut avoir un impact négatif sur les économies nationales, la disponibilité de denrées alimentaires et d'eau entraînant le besoin de plus en plus croissant d'aide humanitaire et de protection sanitaire en faveur des groupes vulnérables [53].

5.2.2- Chez les animaux

A l'instar de l'homme, les animaux sont très sensibles aux effets du changement climatique qui peuvent être très négatifs pour la santé et le bien-être du bétail. Les changements climatiques jouent un rôle dans l'établissement et l'expansion géographique des zoonoses [49]. Toutefois, selon plusieurs études, l'effet peut, dans certains cas, être positif car l'augmentation de la température de l'air serait à même de réduire le risque de décès et d'améliorer la santé ainsi que le bien-être des humains et du bétail vivant dans des régions aux hivers très froids. Mais les variations extrêmes des paramètres climatiques, chaleur, froid, humidité, précipitations ont globalement un impact négatif sur la santé et le bien-être des animaux qui se traduisent par une augmentation marquée des cas de morbidité et de mortalité. Les effets négatifs du changement climatique sont, comme chez l'homme, la conséquence des changements combinés de la température de l'air, des précipitations, de la fréquence et de l'ampleur des événements météorologiques extrêmes et peuvent être également à la fois directs et indirects.

Le stress thermique peut, selon son intensité et sa durée, affecter de manière directe la santé des animaux en provoquant des perturbations métaboliques, un stress oxydatif et une diminution drastique de la capacité immunitaire entraînant des infections et la mort.

Quant aux effets indirects, ils sont associés à la quantité et à la qualité des aliments et de l'eau potable disponibles pour les animaux ainsi qu'à la survie et à la distribution des agents pathogènes et/ou de leurs vecteurs [54]. En effet, les animaux sont également très sensibles à certaines maladies d'origine vectorielle comme celles transmises par les tiques comme l'anaplasmose bovine, les piroplasmoses des chiens et des bovins, la cowdriose ou heartwater, l'encéphalite équine, la peste porcine africaine ainsi que par des insectes comme la fièvre de la Vallée du Nil ou par des mollusques comme la douve du foie. Les populations de ces différents vecteurs ont tendance à se multiplier avec le changement climatique.

La problématique du changement climatique et de ses impacts sur les êtres vivants est devenue si importante et si pertinente pour la vie sur la planète que l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) l'a introduite ces dernières décennies dans ses stratégies [55,56].

Selon Vallat [55], l'impact du changement climatique sur la santé a souvent été évoqué, principalement pour la santé humaine. En ce qui concerne les maladies animales, leur relation avec le changement climatique est plus rarement évoquée, sans doute parce que les récentes épizooties étaient principalement liées à des maladies virales très contagieuses (fièvre aphteuse, peste porcine classique et africaine, maladie de Newcastle, grippe aviaire, etc) et pour lesquels les mouvements d'animaux et de denrées alimentaires d'origine animale, notamment par le biais du commerce, ont joué un rôle prépondérant [55].

Oyhantçaba et coll. [56] notent que les liens entre la production animale et le changement climatique sont complexes et multidirectionnels. D'une part, la production animale a une influence sur le changement climatique, les ruminants générant principalement des émissions de gaz à effet de serre. En particulier, la production animale est une source très importante de méthane et de protoxyde d'azote rejeté dans l'atmosphère. D'autre part, le changement climatique influe sur la production animale en affectant les conditions régissant la production animale, la production de cultures fourragères et la santé animale. Les impacts sur la santé animale sont de plus en plus reconnus et ce thème occupe une section spéciale de ce document, comme nous le verrons ci-dessous [56].

Avec l'introduction et l'expansion très rapide du virus de la fièvre du Nil occidental en Amérique du Nord, le rôle de la faune est devenu clair. Cet épisode a mis en évidence les lacunes de nos connaissances sur l'écologie de ce type d'infection, en particulier lorsqu'elles émergent dans de nouveaux contextes [55].

Il est un fait que l'environnement dans lequel évoluent les animaux joue un rôle de plus en plus important dans les manifestations des maladies, particulièrement de celles à transmission vectorielle. Le réchauffement climatique a entraîné des modifications dans l'écologie des vecteurs qui se sont traduites par la disparition de certains habitats, l'apparition de nouveaux et, plus globalement, par le déplacement de la zone géographique qui loge les habitats nécessaires à un vecteur donné suite à des modifications environnementales. De tels bouleversements dans les écosystèmes ont eu des conséquences assez graves sur l'élevage. C'est ainsi qu'on a assisté à la migration des vecteurs d'origine tropicale, souvent porteurs de germes pathogènes, vers des climats plus doux et même tempérés. Mais toujours est-il que les causes des maladies vectorielles sont multifactorielles car elles sont généralement non seulement associées au changement climatique mais encore à la globalisation des échanges, à l'urbanisation et à la déforestation [54].

À côté des maladies vectorielles, se développe une dynamique des maladies non vectorielles qui sont également soumises à l'influence du changement climatique. A titre d'exemple, citons les infections par les virus de l'influenza aviaire qui peuvent être influencées par les itinéraires de migration des oiseaux aquatiques sauvages. On a observé que certaines espèces d'oiseaux sauvages ont réduit leur distance de migration suite au réchauffement climatique, ce qui a contribué parfois à la propagation de certaines maladies infectieuses des poissons dans des régions qui en ont été jusque-là indemnes. La persistance des virus dans l'environnement, y compris dans l'eau, est également influencée par l'évolution des températures [51].

D'une manière générale, les espèces sauvages jouent un rôle significatif dans la transmission de certaines maladies animales majeures telles que l'influenza aviaire, la rage, les pestes porcines et la tuberculose. Comme conséquence du changement climatique, les pays disposant de forêts ou savanes avec une faune importante font souvent face à un problème de pénurie d'eau pour l'abreuvement de ces animaux. Aussi, sont-ils obligés de se regrouper au même point d'eau, favorisant ainsi la circulation continue des pathogènes, d'abord entre eux, puis dans les cheptels domestiques à la faveur des rencontres qui deviennent de moins en moins fortuites dans certains pays suite à la déforestation sauvage et à des programmes d'urbanisation anarchique.

6.- MÉTHODES DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LES MALADIES VECTORIELLES

Le maintien en bon état de fonctionnement du système écologique de la terre et d'autres systèmes biophysiques est un impératif qui s'inscrit dans l'option du développement durable des pays afin de garantir la persistance ou l'entretien de la vie. On s'accorde à reconnaître aujourd'hui que ces systèmes sont mal en point et que le changement climatique qui en résulte représente l'une des plus grandes menaces qui planent sur l'humanité au 21^{ème} siècle en perturbant le bien-être et la santé des populations animales et humaines. Il faut donc se coller à la réalité et s'efforcer de vivre dans le respect des normes qui régissent le fonctionnement normal de notre planète. Face au changement climatique qui induit tout un ensemble de maladies dont celles à transmission vectorielle et des zoonoses, il s'avère nécessaire de faire un certain nombre de recommandations pour atténuer ses effets sur les événements météorologiques extrêmes et sur la santé des animaux et de l'homme. Une attention spéciale sera accordée aux principales maladies infectieuses à transmission vectorielle qui se rencontrent dans la Caraïbe et tout particulièrement en Haïti.

6.1- Principales mesures de lutte contre le changement climatique

Il importe de refaire au plus vite la santé des écosystèmes mis à mal par l'action de l'homme, à travers une bonne appréhension des relations entre le climat et la santé, le renforcement des capacités, les échanges d'information et la promotion de la recherche. Aussi, convient-il de prendre des mesures d'atténuation et d'adaptation.

6.1.1- Engagement de chaque pays au respect des recommandations édictées par l'Accord de Paris sur le climat et le réchauffement climatique signé en 2016 [57].

Des prévisions laissent penser que la température moyenne globale à la surface de la terre connaîtra, au cours du présent siècle, une forte augmentation pouvant même dépasser 5° C et des changements notables dans le régime des pluies ainsi qu'une grande variabilité du climat. Chaque pays doit s'évertuer à suivre les lignes directrices de l'Accord de Paris et à promouvoir la recherche, soit au niveau national ou régional. Celle-ci gagnera à trouver des méthodes novatrices capables d'analyser les conditions météorologiques et le climat par rapport à la santé animale et humaine. Pour cela, il importe qu'on établisse des séries de données sur des périodes de longue durée pour mieux comprendre les mécanismes des changements climatiques et leur interaction avec la santé ou la survenue de maladies animales et humaines ainsi que pour être en mesure de mettre au point des systèmes d'alerte précoce en vue de

prédire les flambées épidémiques et les événements climatiques extrêmes tels que des vagues de chaleur et précipitations intenses, le risque accru de sécheresse, l'augmentation de la force et de la vitesse des vents et des cyclones tropicaux dans certaines zones comme dans la Caraïbe dont Haïti, l'accentuation du phénomène El Niño.

De tels travaux nécessitent un engagement ferme non seulement des principales organisations internationales concernées comme l'OMM, le GIEC, l'OMS, l'OIE, le PNUE mais aussi de chaque pays pour œuvrer à la réduction des gaz à effet de serre et d'autres polluants et suivre les principes de développement durable requis pour la survie de la planète et les recommandations des différentes rencontres internationales issues de l'Accord de Paris sur le climat et le réchauffement climatique.

6.1.2- Une approche analytique de l'impact du changement climatique sur les maladies

Tout laisse croire que les maladies qui surviennent à l'issue d'événements météorologiques majeurs sont également conditionnées par des facteurs autres que climatiques. Il convient donc de recueillir un ensemble de données de base et d'utiliser les méthodes analytiques appropriées pour quantifier la part attribuable au climat dans l'expression de ces maladies, ce qui nécessite la mise en place de systèmes de suivi et de surveillance du climat et de ces maladies fonctionnels et fiables.

6.1.3.- Mesures d'adaptation au changement climatique

Les effets du changement climatique sont des données objectives sur lesquelles nous devons agir rapidement pour compléter les mesures d'atténuation du changement climatique, ce afin de réduire considérablement leur niveau d'impact sur la santé des animaux et de l'homme.

Ces mesures pourraient porter sur les différents facteurs qui conditionnent la vulnérabilité des populations humaines comme la densité démographique, le développement économique, les conditions écologiques locales, l'état de santé et l'accès aux soins de santé.

6.1.4.- Lutte contre les maladies infectieuses

Les maladies infectieuses, notamment celles d'origine vectorielle ou hydrique, sont très sensibles aux conditions climatiques. Il faut donc constamment recueillir des données sur la prévalence et surtout sur l'incidence des maladies infectieuses pour mieux aborder les études épidémiologiques. Ce n'est que de cette manière, que l'on pourra établir une quelconque relation entre les états morbides ou les cas de mortalité observés avec un événement climatique donné. On a intérêt à ce que les équipes de chercheurs pluridisciplinaires se constituent et opèrent dans un cadre régional ou international car les problèmes climatiques vont généralement au-delà des limites géographiques d'un seul pays [34].

6.2- Principales méthodes de lutte contre les vecteurs

6.2.1- Lignes directrices de la lutte antivectorielle

L'Assemblée mondiale de la Santé a approuvé en 2017 « l'Action mondiale pour lutter contre les vecteurs 2017-2030 » [58]. Ce document contient des orientations stratégiques pour aider les pays et les partenaires du développement à renforcer la lutte antivectorielle dans leur stratégie

de prévention des maladies et de riposte aux flambées. Il préconise une réorientation des programmes de lutte anti vectorielle avec un renforcement des capacités techniques, une amélioration des infrastructures, un renforcement des systèmes de suivi et de surveillance et une grande mobilisation communautaire.

Le changement de comportement de la population est considéré comme l'un des éléments essentiels de la lutte contre les maladies à transmission vectorielle. L'OMS a compris qu'il est important d'œuvrer en collaboration avec des partenaires pour éduquer et sensibiliser le public et porter les populations à comprendre la nécessité et la manière de se protéger et de protéger leurs communautés contre les différents vecteurs. En outre, l'accès aux services d'approvisionnement en eau et d'assainissement représente un facteur très important dans la lutte contre les maladies et leur élimination.

6.2.2.- Principales méthodes de lutte antivectorielle

Les méthodes de lutte antivectorielle sont multiples car elles changent avec la nature des vecteurs qui présentent une grande diversité biologique. Les plus utilisées sont :

a) Les méthodes biologiques

Elles consistent à utiliser par exemple des poissons larvivores au niveau des plans d'eau et des grands bassins aquacoles.

b) Les méthodes physiques

Elles se réfèrent à la protection de l'environnement, soit par une barrière physique au moyen de moustiquaires, de grillage de fenêtres, etc.), soit par des changements provoqués dans l'environnement (diminution de la densité des bosquets) pour provoquer une réduction de la population des vecteurs.

c) Les méthodes chimiques

Ces méthodes sont diverses. Elles peuvent utiliser des larvicides, des aspersion intradomiciliaires pariétales, des moustiquaires imprégnées d'insecticides et des pulvérisations spatiales qui peuvent se réaliser à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons selon les besoins. Ces techniques sont utilisées en Haïti particulièrement dans le cas de la malaria

L'emploi de ces différentes méthodes vise à produire la limitation du contact hôte/vecteur ou bien une action sur la densité ou une action sur la longévité du parasite.

d) L'assainissement

L'assainissement est un ensemble de méthodes et de techniques visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement en supprimant les causes d'insalubrité. Il est composé de différentes phases allant de la collecte à l'évacuation des déchets solides et liquides en passant par leur traitement. Il est donc étroitement associé à la santé publique car les maladies

infectieuses et parasitaires ont tendance à se développer davantage dans les milieux insalubres. Il désigne l'ensemble des techniques visant à traiter les eaux usées mais aussi les déchets solides dont la décomposition peut être source de maladies. Dans le cas des maladies infectieuses à transmission vectorielle, les eaux stagnantes peuvent être une source de prolifération de moustiques qui sont les principaux vecteurs de ces maladies

Conclusion

Le maintien en bon état de fonctionnement du système écologique de la terre et d'autres systèmes biophysiques est un impératif qui s'inscrit dans l'option du développement durable des pays afin de garantir la persistance ou l'entretien de la vie. On s'accorde à reconnaître aujourd'hui que ces systèmes sont mal en point et que le changement climatique qui en résulte représente l'une des plus grandes menaces qui planent sur l'humanité au 21^{ème} siècle en perturbant le bien-être et la santé des populations animales et humaines. La situation de la planète Terre devient de plus en plus critique chaque jour, en particulier dans les pays qui se soucient peu des problèmes causés par le réchauffement climatique et des différentes formes de pollution des écosystèmes. L'avenir de l'humanité semble très menacé et sombre en raison de l'impact multiforme du changement climatique sur la biodiversité, l'agriculture, l'environnement et la santé humaine et animale. En effet, les conséquences du changement climatique sur la santé publique sont aujourd'hui quasiment incontestables ; ils sont particulièrement visibles dans les maladies à transmission vectorielle. De légères variations de la température moyenne, du régime pluviométrique, de l'humidité peuvent avoir de graves conséquences sur la santé, principalement dans les pays tropicaux en développement, car elles sont susceptibles d'affecter la physiologie des vecteurs.

La République d'Haïti subit depuis des années les effets néfastes du changement climatique avec une perturbation marquée du régime pluviométrique, la survenue de périodes prolongées de sécheresse et une augmentation de la température de l'air. Des études épidémiologiques descriptives révèlent des taux de prévalence significatifs de nombreuses maladies à transmission vectorielle dans le pays: paludisme, dengue, chikungunya, Zika, fièvre jaune, fièvre de la vallée du Nil, filariose lymphatique, maladies liées aux piqûres de tiques, etc. et les changements climatiques et environnementaux n'ont pas encore été clairement définis en Haïti faute d'études épidémiologiques approfondies, il ne fait aucun doute qu'il existe une corrélation positive entre ces variables.

Il est donc grand temps de mener des études sur les changements climatiques aux niveaux national et régional afin de mieux comprendre leur impact sur les écosystèmes terrestres et aquatiques et de mieux comprendre, en particulier, leur impact sur la santé humaine et animale grâce à des recherches épidémiologiques analytiques. Il est donc urgent de prendre les mesures nécessaires pour définir un cadre cohérent d'actions et de stratégies d'intervention susceptibles de faciliter le renversement de la tendance accélérée de dégradation de l'environnement et de la santé de la population, au moins dans les zones du pays identifiées comme élevées risque. Ce cadre inclura dans sa démarche l'approche « Une seule santé », prenant en compte la composante environnementale dans le champ d'action de la santé

humaine et animale en vue de réduire les effets du changement climatique sur la santé humaine en Haïti.

Les variations observées dans l'épidémiologie des maladies à transmission vectorielle, en particulier les arbovirus (dengue, fièvre jaune, Zika par exemple), résultent de changements sociaux, économiques et environnementaux largement dépendants du changement climatique. Il est important de comprendre la dynamique de cette évolution dans le pays qui fait face à un grand manque de données météorologiques et climatiques locales, en raison du manque de stations ou de centres affectés à la collecte de ces données de manière régulière et systématique. De plus, il n'existe pas non plus d'informations fiables sur les biotopes des arthropodes vecteurs, les changements intervenus dans leur mode de vie au cours des dernières décennies, la répartition des vecteurs au niveau des pays, les facteurs contributifs et / ou limitant leur prolifération dans le contexte haïtien, estimations de leur population en fonction des périodes de pluie et de sécheresse, etc.

Le pays profite d'envisager l'opportunité de revitaliser la plateforme de coopération intersectorielle avec une forte implication des universités nationales et étrangères pour la rendre fonctionnelle et capable de traiter correctement les différents problèmes liés au changement climatique et à son impact sur la santé publique par des moyens généraux et vectoriels maladies en particulier. C'est dans cette perspective que s'orienteront les prochaines actions de l'Université de Quisqueya.

Remerciements

Les auteurs remercient la FOKAL (Fondation Connaissance et Liberté), CNHCU (Commission nationale Haïtienne de Coopération avec l'UNESCO) et le SCAC (Service de Coopération et d'Action Culturelle) de l'Ambassade de France en Haïti pour leur soutien financier.

References Bibliographiques

1. Nordhaus, W.D. (2010), "Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment", PNAS, Vol. 106 No. 27, pp. 11721-11726.
2. Tol, R.S.J. (2010), "Economics of climate change", Perspektiven der Wirtschaftspolitik, Vol. 11 No. 1, pp. 13-17.
3. IPCC (2007), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
4. Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S. and Moneo, M. (2009), Impacts of Climate Change in Agriculture in Europe, PESETA Agriculture Study, JRC Report, European Commission, Brussels.
5. Anthoff, D., Hepburn, C.J. and Tol, R.S.J. (2009), "Equity weighting and the marginal damage costs of climate change", Ecological Economics, Vol. 68 No. 3, pp. 836-849.
6. Fleurant, M.M. Les changements climatiques à Haïti : pour la résilience socio-écologique des populations par l'adaptation dans le domaine de l'agriculture. Possibilités et limites du droit interne et international [Thèse de Doctorat]. Québec, Canada : Université Laval; 2020. p. 412
7. Parry, M., Parry, M. L., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden, P., & Hanson, C. (Eds.). (2007). Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working

- group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press.
8. Amuakwa-Mensah, F., Marbuah, G., & Mubanga, M. (2017). Climate variability and infectious diseases nexus: Evidence from Sweden. *Infectious Disease Modelling*, 2(2), 203-217.
 9. Caminade, C., McIntyre, K. M., & Jones, A. E. (2019). Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1), 157.
 10. Luber, G., & Lemery, J. (Eds.). (2015). *Global climate change and human health: From science to practice*. John Wiley & Sons. 672 p. ISBN 1118505573, 9781118505571
 11. CNEV. (2016). Influence du réchauffement climatique sur la propagation des maladies vectorielles et de leurs vecteurs. Montpellier: Centre national d'expertise sur les vecteurs, UMR MIVEGEC (IRD-CNRS-UM1-UM2). 13p. https://www.anses.fr/fr/system/files/CNEV-Ft-Fev2016-Rapport_Changement_climatique_et_maladies_vectorielles.pdf
 12. IPCC (2018). *Global warming of 1.5°C. an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Masson-Delmotte, V. et al. (Eds). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland
 13. Paiva, R. (2015). Brasil tem epidemia de dengue confirmada segundo índice da OMS. *JORNAL HOJE*. Edição do dia 04/05/2015 04/05/2015 14h17 - Atualizado em 04/05/2015 15h26. <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2015/05/brasil-tem-epidemia-de-dengue-confirmada-segundo-indice-da-oms.html>
 14. (IPCC) 2001. *Climate change 2001: The scientific basis*, (Eds) J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden & D. Xiaosu. Contribution of working group I to the third assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
 15. Burkett VR, Suarez AG, Bindi M, Conde C, Mukerji R, Prather MJ, St. Clair AL, Yohe GW (2014) Point of departure. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL (eds) *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 169–194
 16. IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
 17. Brasseur P, Eyma E, Li X, Verdier R, Agnamey P, Liataud B, et al. Circulation des oocystes de *Cryptosporidium* dans les eaux de surface et de distribution par adduction publique à Port-au-Prince, Haïti. In: *Colloque International Gestion Intégrée de l'Eau en Haïti, Actes du Colloque; 2002*. pp. 172-175
 18. Raccurt, C. P., Brasseur, P., Verdier, R. I., Li, X., Eyma, E., Stockman, C. P., ... & Nevez, G. (2006). *Cryptosporidiose humaine et espèces en cause en Haïti*. *Tropical Medicine & International Health*, 11(6), 929-934.
 19. Damiani, C., Balthazard-Accou, K., Clervil, E., Diallo, A., Da Costa, C., Emmanuel, E., Totet, A., & Agnamey, P. (2013). *Cryptosporidiosis in Haiti: surprisingly low level of species diversity revealed by molecular characterization of Cryptosporidium oocysts from*

surface water and groundwater. *Parasite (Paris, France)*, 20, 45.
<https://doi.org/10.1051/parasite/2013045>

20. Balthazard-Accou, K., Fifi, U., Agnamey, P., Casimir, J. A., Brasseur, P., & Emmanuel, E. (2014). Influence of ionic strength and soil characteristics on the behavior of *Cryptosporidium* oocysts in saturated porous media. *Chemosphere*, 103, 114-120.
21. Jaglin, S., 2001, L'eau potable dans les villes en développement : les modèles marchands face à la pauvreté, *Revue Tiers Monde*, T. XLII, 166: 275-303.
22. Emmanuel, E., Prével, C. (2018). Mot des coéditeurs. Cahier thématique – Gestion de l'environnement et développement durable, *Haïti Perspectives*, 6 (3) : 15-16.
23. Boisson, D., Emmanuel, E., Calais, E. (2020). Aléas Telluriques : Eau et Environnement en Zones Urbanisées d'Haïti. Communication orale. In Session : Eau et environnement en zones urbanisées littorales & insulaires 24 juin 2020. Conférence électronique : Favoriser les interactions et réalisations transformantes entre le RESCIF et l'IRD.
24. HELVETAS. (2012). Préservation et Valorisation de la Biodiversité en haute altitude en Haïti. Helvetas, Direction du développement et de la coopération DDC. Port-au-Prince:HELVETAS.
25. Black, P., & Nunn, M. (2009). Conséquences du changement climatique et des modifications environnementales sur les maladies animales émergentes ou ré-émergentes et sur la production animale. In Conf. OIE, pp. 1-13.
26. Jourdain, F., & Paty, M. C. (2019). Impact des changements climatiques sur les vecteurs et les maladies à transmission vectorielle en France. *Les Tribunes de la sante*, 3:41-51.
27. OMS (2017). Action mondiale pour lutter contre les vecteurs: rapport du Secrétariat. Organisation mondiale de la Santé, No. A70/26 Rev. 1.
28. IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science – Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 17 pp. www.ipcc.ch
29. Anyamba, A., Chretien, J. P., Britch, S. C., Soebiyanto, R. P., Small, J. L., Jepsen, R., ... & Tucker, C. J. (2019). Global disease outbreaks associated with the 2015–2016 El Niño event. *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
30. Hanson, C., Finisdore, J., Ranganathan, J., & Iceland, C. (2008). The Corporate Ecosystem Services Review: Guidelines for Identifying Business Risks & Opportunities Arising from Ecosystem Change. World Resources Institute, Washington, USA. http://pdf.wri.org/corporate_ecosystem_services_review.pdf
31. Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451 (7181):990-993.
32. Kilpatrick AM. (2011). Globalization, Land Use, and the Invasion of West Nile Virus. *Science*. 334(6054): 323–327. doi:10.1126/science.1201010
33. Duboz, R., Binot, A., (2017). Santé des animaux et des hommes : s'entraîner à gérer l'incertitude par la modélisation et la simulation participatives. *Perspective, CIRAD*, 2017, N° 41, 4 p. [ff10.18167/agritrop/00043ff](https://doi.org/10.18167/agritrop/00043ff). [ffhal-01537680f](https://doi.org/10.18167/agritrop/00043ff)
34. OMS (2004). Changement climatique et santé humaine: risques et mesures à prendre: résumé. Genève: OMS, 40p. ISBN 92 4 259081 9
35. Pham, T. B., Phong, C. H., Bennett, J. B., Hwang, K., Jasinskiene, N., Parker, K., ... & James, A. A. (2019). Experimental population modification of the malaria vector mosquito, *Anopheles stephensi*. *PLoS genetics*, 15(12), e1008440.
36. Frederick, J., Saint Jean, Y., Lemoine, J. F., Dotson, E. M., Mace, K. E., Chang, M., Slutsker, L., Le Menach, A, Beier J. C., Eisele T. P., Okech, B. A., Beau de Rochars, V. M.,

- Carter, K. H, Keating, J, Impoinvil, D. E. (2016). Malaria vector research and control in Haiti: a systematic review. *Malaria journal*, 15(1), 376.
37. Hajison, P. L., Feresu, S. A., & Mwakikunga, B. W. (2018). Malaria in children under-five: A comparison of risk factors in lakeshore and highland areas, Zomba district, Malawi. *PloS one*, 13(11), e0207207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207207>.
 38. Samson, D. M., Archer, R. S., Alimi, T. O., Arheart, K. L., Impoinvil, D. E., Oscar, R., Fuller, D. O., & Qualls, W. A. (2015). New baseline environmental assessment of mosquito ecology in northern Haiti during increased urbanization. *Journal of vector ecology : journal of the Society for Vector Ecology*, 40(1), 46–58. <https://doi.org/10.1111/jvec.12131>
 39. Raccurt, C. P., Basseur, P., Lemoine, F., Cicéron, M., Existe, A., & Boncy, J. (2014). Caractéristiques épidémiologiques du paludisme dans la commune de Corail, Grande Anse, Haïti. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 107(5), 337-341.
 40. Rieth, M., Beauharnais, C. A., Noel, F., Ikizler, M. R., Mehta, S., Zhu, Y., Long, C. A., Pape, J. W., & Wright, P. F. (2011). Serologic imprint of dengue virus in urban Haiti: characterization of humoral immunity to dengue in infants and young children. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 84(4), 630–636. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2011.10-0323>
 41. Salyer, S. J., Ellis, E. M., Salomon, C., Bron, C., Juin, S., Hemme, R. R., ... & Desormeaux, A. M. (2014). Dengue virus infections among Haitian and expatriate non-governmental organization workers—Leogane and Port-au-Prince, Haiti, 2012. *PLoS Negl Trop Dis*, 8(10), e3269.
 42. Weppelmann, T. A., Burne, A., von Fricken, M. E., Elbadry, M. A., De Rochars, M. B., Boncy, J., & Okech, B. A. (2017). A Tale of Two Flaviviruses: A Seroepidemiological Study of Dengue Virus and West Nile Virus Transmission in the Ouest and Sud-Est Departments of Haiti. *Am J Trop Med Hy.*, 96(1), 135-140. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0422>.
 43. Poirier, M. J., Moss, D. M., Feeser, K. R., Streit, T. G., Chang, G. J., Whitney, M., Russell, B. J., Johnson, B. W., Basile, A. J., Goodman, C. H., Barry, A. K., & Lammie, P. J. (2016). Measuring Haitian children's exposure to chikungunya, dengue and malaria. *Bulletin of the World Health Organization*, 94(11), 817–825A. <https://doi.org/10.2471/BLT.16.173252>
 44. WHO (2016). Chikungunya fact sheet. World Health Organization, Geneva, Switzerland. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>
 45. Chazal, M., Beauclair, G., Gracias, S., Najburg, V., Simon-Lorière, E., Tangy, F., ... & Jouvenet, N. (2018). RIG-I recognizes the 5' region of dengue and Zika virus genomes. *Cell reports*, 24(2), 320-328.
 46. Journal, I., Andrécy, L. L., Metellus, D., Pierre, J. S., Faublas, R. M., Juin, S., Dismar, A. M., Fitter, D. L., Neptune, D., Laraque, M. J., Corvil, S., Pierre, M., Buteau, J., Lafontant, D., Patel, R., Lemoine, J. F., Lowrance, D. W., Charles, M., Boncy, J., Adrien, P. (2017). Transmission of Zika Virus - Haiti, October 12, 2015-September 10, 2016. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 66(6), 172–176. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6606a4>
 47. Papadopoulos, A., and S. Wilmer. 2011. One Health: A primer. National Collaborating Centre for Environmental Health, Vancouver, BC, Canada. <https://ncceh.ca/sites/default/files/One Health Primer Nov 2011 0.pdf> (accessed 5 Jan. 2021).

48. Pascal, M., Beaudreau, P., Laaidi, K., & Pirard Ph, V. R. (2015). Changement climatique et santé: nouveaux défis pour l'épidémiologie et la santé publique. *BEH*, 38(39), 717-23.
49. Germain, G., Simon, A., Arsenault, J., Baron, G., Bouchard, C., Chaumont, D., ... & Mercier, M. (2019). L'Observatoire multipartite québécois sur les zoonoses et l'adaptation aux changements climatiques. *CHANGEMENT CLIMATIQUE ET MALADIES INFECTIEUSES*, 45, 159.
50. Fischer, E. M., & Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5(6), 560-564.
51. Commission des Communautés Européennes (2009). Les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale. Document de travail des services de la Commission accompagnant le livre blanc "Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen. Bruxelles:UE, SEC(2009) 416, 22p.
52. IPCC (2014) Climate change 2014: synthesis report. In: Core Writing Team, Pachauri RK, Meyer LA (eds) Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva: IPCC, 151p.
53. Jourdain, F., & Paty, M. C. (2019). Impact des changements climatiques sur les vecteurs et les maladies à transmission vectorielle en France. *Les Tribunes de la sante*, (3), 41-51.
54. Lacetera, N. (2018). Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*, 9(1), 26–31. <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>
55. Vallat, B. (2008). Preface - Climate change: impact on the epidemiology and control of animal diseases. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 2008, 27 (2), 297-298.
56. Oyhantçabal, W., Vitale, E., & Lagarmilla, P. (2010). Climate change and links to animal diseases and animal production. Compendium of technical items presented to the OIE World Assembly of Delegates and to OIE Regional Commissions, 169-186.
57. UNFCCC (2015). Adoption of the Paris Agreement. Report No. FCCC/CP/2015/L.9/ Rev.1, <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
58. World Health Organization. (2018). WHO| Global vector control response 2017–2030 [Internet]. WHO. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259205/9789241512978-eng.pdf?sequence=1>