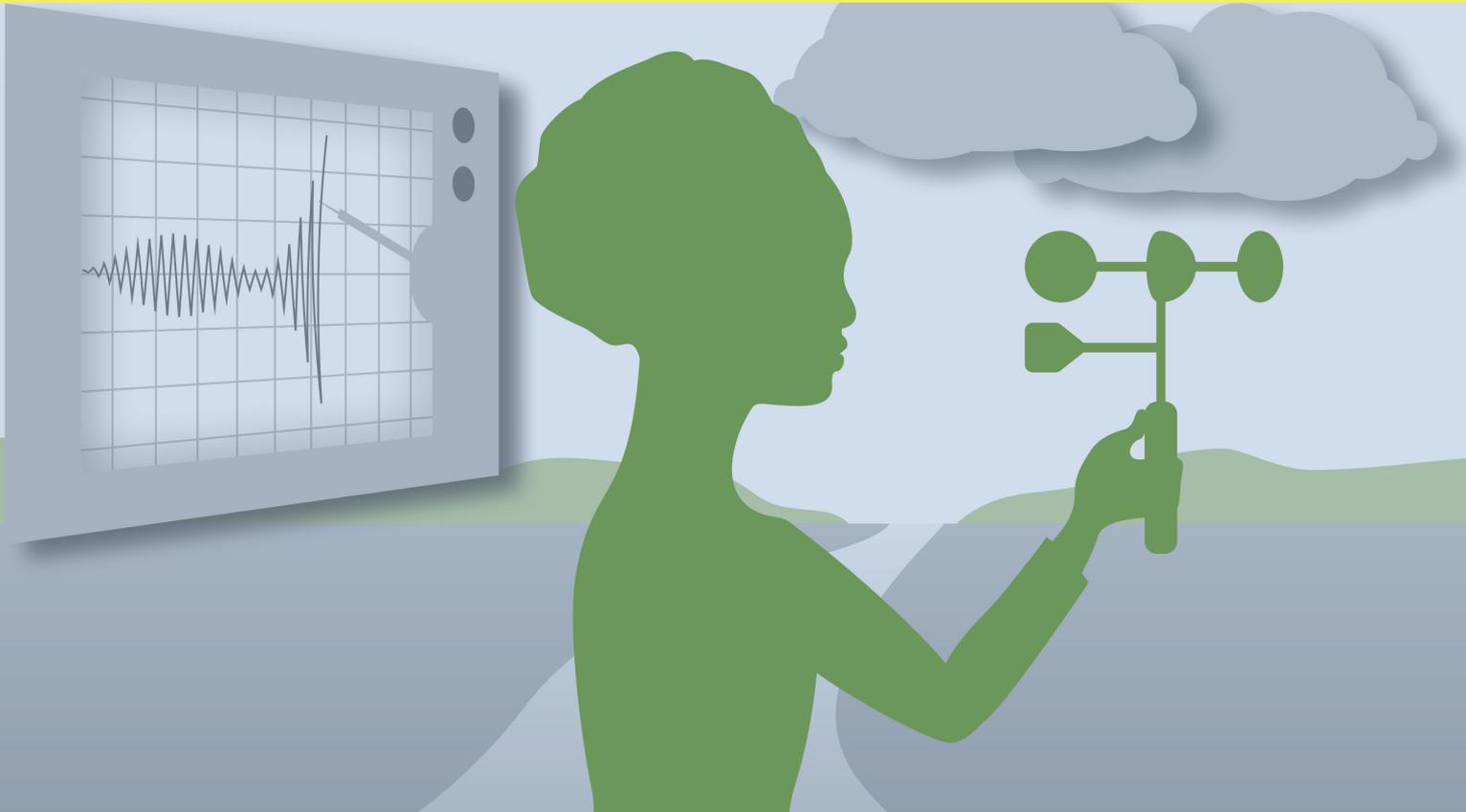


PAS-PNA



Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation

État des lieux des connaissances scientifiques actuelles sur les impacts, la vulnérabilité, et l'adaptation aux changements climatiques au Bénin

Septembre 2018

Mis en oeuvre par :

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Mandaté par :

 Ministère fédéral
de l'Environnement, de la Protection de la Nature
et de la Sécurité nucléaire

de la République fédérale d'Allemagne

Sous la tutelle de :

 MINISTÈRE DU CADRE DE VIE
ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN

En coopération avec :

CLIMATE
ANALYTICS 
 CENTRE DE PARTENARIAT ET
D'EXPERTISE POUR LE
DÉVELOPPEMENT DURABLE

AUTEURS

Constant Labitan Alcade C. Segnon
Edmond Totin Sarah D'haen

Cette publication a été développée dans le cadre de la Composante 2 du projet PAS-PNA.

Cette publication peut être reproduite en tout ou partie, sous quelque forme que ce soit, à des fins pédagogiques et non lucratives, sur autorisation spéciale de Climate Analytics, à condition que sa source soit mentionnée et référencée.

Cette publication ne peut être revendue ou utilisée à des fins commerciales sans autorisation écrite préalable de Climate Analytics.

Nous regrettons toutes erreurs ou omissions qui auraient été commises involontairement.

Ce document peut être cité sous le titre :

Labitan C., Segnon A.C., Totin E., D'haen S., 2018. État des lieux des connaissances scientifiques actuelles sur les impacts, la vulnérabilité, et l'adaptation aux changements climatiques au Bénin. Climate Analytics GmbH, Berlin

Une copie numérique de ce rapport est disponible en ligne sur :
www.climateanalytics.org/publications.

Ce rapport est financé dans le cadre du Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation (PAS-PNA), relevant de l'Initiative Internationale pour le Climat (IKI) soutenue par le Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sureté Nucléaire (BMU) en vertu d'une décision du Parlement de la République fédérale d'Allemagne, et mis en oeuvre par Climate Analytics et la Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

AUTEURS

Constant Labitan Alcade C. Segnon
Edmond Totin Sarah D'haen

Cette publication a été développée dans le cadre de la Composante 2 du projet PAS-PNA.

Cette publication peut être reproduite en tout ou partie, sous quelque forme que ce soit, à des fins pédagogiques et non lucratives, sur autorisation spéciale de Climate Analytics, à condition que sa source soit mentionnée et référencée.

Cette publication ne peut être revendue ou utilisée à des fins commerciales sans autorisation écrite préalable de Climate Analytics.

Nous regrettons toutes erreurs ou omissions qui auraient été commises involontairement.

Ce document peut être cité sous le titre :

Labitan C., Segnon A.C., Totin E., D'haen S., 2018. État des lieux des connaissances scientifiques actuelles sur les impacts, la vulnérabilité, et l'adaptation aux changements climatiques au Bénin. Climate Analytics GmbH, Berlin

Une copie numérique de ce rapport est disponible en ligne sur :
www.climateanalytics.org/publications.

Ce rapport est financé dans le cadre du Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation (PAS-PNA), relevant de l'Initiative Internationale pour le Climat (IKI) soutenue par le Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sureté Nucléaire (BMU) en vertu d'une décision du Parlement de la République fédérale d'Allemagne, et mis en oeuvre par Climate Analytics et la Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Table des matières

Résumé	2
Introduction	3
Approche Méthodologique	6
Description des Connaissances Scientifiques Existantes	7
Variabilité et Changement Climatique actuel et futur au Benin.....	7
<i>Le climat actuel.....</i>	7
<i>Les projections climatiques.....</i>	8
Impacts sur les secteurs les plus vulnérables.....	9
<i>Impacts sur l’agriculture</i>	9
<i>Impacts sur les Ressources en Eau.....</i>	11
<i>Impacts sur l’Occupation des terres.....</i>	14
<i>Impacts sur la Santé.....</i>	16
<i>Impacts sur le Secteur Énergétique.....</i>	17
Vulnérabilité, Capacité d’Adaptation et Genre	18
<i>Vulnérabilité et Capacité d’Adaptation</i>	18
<i>Changement Climatique et Genre.....</i>	19
Insuffisances et Limites des Connaissances Scientifiques	20
Conclusion & Recommandations	22

Résumé

Selon le dernier rapport du GIEC et les rapports sur le développement humain du PNUD, la région ouest africaine, dont font partie les pays de l'UEMOA est considérée comme l'une des régions du monde la plus exposées aux effets des changements climatiques. Sa vulnérabilité à la variabilité climatique est plus importante du fait de la précarité des moyens d'existence (la situation économique, sociale, et écologique actuelle) de la région.

Au Bénin, les scénarios climatiques et leurs possibles effets suscitent un intérêt majeur pour la recherche. Cette revue de littérature est faite afin d'évaluer les connaissances disponibles par rapport aux aléas climatiques et les impacts potentiels des variabilités climatiques sur les systèmes de production du pays afin d'identifier les secteurs où il existe un gap de connaissance sur la vulnérabilité.

L'état de lieux de la connaissance actuelle révèle qu'il y existe une large incertitude dans la projection future des précipitations et leur distribution, contrairement à celle de la température où il semble y avoir un consensus. Dans l'ensemble, l'évaluation des risques climatiques est peu explicite dans la documentation existante pour informer la prise de décision relative à l'adaptation. L'analyse documentaire montre également l'incertitude dans l'évaluation et l'attribution des impacts aux changements climatiques pour différencier la part des effets climatiques et non-climatiques.

En général, la revue démontre la nécessité de produire d'informations spécifiques sur l'impact des risques climatiques dans les secteurs de l'agriculture, la santé, les ressources en eau, en utilisant les dernières générations de scénarii climatiques et de développer des chaînes d'impacts plus approfondies. Il est aussi nécessaire de prendre en compte les scénarios socio-économiques, en consultation avec les communautés locales et les acteurs qui interviennent dans ces trois secteurs clés pour identifier des options d'adaptation réalistes afin d'informer la planification de l'adaptation aux changements climatiques.

Introduction

Dans son dernier rapport sur le climat, le GIEC a réaffirmé que le climat de la planète a connu un changement notable au cours des 50 dernières années (GIEC, 2014). Les deux dernières évaluations du GIEC (2007, 2014) indiquent que le réchauffement planétaire qui s'observe depuis la moitié du 20^{ème} siècle est dû aux activités anthropiques. Ces changements ont des conséquences majeures sur les systèmes biophysique, socio-économique et technologique, notamment dans les pays en développement (IPCC, 2014 ; Mora et al., 2013). Le Bénin, à l'instar des autres pays de la région ouest Africaine, a connu une recrudescence des inondations depuis 1997, avec la plus catastrophique inondation enregistrée en 2010 (Gouvernement du Bénin, 2011). L'inondation de 2010 a été sans précédent : les deux saisons pluvieuses habituellement observées au sud du pays ont été confondu en une seule saison de pluie sans discontinuité pendant près de 8 mois ; en Aout 2010, des pluies torrentielles ont été observé dans presque tout le pays (Gouvernement du Bénin, 2011). Cela a entraîné une élévation soudaine et massive du niveau des principales cours d'eau ainsi que leur tributaires dans tout le pays, causant des dommages à l'économie béninoise estimés à 78,3 milliards de FCFA (160 millions USD) et des pertes s'élevant à 48,8 milliards de FCFA (100 millions USD) (Gouvernement du Bénin, 2011). Le secteur agricole, y compris l'élevage et la pêche, a été le plus durement touché, suivit par le secteur des infrastructures physiques, la commerce, et le secteur touristique (Gouvernement du Bénin, 2011). Cette catastrophe montre bien comment les pays en développement, et le Bénin plus spécifiquement, sont vulnérables aux aléas climatiques, surtout du fait d'une planification insuffisante d'infrastructures (techniques et institutionnelles) pour gérer ce genre d'évènements, en partie dû au manque des connaissances scientifiques et leur intégration dans les politiques.

Les projections climatiques pour la région Afrique montrent que, quelque soient les scénarios considérés (le scénario modéré, i.e. RCP4.5 ou le plus pessimiste, i.e., RCP8.5), une tendance d'augmentation de la température de l'ordre de 2°C à 4°C

avec, cependant, de grandes incertitudes sur les précipitations (GIEC, 2014). Aussi, il est probable que la région connaîtra plus d'évènements extrêmes telles que les pluies extrêmes, les vagues de chaleurs, les inondations et les sècheresses avec des disparités selon les sous régions (Houtondji et al., 2011, Ly et al., 2013, Taylor et al., 2017, Yabi and Afouda, 2012). Au Bénin, par exemple, il est attendu que l'intensité et la fréquence des évènements extrêmes s'accroissent ainsi que les risques et impacts qui y sont associés (Yabi and Afouda, 2012). En outre, les zones tropicales et les pays en voies de développement, notamment en Afrique, vont connaître un climat totalement nouveau plus tôt, comparés aux autres régions et pays de la planète (Mora et al., 2013). Ceci souligne l'urgence et la nécessité de renforcer les capacités d'adaptation des pays en développement pour répondre aux défis des changements climatiques ainsi que la vulnérabilité de la biodiversité mondiale (Mora et al., 2013).

En général, il y a un large consensus que les changements climatiques pourront constituer de véritables menaces pour le développement de l'Afrique où la majorité de la population dépend d'une agriculture de subsistance et essentiellement pluviale avec des moyens encore rudimentaires (Asafu-Adjaye 2014 ; Challinor et al 2007 ; Jalloh et al., 2013 ; Simbanegavi and Arndt 2014). En effet, les gouvernements nationaux et la communauté économique régionale sont de plus en plus conscients de la grande menace que constitue les changements pour le développement durable des pays de l'Afrique de l'Ouest (Jalloh et al., 2013 ; Zougmore et al., 2016). Ainsi, bon nombre d'Etats de l'Afrique de l'Ouest ont élaboré des mesures d'urgence prioritaires, les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation (PANA), ainsi que des stratégies idoines à moyen et à long-terme, les Plan National d'Adaptations aux Changements Climatiques (PNA), dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur le Changements Climatique (Jalloh et al., 2013). Toutes ces initiatives visent à réduire la vulnérabilité et améliorer l'adaptation aux changements climatiques. Par exemple, l'élaboration de PNA, recommandée en 2010 à la 17^{ème} Conférence des Parties (COP), vise spécifiquement à améliorer la planification de l'adaptation aux changements climatiques.

Malgré la prise de conscience des décideurs politiques des défis liés aux changements climatiques, les stratégies et outils politiques pour y faire face sont, dans beaucoup de cas, limitées par l'insuffisance d'information appropriée et le manque de cadre adéquate de coordination. C'est le cas par exemple au Bénin, où la connaissance spécifique des causes et effets des aléas climatiques et leurs impacts sur les secteurs clés de développement n'est pas toujours évidente pour informer la planification des stratégies d'adaptation aux niveaux national et sectoriel (Climate Analytics, 2018 a et b).

Ce présent rapport complète celui sur l'état des lieux politiques pour analyser l'état des connaissances actuelles sur les aléas climatiques et leurs impacts sur des systèmes biophysique, socio-économique et technologique au Bénin et identifie les secteurs où il existe de gaps de connaissances. Le rapport présente, dans un premier temps, l'approche méthodologique utilisée pour la collecte et l'analyse de la littérature ; ensuite la synthèse des connaissances sur les changements climatiques et leur impact dans différents secteurs et enfin, les limites et les gaps de connaissances qui existent.

Approche Méthodologique

Les informations ont été recueillies en deux phases :

- une revue documentaire des publications scientifiques, des rapports de projets, de la documentation existante dans différentes ONG intervenant au Bénin et qui abordent la thématique d'adaptation au changement climatique ;
- des entretiens avec les acteurs impliqués dans des recherches dans les domaines mentionnées ci-dessus.

Les publications scientifiques utilisées pour la revue de littérature ont été collectées dans différents bases de données, à savoir Google Scholar, Scopus et Science Direct. La recherche dans les bases de données a été effectuée en combinant, aussi bien les documents en anglais qu'en français, les mots clés « Changement climatique » ou « Variabilité Climatique », « Impact » ou « risque », « Vulnérabilité » et « Bénin OR Dahomey ». Les documents retenus sont ceux qui ont *explicitement* abordé les changements climatiques et/ou leurs impacts, couvrant *totalemment ou en partie* le Bénin. Les rapports de projets des ONGs, les publications gouvernementales et autres documents non-évaluées par les pairs ont été obtenu auprès des différents acteurs impliqués dans le PAS-PNA.

Description des Connaissances

Scientifiques Existantes

Variabilité et Changement Climatique actuel et futur au Bénin

Le climat actuel

L'analyse du climat actuel du pays varie d'une source à une autre, probablement à cause de la différence dans la période considérée, les données utilisées (journalière, mensuelle ou annuelle) et des indicateurs d'analyse utilisés (ex : multitude d'indicateur des extrêmes pluviométriques). Néanmoins, il existe un consensus sur l'évolution de la température moyenne, qui a connu une augmentation au cours des 50 dernières années (Boko et al., 2012 ; McSweeney, 2010 ; GERICS, 2015). Par contre, il existe une variation dans les résultats relatifs à la pluviométrie suivant les auteurs et les périodes d'étude considérée. Selon Boko et al. (2012), depuis les années 70, on observe une baisse constante du nombre de jours de pluie avec le raccourcissement de la durée de la petite saison pluvieuse. En effet entre 1971 et 2000, la région septentrionale a enregistré une moyenne de 80 jours de pluie/an et la région méridionale a enregistré en moyenne 140 jours de pluie/an tandis qu'entre 1951 et 2010 on a enregistré une baisse de 11 à 28% de la précipitation annuelle et une augmentation de la température moyenne de l'ordre de 1°C (McSweeney, 2010 ; Boko et al., 2012). De même, entre 1960 à 2010, l'amplitude moyenne des pluies est réduite de 180 mm et le nombre moyen de jours chauds et de nuits chaudes ont connu une augmentation respective de l'ordre de 39% et 73% (MEHU, 2008). Entre 1960 et 2000, la quantité annuelle de pluie, le nombre total de jours humides et la quantité totale de pluie enregistrée en 30 jours ont diminué significativement (Hountondji et al., 2011). N'Tcha M'Po et al. (2017) ont montré que le nombre de jours de grosses pluies et d'orages, les jours consécutifs de pluies et la quantité totale annuelle de pluie entre 1950 et 2014 sur le bassin versant de l'Ouémé ont diminué significativement. Sur la base des données de pluie annuelle de

1922 à 2005, Yabi et Afouda (2012) ont montré qu'il y a eu une forte incidence des excès de pluies dans les années 1950 et 1960, notamment dans la partie méridionale du pays, tandis que les années 1970 et 1980 ont enregistré de fortes sécheresses.

Selon le Centre Allemand de Service Climatique (GERICS, 2015), entre 1901 et 2013, on note une hausse de température moyenne de 0.04° C par décades et une variation faible et non significative de la moyenne pluviométrie tandis que sur la période 1960 à 2000, on observe une réduction significative de la moyenne annuelle de jours humides et de la moyenne maximal annuel de 30 jours de pluie. Cependant, il faut souligner qu'il existe une variabilité spatio-temporelle et des incertitudes dans l'évolution des extrêmes pluviométriques. Par exemple, Attogouinon et al. (2017), en utilisant les données de pluie journalière de la haute vallée de l'Ouémé de 1951 à 2014 et une multitude d'indicateurs de pluies extrêmes, ont récemment montré qu'il est difficile de détecter une tendance uniforme pour chacun des indicateurs considérés sur l'ensemble de la période et la zone d'étude. Cependant, leurs résultats confirment la forte sécheresse enregistrée dans les années 1970 et 1980 (Attogouinon et al., 2017).

En dépit de la variation dans l'estimation des paramètres climatiques, les différentes observations et analyses révèlent que le pays est majoritairement affecté par 6 aléas climatiques à savoir : (1) les inondations durant la saison pluvieuse et la petite saison sèche ; (2) le retard de la grande saison des pluies ; (3) les poches de sécheresse ; (4) les vents violents ; (5) les vagues de chaleur et (6) l'élévation du niveau de la mer (MEHU, 2008 ; Baudoin, 2010 ; MEHU, 2011 ; Said, 2015).

Les projections climatiques

Les informations extraites pour le Benin des modèles climatiques (régional ou global), qui sont basés sur les scénarios du GIEC, permettent d'avoir une analyse sur l'état futur du climat au Bénin. A l'horizon 2050, les différents modèles climatiques indiquent, avec consensus, une augmentation de la température moyenne sur l'ensemble du pays, même si la magnitude varie spatialement et d'un modèle à un autre (Lawin et al., 2013 ; RegioCrop 2018). Cependant, il existe beaucoup

d'incertitudes en ce qui concerne les projections de la précipitation suivant les modèles et l'horizon temporelle considéré (Obada et al., 2017 ; N'Tcha M'Po et al., 2017). Certains modèles indiquent une augmentation des précipitations (Lawin et al., 2013), tandis que d'autres prédisent une diminution des précipitations (Alamou et al., 2017), notamment au Sud du pays.

Les résultats de N'Tcha M'Po et al. (2017) et Obada et al. (2017) ont également montré les incertitudes dans la projection des extrêmes pluviométriques respectivement sur le bassin de l'Ouémé et du Mékrou. Obada et al. (2017), en considérant un ensemble de modèles climatiques, prévoient que quel que soit le scénario d'émission pessimiste (RCP 8.5) ou modéré (RCP4.5), l'incertitude des pluies va varier de -10% à +10% sur le bassin du Mékrou, tandis que le bassin va enregistrer une diminution de 10% du nombre de jours humides.

Impacts sur les secteurs les plus vulnérables

Impacts sur l'agriculture

L'agriculture Béninoise est majoritairement pluviale, et seulement 0.27% des terres agricoles étant irriguées (FAO, 2015). Les terres cultivables couvrent près de 72% de la superficie totale du pays (FAO, 2015). De nombreuses réformes ont été entreprises depuis 1990 pour faire face aux enjeux de développement comme l'insécurité alimentaire. D'après l'analyse AGVSA¹ du Bénin conduite en 2013, 11% des ménages vivent dans l'insécurité alimentaire et nutritionnelle avec des disparités régionales (PAM, 2013).

Parmi les facteurs déterminants de l'insécurité alimentaire, les chocs biophysiques comme les inondations et la sécheresse occupent une place importante. Bien que l'attribution aux changements climatiques de ces événements reste encore limitée, il y a un consensus que le secteur est fortement dépendant de la pluviométrie, qui est soumise à de fortes variabilités (Vignigbé, 1992 ; Houndénou, 1999 ; Ogouwalé,

¹ L'Analyse Globale de la Vulnérabilité à l'Insécurité Alimentaire (AGVSA) conduite par le Programme Alimentaire Mondiale (PAM) et le gouvernement du Bénin sur la base de l'Enquête Modulaire Intégrée des Conditions de Vie des Ménages (EMICOV) de 2013

2006 ; Michel et al, 2012 ; MER²,2015).

A cet effet, d'après la connaissance actuelle existante basée sur les observations actuelles, les perceptions et les projections climatiques, les impacts actuels et futurs des aléas climatiques sur le secteur agricole, varient d'une zone agro-écologique à une autre et d'une culture à une autre (MEHU, 2008 ; Baudoin, 2010 ; Vissoh et al., 2012 ; Lawin et al., 2013 ; Yegbemey et al., 2014 ; Vodounon et Doubogan, 2016). Ainsi, sur la base des perceptions des populations agricoles, les impacts dans le secteur agricole se traduisent par la baisse ou augmentation des rendements, le bouleversement de la date des semis et donc du calendrier cultural, l'exode rural (Baudoin, 2010 ; Vissoh et al., 2012 ; Yegbemey et al., 2014 ; Vodounon et Doubogan, 2016). En comparant les données climatiques de 1951 à 1970 et de 1971 à 1990, Agbossou et al. (2012) ont montré que la fréquente baisse du rendement du maïs au Bénin est partiellement expliquée par l'augmentation de la durée des poches de sécheresse.

Sur la base des projections climatiques futures A1B et B1 du 4^{ième} rapport du GIEC sur le Bassin de l'Ouémé supérieur, il est prévu un raccourcissement de la durée de la saison de croissance des cultures avec un effet respectivement positif sur le rendement du coton, du sorgho et l'arachide et négatif sur le rendement de l'igname, du manioc, du maïs et du riz et modéré sur le rendement des légumineuses (le niébé, le soja) et la patate douce (Sonneveld et al., 2012). Cependant, l'ajustement des pratiques culturales et l'augmentation des prix des produits pourraient compenser les effets négatifs des changements climatiques au niveau des ménages agricoles (Sonneveld et al., 2012).

Selon ces mêmes scénarios, Paeth et al (2008) prédisent une baisse allant de 5 à 20% des rendements agricole à l'horizon 2025. En utilisant les mêmes approches, Awoye et al. (2017) a cependant montré que l'ananas, le maïs, l'arachide, le manioc et le niébé seront négativement affectés avec des réductions de rendement entre 11% et 33% à l'horizon 2050, alors que le sorgho, l'igname, le coton et le riz connaîtront une augmentation de rendements entre 10 et 39%.

² MER est la Commission Néerlandaise pour l'Evaluation d'impact environnemental

Ainsi en fonction des chaînes d'impacts, les baisses de rendement pourront avoir un effet sur la production agricole, le revenu agricole, la consommation alimentaire et donc l'état de sécurité alimentaire des populations (Paeth et al., 2008 ; Kun et al., 2010 ; Sonneveld et al., 2012 ; Lawin et al., 2013). Face à ces menaces climatiques, de nombreuses options d'adaptation sont mises en œuvre par les producteurs, dont le changement de la date des semis, la diversification des cultures, le recours aux semences à cycle court etc. (Baudoin, 2010 ; IDID, 2014 ; Yegbemey et al., 2014 ; Codjo et al., 2015 ; Baudoin et al. 2014 ; Fadina and Barjolle 2018).

Selon Yegbemey et al. (2014), la diversification des semences comme option d'adaptation est la plus profitable chez les producteurs de maïs au Nord du Bénin, mais l'efficacité de ses mesures dépend fortement des expériences agricoles, l'appartenance à une organisation paysanne et l'accès aux informations climatiques. En outre, malgré l'efficacité de ses options d'adaptation dans le secteur agricole, leur viabilité future est très incertaine pour assurer l'adaptation du secteur à long terme. De plus, la plupart des études d'évaluation d'impact des changements climatiques futurs sur la production agricole n'est pas basée sur les dernières générations de scénarios climatiques du GIEC (i.e. les RCP). Il est donc nécessaire d'approfondir et mettre à jour la compréhension sur les impacts des changements climatiques sur le secteur agricole ainsi que la vulnérabilité en utilisant les dernières approches méthodologiques disponibles.

Impacts sur les Ressources en Eau

Le Bénin est caractérisé par un réseau hydrographique très dense de 3048 km de cours d'eau et de 305 km² de plans d'eau (lacs et lagunes). Ce réseau alimente une série de plans d'eau dont la lagune de Porto-Novo (35km²), le lac Nokoué (150 km²), le lac Ahémé (78 km²), la lagune de Ouidah (40 km²), le lac Toho (15 km²) et la lagune de Grand-Popo (15 km²). Cet ensemble permet au pays de disposer d'un potentiel annuel d'eau de surface estimée à 13,106 milliards de m³ (DG-Eau, 2011).

Malgré le potentiel du réseau hydrographique du pays, les capacités de stockage et de distribution d'eau sont très limitées. En effet, le secteur de la ressource en eau au

Bénin fait face à l'insuffisance et la vétusté des réseaux d'assainissement et de drainage des eaux de pluies, la prolifération des maladies diarrhéiques en période de pluie, la difficulté d'accès à l'eau potable des populations rurales, etc. Selon le PNUD en 2014, seulement 68.1% de la population du pays disposait d'un accès à l'eau potable avec des disparités entre le milieu rural et urbain (PNUD, 2017). De même, le secteur des ressources en eau du pays est contraint par de forts enjeux socio-économiques, démographiques et environnementaux.

La pression démographique est déjà importante et va continuer à augmenter. En effet, les projections démographiques estiment qu'il y aura 22 millions d'habitants d'ici à 2050 (UNDESA, 2012), ce qui ne sera pas sans conséquence sur les demandes en eau du pays. Par ailleurs, l'urbanisation anarchique pose également un certain nombre de problèmes pour le secteur de l'eau, dont les inondations du fait de l'occupation des axes d'écoulement des eaux de ruissellement. A cela s'ajoute la recrudescence des phénomènes hydro-climatiques extrêmes, telles que les sécheresses et les inondations qui perturbent le débit d'écoulement des cours d'eau, affectent les infrastructures de stockage et de distribution de l'eau (DG-Eau, 2011 ; Gouvernement du Bénin 2011).

Ces différents enjeux ont suscité l'intérêt d'explorer non seulement l'origine réelle des causes des phénomènes hydro-climatiques extrêmes et leurs conséquences, mais aussi, d'identifier des mesures appropriées pour réduire leurs impacts sur les ressources en eau. Ainsi, des études ont exploré l'impact des climats futurs sur le cycle hydrologique de l'eau, la disponibilité et la consommation future de l'eau (Christoph et al., 2008 ; MEHU, 2011 ; Badou et al., 2016), la quantification des crues (Amoussou et al., 2015, Hounkpe et al., 2016), l'identification des options d'adaptations des risques hydro-climatiques et l'estimation de leurs coûts (MEHU, 2011 ; Lawin et al., 2013).

Pour évaluer la disponibilité et la consommation future des ressources en eau sur le bassin de l'Ouémé Supérieur à l'horizon 2050, le projet IMPETUS s'est basé sur les scénarios climatiques futurs A1B et B1 du 4ème rapport du GIEC (Christoph et al., 2008). Il est établi que l'augmentation de la température combinée à la croissance

démographique pourrait engendrer une augmentation de la demande en eau, tandis que la diminution des précipitations aura des effets négatifs sur les ressources en eau. Plus précisément, la diminution des précipitations pourrait réduire les écoulements sur le bassin (Speth et al., 2010 ; Höllermann et al., 2010), ralentir la recharge des nappes (Höllermann et al., 2010) et donc diminuer la quantité des ressources en eau mobilisable (Giertz et al., 2009).

A l'horizon 2050, il y aura une forte pression sur les ressources en eaux du pays et cette situation pourrait être aggravée par la diminution de l'écoulement et de la recharge de la nappe (Höllermann et al., 2010). En utilisant le modèle hydrologique HyMoLAP combiné aux modèles climatiques, Biao (2017) a montré qu'aussi bien sous le scénario RCP4.5 que RCP8.5 du 5^{ème} rapport du GIEC, l'écoulement moyen annuel de l'Ouémé va diminuer dans les sous-bassins de Bonou et Bétérou à l'horizon 2080 (2071–2100). La diminution de l'écoulement varie entre 20% et 37% pour le sous bassin de Bonou et entre 25% et 39% pour le sous bassin de Bétérou (Biaou, 2017). Toutefois, ces différentes estimations de la disponibilité et de la consommation des ressources en eau présentent d'énormes incertitudes qui peuvent être réduites en améliorant soit les scénarios d'émission, soit la résolution des modèles climatiques utilisés ou la combinaison des modèles intégrés.

A cet effet, Badou (2016) en considérant les scénarios RCP8.5 et RCP4.5 a évalué à l'horizon 2050, la quantité d'eau dans 3 sous bassins du fleuve Niger au Bénin, en estimant le débit de surface et l'humidité du sol comme proxy grâce à la combinaison de modèles climatiques (HIRHAM5, RCSM, et RCA4) et hydrologiques (HBV-light, UHP-HRU, and WaSiM). Ses résultats ont montré une diminution des débits de surface au niveau des 3 sous bassins du fleuve Niger donc de la quantité d'eau bleue. L'étude propose des options d'adaptation aux risques hydro-climatiques (Badou, 2016) sans intégrer l'influence future des comportements de consommation des ressources en eaux. Dans ce cas, la structure conceptuelle des modèles intégrés utilisés et la non prise en compte de la dynamique socio-économique augmente, cependant, le degré d'incertitude dans l'estimation de l'eau bleue et limitent la pertinence des options identifiées. De même, Lawin et al. (2014)

avaient identifié la construction de retenues d'eau et de digues comme moyens d'adaptation face aux risques hydro-climatiques futures en se basant sur l'évaluation économique future des inondations, telle que celle de 2010 sur le Bassin de l'Ouémé, sans pour autant considérer l'intensité des risques hydro climatiques futures et leurs impacts sur les mêmes infrastructures considérées.

Impacts sur l'Occupation des terres

L'utilisation et les changements dans les modes d'occupation des terres se sont accélérés au Bénin depuis les années 70, principalement du fait de l'expansion des zones agricoles et une urbanisation galopante (de 241%) (CILSS, 2013). Ces changements se font aux dépens des écosystèmes naturels comme les savanes, les forêts qui ont connu une diminution considérable allant jusqu'à 27% de perte de forêt galerie de 1975 à 2013 (CILSS, 2016).

Au Bénin les changements d'occupation des sols sont montrés comme liés à plusieurs facteurs, tels que la déforestation, la dégradation des terres, et la richesse de la biodiversité (CILSS, 2016). Même si cette étude du CILSS identifie la sensibilité de l'occupation des sols à la sécheresse dans le nord du pays, peu d'information existe sur leur lien évident avec les aléas climatiques en général. En outre, les analyses par rapport au lien entre les aléas climatiques futurs et l'occupation des sols ont pour la plupart été qualitatives (MEHU, 2001 ; MEHU, 2011). Les quelques analyses quantitatives des scénarios futurs d'occupation du sol dans le moyen et le long terme considèrent séparément les facteurs socio-économiques et biophysiques au lieu d'une analyse intégrée des déterminants (RIVERTWIN, 2007 ; Judex et al., 2003 ; MEHU, 2011 ; Oloukoi, 2013 ; Fandohan et al., 2013 ; Dossou et al., 2016).

En 2007 sur la base des scénarios socio-économique Alafia³ et Wahala⁴, 17 types d'occupation des sols sont projetés dans la vallée de l'Ouémé à l'horizon 2025 en fonction de la croissance de la population et le taux de conversion de la végétation naturel (savane), de l'habitat, de la route, la jachère etc. (RIVERTWIN, 2007). Les

³ Le scénario Alafia exprime une croissance économique soutenue, une urbanisation contrôlée et une croissance annuel de 3.2% de population (RIVERTWIN,2007).

⁴ Le scénario Wahala exprime une croissance économique dérisoire, une urbanisation non contrôlée et un taux de croissance annuel de population de 3.5% (RIVERTWIN,2007).

résultats projettent à l'horizon 2025 respectivement une perte de la savane allant de 10% à 20% et de terre agricole (agriculture vivrière et élevage) allant de 20% à 40% respectivement sous le scénario Alafia et le scénario Wahala (RIVERTWIN, 2007).

Dans le cadre de IMPETUS, une autre étude a projeté 5 types d'occupation des sols à l'horizon 2025 dans le bassin d'Ouémé supérieur en fonction de la densité de la population, l'accès aux infrastructures routières, l'accès aux biens et services de qualité, la location des forêts protégées et un facteur biophysique évaluant les sols favorables à la production agricole (Christoph et al., 2008). Leurs résultats projettent dans le scénario Alafia une réduction considérable de la déforestation et donc des superficies cultivables (Christoph et al., 2008).

Dans les deux cas mentionnés ci-dessus, la perte des superficies agricoles conduit à la réduction du revenu agricole annuel, ce qui limite la capacité des producteurs à faire face aux dépenses de production surtout en période de hausse des prix des fertilisants (Christoph et al., 2008). Par ailleurs, la non-prise en compte des scénarios biophysiques dans la projection de la dynamique de l'utilisation des terres augmente l'incertitude dans l'estimation et donc réduit l'efficacité des options d'adaptations. Ainsi pour réduire ces incertitudes, Oloukoi (2013) a intégré aux facteurs socio-économiques les scénarios écologiques et biophysiques qui sont fonction des mesures de conservation et la durée de vie de la végétation. Ses résultats révèlent que selon les scénarios socio-économiques, les formations végétales vont quasiment disparaître au profit des champs et jachères et des agglomérations à l'horizon 2034. Par contre, sous les scénarios écologiques, il y aura une préservation des ressources surtout des formations végétales donc un faible niveau de dégradation de ses derniers. Dans la même vision respectivement Fandohan et al. (2013) et Dossou et al. (2016) ont estimé les superficies potentiellement favorables aux fruitiers endogènes tels que le tamarinier en considérant les scénarios climatiques A2 du 4^{ème} rapport du GIEC. Les résultats montrent qu'une augmentation de la température diminuerait les superficies favorables de ces espèces respectivement de 65% et de 37.9% tandis qu'une diminution des pluies augmentera leurs superficies favorables.

Impacts sur la Santé

L'analyse des statistiques sur la situation sanitaire récente du Bénin de 2000 à 2012 montre que les maladies vectorielles telles que le paludisme, les infections respiratoires aiguës et les maladies hydro-fécales telles que les infections gastro-intestinales et le choléra sont les plus prédominantes. Ces maladies font plus de victimes surtout chez les femmes enceintes et les enfants de moins de 5 ans (MSP-MEHU, 2012 ; MSP, 2013 ; OMS, 2014). Face à cela, beaucoup de recherches sont en cours sur les causes et effets actuelles de ses maladies. De même, il y a de consensus que la prévalence des maladies hydro-fécales est influencée par la durée de la période humide tandis que le taux des infections respiratoires est fonction de la durée de la période sèche (Fink et al., 2010 ; De Longeville et al., 2013). C'est le cas du paludisme et de la méningite dont le taux de prévalence est élevé en période respectivement de pluie et de sécheresse.

En considérant les scénarios climatiques A1 et B1 du 4^{ième} rapport du GIEC pour l'Afrique de l'Ouest, Volker et al. (2013) ont simulé la distribution spatiale de taux de prévalence du paludisme pour la période 1960-2000. Leurs résultats montrent qu'au cours de cette période le taux de prévalence du **paludisme** a connu une baisse et cette baisse est plus importante quand on s'éloigne de l'équateur. En utilisant une approche de modélisation bayésienne hiérarchisée, Arab et al. (2014) ont aussi montré que la prévalence du paludisme a baissé entre 1996 et 2006 et, que la température moyenne annuelle et la pluviométrie totale annuelle sont les deux facteurs qui expliquent cette baisse.

Constantin de Magny et al. (2007) ont montré que les épidémies de **choléra** survenues entre 1975 et 2002 peuvent être expliquées par la variabilité, aussi bien locale que globale, de la pluviométrie. Par ailleurs, l'évaluation de la situation en 2050 montre une réduction significative dans le nord du sahel et une prévalence un peu élevée dans le sud vers la zone de convergence ou la variabilité climatique sera significative (Volker et al., 2013). Ceci pourra être le cas dans certaines régions du Bénin si les phénomènes d'inondation se multiplient dans le futur. Par ailleurs, la connaissance actuelle sur l'apparition future des inondations ainsi que leur durée est

très incertaine et ne permet pas de bien optimiser les mesures de lutte contre cette maladie. De même, l'incertitude des projections climatique de Volker et al. (2013) limite aussi l'utilisation de leurs résultats.

En outre, dans le cas de la **méningite**, qui est plus fréquente dans la région du nord du pays, les causes sont peu connues par la population. Selon une analyse de Djohy et al (2015), cette maladie est perçue par les populations comme causée par le soleil, le vent, ou relevant parfois de l'inconnu et ciblant surtout les êtres fragiles comme les enfants.

En générale les recherches sur ces différentes maladies sont plus bio-médicinales et informent peu sur le taux de prévalence future de ces maladies pour mieux prévenir les populations. Il est donc urgent d'évaluer le lien avec les changements climatiques afin de proposer des options appropriées d'adaptation aux populations victimes chaque année de la recrudescence de ces maladies.

Impacts sur le Secteur Énergétique

Le secteur de l'énergie au Benin est en majorité dominé par la biomasse, qui représente plus de 77.5% de la consommation énergétique du pays suivi respectivement des produits pétroliers (20.3%), de l'électricité (1.8%) et du gaz (0.4%) (Millenium Challenges Accounts, 2016). Avec une population d'environ 10 millions d'habitants, seul 33% de la population béninoise ont accès à l'électricité avec une consommation moyenne de 110 kWh/capita par an et une grande disparité entre le milieu urbain et rural (DGE, 2015).

L'évaluation du potentiel énergétique du pays en 2010 l'a estimé dans l'ordre de 624 MW d'hydro-électricité (DGE, 2010). A cela s'ajoute le potentiel éolien, de biomasse, solaire et thermique dont l'évaluation exhaustive est inexistante.

Malgré ce potentiel, le Benin a connu deux crises énergétiques majeures, respectivement en 1984 et 2007. Ceci était due à :

- i) La diminution des eaux du barrage d'Akosombo sur la Volta (au Ghana) en raison des variations de la saison des pluies. ;

- ii) Au déficit énergétique des trois pays (Ghana, le Nigéria et la Côte d'Ivoire) principaux fournisseurs énergétiques du Bénin ; et
- iii) A la sous-exploitation du potentiel énergétique du pays.

En dépit de l'insuffisance d'information sur l'évaluation de l'impact des aléas climatiques sur le secteur énergétique, il y a un large consensus que le secteur énergétique surtout le sous-secteur hydro-électrique est fortement dépendant du climat. Le lien entre l'énergie et le changement climatique est peu documenté. Les quelques études qui existent dans le secteur se limitent seulement au court terme. C'est le cas de l'étude réalisée en 2008 sur l'identification des modes et moyens d'existantes vulnérables aux aléas climatiques actuelles dans le cadre du processus PANA (MEHU, 2008). Ainsi, les énergies renouvelables et des foyers économiques performants et autociseurs ont été identifiés comme moyen d'adaptation des ménages aux changements climatiques. Cependant, cette option reste générale et ne n'établit pas la viabilité future en fonction dans les différentes zones.

Vulnérabilité, Capacité d'Adaptation et Genre

Vulnérabilité et Capacité d'Adaptation

Selon le rapport de développement Humain en Afrique publié en 2016, le Benin a un Indice de Développement Humain (IDH) un peu en dessous de la moyenne de l'Afrique de l'Ouest et un revenu annuel brut moyen de \$ 1767 USD (PNUD, 2016). Les départements du Mono, du Couffo, de l'Atacora, de la Donga, du Borgou, de l'Alibori et des Collines ont été les plus affectés. Dans ces régions, on note aussi une prépondérante de la pauvreté dans les milieux aussi bien rural qu'urbain (INSAE, 2013, INSAE, 2015).

L'analyse des données EMICOV sur la période 2006 à 2009 montre qu'environ 39.6% des ménages ruraux contre 20.1% des ménages urbaines ont été touchés par les chocs biophysiques (INSAE, 2013). Lokonon et al. (2015) ont montré que les chocs climatiques et les phénomènes climatiques extrêmes entraînent, de façon générale, une réduction du revenu agricole des ménages situés dans le bassin du Niger, même

s'il existe des disparités en fonction des zones agricoles.

L'analyse de la vulnérabilité des modes et moyens d'existence aux aléas climatiques conduite en 2008 a indiqué qu'il y a une différence entre les différentes zones agro écologiques (ZAE) du pays (MEHU, 2008). Les quatre zones agro écologiques les plus vulnérables sont la ZAE1 (zone extrême Nord), ZAE4 (zone Ouest Atacora), ZAE5 (zone Cotonnière du centre) et ZAE8 (zone côtière et des pêches).

Changement Climatique et Genre

Tout comme les facteurs de développement ou les autres thématiques transversales, le lien entre le genre et les changements climatiques a été faiblement documenté dans la documentation au Bénin. Bien que le secteur agricole occupe près de 70 % de la population et majoritairement les femmes rurales, peu d'études ont exploré l'impact des changements climatiques sur le genre dans le secteur agricole. En générale, les changements climatiques affectent le genre à travers les facteurs de productions. Ainsi Babadankpodji (2016), en évaluant l'impact des aléas climatiques sur le genre dans le secteur rizicole a trouvé qu'au Centre et au Nord-Ouest du Bénin, les changements climatiques vont augmenter le temps de travail des femmes plus que celui des hommes. De même, le niveau d'impact varie selon le niveau d'éducation, l'accès à l'information climatique, l'accès au crédit et aux intrants de production dont le foncier.

La difficulté d'évaluation de l'impact des changements climatiques sur le genre est aussi liée au manque d'indicateurs appropriés. Dans le cadre du projet SAP-Bénin, l'impact des changements climatiques sur le genre a été estimé sur la base de l'indice de vulnérabilité de Guillaumont (2008, 2009) pour le secteur agricole. Les résultats de l'étude révèlent que les femmes sont environ 1,10 fois plus vulnérables pour les mêmes aléas climatiques que les hommes (CMEICB, 2014). Selon la même étude, les paramètres comme l'accès à la terre et l'éducation contribuent respectivement à 50% et à 37 % aux inégalités femme/homme dans le secteur agricole du fait du changement climatique.

Insuffisances et Limites des Connaissances Scientifiques

L'analyse des connaissances scientifiques sur les aléas climatiques actuels et futurs, leurs impacts sur les systèmes écologique, socio-économique, technologique et humaine ainsi que les échanges avec les scientifiques en charge de la question dans les institutions nationales de recherche révèlent des insuffisances et limites considérables par rapport au besoin d'information pour une prise de décision optimale et efficiente dans la planification de l'adaptation (voir également *Climate Analytics*, 2018 b). De façon générale, ces lacunes sont d'ordre méthodologique ou liées à l'absence de données. Il faut noter aussi que très peu d'études ont pris en compte les dernières générations de scénarios climatiques futurs du GIEC dans l'estimation des impacts du changement climatique. Cela est particulièrement notoire dans le secteur agricole. Par rapport aux projections climatiques, les informations se résument généralement aux changements de la température et de la pluviométrie à l'échelle de quelques stations météorologiques. Ceci, d'une part, présente de grandes incertitudes quant à la prévision de la distribution spatiale de la pluviométrie, et d'autre part, ces résultats ne sont pas exploitables pour l'évaluation de l'impact des changements climatiques dans les secteurs de développement. C'est le cas dans le secteur des ressources en eau où il y a une difficulté de prévision des risques hydrométéorologiques due au manque d'indicateurs appropriés et robustes.

En outre, le manque d'estimation d'indicateurs appropriés est aussi lié à la fiabilité des informations disponibles dans le secteur agricole. L'interview⁵ conduite à la Direction de la Statistique Agricole (DESA) nous a permis de nous rendre compte de ce fait. Malgré l'importance du secteur agricole pour l'économie nationale et qu'il soit l'un des plus vulnérables, les statistiques agricoles fiables ne sont pas toujours disponibles. Le Tableau 1 présente une synthèse des limites et gaps dans la connaissance scientifique disponible.

⁵ Interview conduite en Décembre 2016 avec Directeur National de la Statistique Agricole

Tableau1 : Synthèse des lacunes

Aléas climatiques actuelles et future	Impacts & Adaptations					
	Région	Agriculture	Ressources en Eau	Foresterie et autres utilisations des sols	Santé et genre	Données
<p>1- Projections se limitant, pour la plupart, à la variation annuelle et mensuelle des précipitations et températures</p> <p>2- Variation des résultats et difficulté de prévision de la tendance pluviométrique</p> <p>3- Scenarios climatiques obsolètes et résolution spatiale peu appropriée</p> <p>4- Indice de risque climatique peu informatif (Besoin de type et distribution spatiale) ex : indice spatial des risques de sécheresse et d'inondation etc.</p>	<p>1- Absence d'évaluation de l'attribution des changements climatiques aux déterminants des modes d'existences</p> <p>2- Analyse sommaire de la distribution spatiale des risques climatiques</p> <p>3- Majorité des études focalisée sur les ZAE1, ZAE4, ZAE5</p> <p>4- Non disponibilité de l'évaluation du potentiel de l'adaptation spatiale des modes et moyens de subsistance</p>	<p>1- Agriculture identifiée comme secteur le plus vulnérable ;</p> <p>2- En majorité, les études se sont focalisées sur la chaîne de valeurs (CV) du maïs et coton</p> <p>3- Nécessité de voir d'autre CV comme le soja</p> <p>4- Analyse de chaînes d'impacts peu approfondie</p> <p>5- Prise en compte partielle de la typologie socio-économique des écosystèmes</p> <p>6- distribution spatiale assez partielle des impacts, des options d'adaptation avec de potentielles incertitudes</p> <p>7- Absence d'évolution à long terme de l'efficacité des options d'adaptations identifiées</p>	<p>1- Nécessité d'évaluer les indices de risques d'inondation et de sécheresse ;</p> <p>2- Analyse des chaînes d'impacts peu approfondie, et peu multiple sectorielle</p> <p>3- Prise en compte partielle de la typologie socio-économique des écosystèmes</p> <p>4- Limite de prise en compte de la topographie des sols</p> <p>5- Absence d'évolution à long terme des risques hydrométéorologiques et des options d'adaptation</p>	<p>1-Projection du changement de l'occupation des sols sur la base des projections socio-économiques</p> <p>2- Non prise en compte des aléas climatiques</p> <p>3- Absence d'information sur la viabilité future des options d'adaptation de gestion durable des sols</p>	<p>1- Besoin d'améliorer les indices de risques</p> <p>2- information limitées aux impacts sanitaires comme paludismes et méningite</p> <p>3- Information limitée sur les chaînes d'impact en lien avec les ODD et autre enjeux de développement</p>	<p>1- Nombre limité des stations synoptiques et de données historiques</p> <p>2- Absence de données hydrométéorologiques projetées</p> <p>3- Nécessité d'actualiser la cartographie des zones agro-écologiques</p> <p>4- Non-projection de la Typologie socio-économique des écosystèmes</p> <p>5- Absence de données de pertes et dommages liés à l'attribution des changements climatiques</p>

Conclusion & Recommandations

Le Bénin, comme la majorité des pays en développement, fait face à des problèmes de développement d'ordre structurel. A ces défis, s'ajoute la problématique du changement climatique. L'état de lieux de la connaissance actuelle révèle qu'il y existe une large incertitude dans la projection future des précipitations et leur distribution, contrairement à celle de la température. De même, l'évaluation des risques climatiques et leurs impacts est peu explicite pour informer la prise de décision relative à l'adaptation au niveau sectoriel. Par exemple, les indices spatiaux des risques de sécheresse sont peu documentés. On note aussi l'incertitude dans l'évaluation et l'attribution des impacts aux changements climatiques pour différencier la part des effets climatiques et non-climatiques. Les chaînes d'impacts ne sont pas toujours approfondies avec des analyses uni-sectorielles, se limitant par exemple dans le secteur agricole juste aux changements de rendements. L'évaluation de la contribution des changements climatiques aux facteurs de développement est peu analysée. A cela s'ajoute une prise en compte partielle des questions socio-économiques et environnementales dans les projections futures ce qui réduit la fiabilité des prévisions des impacts futurs.

Ainsi, il y a nécessité d'améliorer la connaissance et la compréhension de l'impact des risques climatiques dans différents secteurs comme l'agriculture, la santé, les ressources en eau, en utilisant les dernières générations de scénarios climatiques, de développer les chaînes des impacts plus approfondies avec des analyses multisectorielles liant le climat aux facteurs de développement. De même, il est aussi nécessaire de prendre en compte les scénarios socio-économiques et environnementales dans l'évaluation des options d'adaptation future, de renforcer la connaissance sur la vulnérabilité spatio-temporelle, et d'évaluer à long terme l'efficacité des options d'adaptations identifiées.

Références

- Adjakpa, T. (2016). Gestion des Risques Hydro-pluviométriques dans la Vallée du Niger au Bénin : Cas des Inondations des Années 2010, 2012 et 2013 dans les Communes de Manlanville et de Karimama. Thèse de Doctorat en Géographie et Gestion de l'Environnement, Février 2016.
- Agbossou, E. K., Toukon, C., Akponikpè, P. B. I., & Afouda, A. (2012). Climate variability and implications for maize production in Benin: A stochastic rainfall analysis. *African Crop Science Journal*, 20(Supplement s2), 493-503
- Ahmed, K. F., Wang, G., You, L., & Yu, M. (2016). Potential impact of climate and socioeconomic changes on future agricultural land use in West Africa. *Earth Syst. Dynam.*, 7(1), 151-165.
- Alamou, E. A., Obada, E., & Afouda, A. (2017). Assessment of Future Water Resources Availability under Climate Change Scenarios in the Mékrou Basin, Benin. *Hydrology*, 4(4), 51.
- Amoussou, E. (2010). Variabilité Pluviométrique et Dynamique Hydro-Sédimentaire du Bassin- Versant du Complexe Fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest) Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 313 p.
- Amoussou, E.; Osseni, A.; Totin, V.; Lange, U.; and Preuss, S. (2017). Hydroclimatic variability and flood risk on Naglanou and Akissa forests areas in Mono River Delta (West Africa). *International Journal of Biodiversity and Conservation*. Vol. 9(6), pp. 212-223, June 2017.
- Arab, A., Jackson, M. C., & Kongoli, C. (2014). Modelling the effects of weather and climate on malaria distributions in West Africa. *Malaria Journal*, 13(1), 126.
- Asafu-Adjaye, J. (2014). The Economic Impacts of Climate Change on Agriculture in Africa. *Journal of African Economies*, 23(suppl_2), ii17-ii49. doi: 10.1093/jae/eju011
- Attogouinon, A., Lawin, A. E., M'Po, Y. N. T., & Houngue, R. (2017). Extreme Precipitation Indices Trend Assessment over the Upper Oueme River Valley- (Benin). *Hydrology*, 4(3), 36.

- Awoye, O. H. R., Pollinger, F., Agbossou, E. K., & Paeth, H. (2017). Dynamical-statistical projections of the climate change impact on agricultural production in Benin by means of a cross-validated linear model combined with Bayesian statistics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 234-235, 80-94.
- Babadankpodji, P. (2016). Genre et Changements Climatiques au Benin : Vulnérabilité et Besoin d'Adaptations dans les Systemes de Base de Riz Journées Scientifiques Internationales, La Recherche scientifique face aux défis des changements climatiques et les enjeux de Développement, Lome, Octobre 2016.
- Badou, D. (2016). Multiple-Model Evaluation of Blue and Green Water Availability under Climate Change in Four-non Sahelien Basin of The Niger River Basin. Thèse de Doctorat en Changements Climatiques et Gestion Intégrée des Ressources en Eau UAC, Septembre 2016.
- Baudoin, M. A., Sanchez, A. C., & Fandohan, B. (2014). Small scale farmers' vulnerability to climatic changes in southern Benin: the importance of farmers' perceptions of existing institutions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(8), 1195-1207.
- Baudoin, M-A. (2010). L'adaptation aux changements climatiques au sud du Bénin : Une analyse de la politique internationale et des besoins locaux. *Geo-Eco-Trop*. 34. 155-169.
- Biao, I. E. (2017). Assessing the Impacts of Climate Change on River Discharge Dynamics in Oueme River Basin (Benin, West Africa). *Hydrology*, 4(4), 47.
- Boko, M. ; Kosmowski, F. ; et Vissin, E. W. (2012). Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin. Rapport Konrad-Adenauer-Stiftung. Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest
- Bonou, A., Wünscher, T., Adégbidi, A. A., & Diaw, A. (2018). Impact of Floods on Farmers' Livelihoods in the Semi-Arid Zone of Benin. In O. Saito, G. Kranjac-Berisavljevic, K. Takeuchi, & E. A. Gyasi (Eds.), *Strategies for Building Resilience against Climate and Ecosystem Changes in Sub-Saharan Africa* (pp. 59-77). Singapore: Springer Singapore

- Challinor, A., Wheeler, T., Garforth, C., Craufurd, P., & Kassam, A. (2007). Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change. *Climatic Change*, 83(3), 381-399.
- Christoph, M., Fink, A., Diekkruger, B., Giertz, S., Reichert, B., & Speth, P. (2008). IMPETUS: Implementing HELP in the upper ouémé basin. *Water SA*, 34(4 SPEC. ISS.), 481-489
- CILSS (2016). Les Paysages de l'Afrique de l'Ouest : Une Fenêtre sur un Monde en Pleine Évolution. U.S. Geological Survey EROS, 47914 252nd St, Garretson, SD 57030, United States.
- CMEICB (2014). Intégration du Genre dans la Modélisation de l'Évaluation des Impacts du Climat par Secteur de Développement Modélisation des impacts économiques des changements climatiques par secteur de développement, Projet SAP-Benin, Septembre 2014.
- Constantin de Magny, G., Guégan, J. F., Petit, M., & Cazelles, B. (2007). Regional-scale climate-variability synchrony of cholera epidemics in West Africa. *BMC Infectious Diseases*, 7, 20.
- De Longeville, F., Hountondji, Y-C., Djivo, V.P., Henry, S. (2013). Analysis of high Acute Lower Respiratory infection levels in children under five linked to specific weather conditions: A case study in Benin (West Africa). *Global Health Perspectives* 01(02), 93-104.
- Djohy, G., Edja, A. H., & Djohy, M. S. (2015). Popular representations of epidemic meningitis in a context of climatic change in Northern-Benin. *Sciences Sociales et Sante*, 33(1), 47-74.
- Dossou, E. M. ; Lougbegnon, T. O. ; Houessou, L. G. ; Codjia, J.T.C. (2016). Analyse de l'Impact du Changement Climatique sur l'Aire de Distribution Actuelle et Future de *Lannea microcarpa* Engl. et K. Krause au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Afrique Science* 12(1) :27-38
- Dotchamou, F. T., Atindogbe, G., Sode, A. I., & Fonton, H. N. (2016). Density and spatial pattern of *Parkia biglobosa* under climate change: The case of Benin. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110(1), 173-194.

- Essou, G. et Brissette, F. (2013). Climate Change Impacts on the Ouémé River, Benin, West Africa *J Earth Sci Clim Change* 2013, 4:6
- Fadina, M. A., & Barjolle, D. (2018). Farmers' Adaptation Strategies to Climate Change and Their Implications in the Zou Department of South Benin. *Environments*, 5(1), 15.
- Fandohan, B., Gouwakinnou, G. N., Fonton, N. H., Sinsin, B., & Liu, J. (2013). Impact of climate change on the geographical distribution of suitable areas for cultivation and conservation of underutilized fruit trees: Case study of the tamarind tree in Benin. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 17(3), 450-462.
- Giertz, S.; Diekkruger, B.; Reichert, B.; Hollermann, B; Steup, G.; Kocher, A.; Paeth, H; et Diederich, M. (2009). IMPETUS Atlas Benin. Springer Science & Business Media
- Gouvernement du Bénin, 2011. Inondations au Bénin : Rapport d'évaluation des besoins post catastrophe. Gouvernement du Bénin, Banque Mondiale, PNUD
- Guillaumont, P. (2008). An Economic Vulnerability Index: Its design and Use for International Development Policy, Research Paper No. 2008/99, UNU WIDER.
- Guillaumont, P. (2009). A retrospective Economic Vulnerability Index, Policy Brief Series No. 3, FERDI.
- Höllermann, B., Giertz, S., & Diekkrüger, B. (2010). Benin 2025—Balancing Future Water Availability and Demand Using the WEAP 'Water Evaluation and Planning' System. *Water Resources Management*, 24(13), 3591-3613.
- Houkpe, J., Diekkruger, B., Badou, D. F., & Afouda, A. A. (2016). Change in Heavy Rainfall Characteristics over the Oueme River Basin, Benin Republic, West Africa. *Climate*, 4(1), 15.
- Houkpe, J., Diekkrüger, B., Badou, F. D., & Afouda, A. A. (2015). Non-Stationary Flood Frequency Analysis in the Ouémé River Basin, Benin Republic. *Hydrology*, 2(4), 210-229.
- Hountondji Y, De Longueville F, and Ozer P 2011 Trends in extreme rainfall events in Benin (West Africa), 1960-2000 - In 1st International Conference on Energy, Environment and Climate Change

- INSAE (2015). Note sur la Pauvreté au Bénin en 2015. Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV-Suivi 2015), 2ème édition
- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) (2013). Rapport d'Evaluation de la Pauvreté au Bénin, Juin 2013.
- IPCC, 2000, IPCC Special Report on Emissions Scenarios, Contribution of the Working Group III to the Plenary Session of the Intergovernmental Panel on Climate Change, N. Nakicenovic, J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T. Yong Jung, T. Kram, E. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Riahi, A. Roehrl, H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, and Z. Dadi, eds., available at http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/
- Jalloh A, Nelson GC, Thomas TS, Zougmore R, Roy-Macauley H, eds. 2013. West African agriculture and climate change: a comprehensive analysis. IFPRI Research Monograph. Washington DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI), ISBN 978089629204
- Joseph, O. (2013). Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin. *Vertigo – la Revue Electronique en Sciences de L'environnement*, Volume 13 Numéro 1, avril 2013 <http://vertigo.revues.org/13267> ; DOI : 10.4000/vertigo.13267.
- Judex, M.; Röhrig, Rüdiger; Schulz, Oliver; Thamm, H; (ed.) (2009): IMPETUS Atlas du Bénin. Résultats de recherche 2000-2007. Troisième édition. Département de Géographie, Université de Bonn, Allemagne (french version), 128 pp
- Judex, M.; Thamm, P.; et Menz, G (2003). Modelling of Land Use Changes in West Africa Catchment <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part7/PDF/069.pdf>.
- Kosmowski, F., & Lalou, R. (2017). The Association of Monetary, Multidimensional and Traditional Poverty with Climate Change Adaptive Capacities in Northern Benin. In W. Leal Filho, S. Belay, J. Kalangu, W. Menas, P. Munishi, & K. Musiyiwa (Eds.), *Climate Change Adaptation in Africa: Fostering Resilience and Capacity to Adapt* (pp. 727-746). Cham: Springer International Publishing

- Lawin A. E., Akponikpè P. B. I., Jalloh A., Nelson C. G. and Thomas S. T. (2013). In A Jalloh, G C. Nelson, T. S. Thomas, R. Zougmoré, and H. Roy-Macauley. In West African Agriculture and climate change: A Comprehensive Analysis. Chapter 3 : Benin. PP-448.
- Lawin, A. (2014). Modélisation des Impacts Economiques des Changements Climatiques par Secteur de Développement, Secteur Ressource en Eau. Rapport SAP-Benin, Septembre 2014.
- Lokonon, B. O. K., Savadogo, K., & Mbaye, A. A. (2015). Assessing the impacts of climate shocks on farm performance and adaptation responses in the Niger basin of Benin. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 10(3), 234-249.
- Mendelsohn, R. 2011. "The Impact of Climate Change on Land". Climate Change and Land Policies, eds. Ingram, Gregory K. and Yu-Hung Hong. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Millénium Challenges Account (2016). http://www.mcabenin2.bj/wp-content/uploads/2016/08/RFP_Facility_Manager_OCEF.pdf
- Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN)(2008). Programme d'Action National aux Changements Climatiques du Benin (PANA-BENIN).
- Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU) (2011). Deuxième Communication National sur les Changements Climatiques, Juin 2011.
- Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU) (2001). Communication National Initial sur les Changements Climatiques, Décembre 2001.
- Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU) (2011). Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatique.
- Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable (MCVDD)(2017). Etude sur la Vulnérabilité aux Changements Climatiques dans le Secteur de l'Agriculture et des Ressources en Eau, PPB-FVC, Mars 2017.

- Mora, C., Frazier, A. G., Longman, R. J., Dacks, R. S., Walton, M. M., Tong, E. J., . . . Giambelluca, T. W. (2013). The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature*, 502(7470), 183-187.
- N'Tcha M'Po, Y., Lawin, E., Yao, B., Oyerinde, G., Attogouinon, A., & Afouda, A. (2017). Decreasing Past and Mid-Century Rainfall Indices over the Ouémé River Basin, Benin (West Africa). *Climate*, 5(3), 74.
- Obada, E., Alamou, E., Zandagba, J., Chabi, A., & Afouda, A. (2017). Change in Future Rainfall Characteristics in the Mekrou Catchment (Benin), from an Ensemble of 3 RCMs (MPI-REMO, DMI-HIRHAM5 and SMHI-RCA4). *Hydrology*, 4(1), 14.
- Orekan, V; Tente, B; Houndagba, C, J.; Abdoulaye, D (2010). Occupation des terres et dynamique du couvert végétal. In Sinsin B & Kampmann D (eds). Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I: Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main, pp154-167
- Regional Model for Integrated Water Management in Twinned River Basins (RIVERTWIN). Adapted and Integrated Model for the Ouémé River Basin, Final Report; Institute for Landscape Planning and Ecology: Stuttgart, Germany, 2007.
- Saïd K. H. (2015). Rapport d'Etude Benin des Changements Climatique et Avancée en Matière d'Adaptation Cas du bassin de Tèwi Dans la commune de Dassa Zoumè
- Simbanegavi, W., & Arndt, C. (2014). Climate Change and Economic Development in Africa: An Overview. *Journal of African Economies*, 23(suppl_2), ii4-ii16.
- Sonneveld, B. G. J. S., Keyzer, M. A., Adegbola, P., & Pande, S. (2012). The Impact of Climate Change on Crop Production in West Africa: An Assessment for the Oueme River Basin in Benin. *Water Resources Management*, 26(2), 553-579.
- Speth, P. Chritoph M., and Dickrüger (2010). Impacts of global change on the hydrological cycle in West and Northwest Africa. Springer, Theidelberg, Dordrecht London, New York, 675p.
- United Nation Convention on Climate Change (UNFCCC) (2017). The 6th Durban Forum on capacity-building.
<http://unfccc.int/resource/docs/2017/sbi/eng/09.pdf>
- United Nation Department of Economics and Social Affaire (UNDESA) (2012). World Population Prospects, the 2012 Révision, <http://esa.un.org/wpp/>

- Vincent, O. ; Brice, T. ; Cossi, J. ; Djafarou, A (2010). In Sinsin B & Kampmann D (eds). 2010 : Atlas de la Bio- diversité de l’Afrique de l’Ouest, Tome I : Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main.
- Vissoh, P. V., Tossou, R. C., Dedehouanou, H., Guibert, H., Codjia, O. C., Vodouhe, S. D., & Agbossou, E. K. (2012). Perceptions et stratégies d’adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d’Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Benin. *Les Cahiers d’Outre-Mer*, 260, 479-492.
- Yabi, I., & Afouda, F. (2012). Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International*, 262, 39-43.
- Yegbemey, R. N., Yabi, J. A., Aïhounon, G. B., & Paraïso, A. (2014). Simultaneous modelling of the perception of and adaptation to climate change: The case of the maize producers in northern Benin. *Cahiers Agricultures*, 23(3), 177-187.
- Yegbemey, R. N., Yabi, J. A., Aïhounon, G. D. B., & Kokoye, S. E. H. (2014). Economic valuation of maize farming profitability under climate change adaptation in Benin, West Africa. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 10(3), 269-280.
- Zougmoré, R., Partey, S., Ouédraogo, M., Omitoyin, B., Thomas, T., Ayantunde, A., . . . Jalloh, A. (2016). Toward climate-smart agriculture in West Africa: a review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors. *Agriculture & Food Security*, 5(1), 26.

Climate Analytics gGmbH

Ritterstr. 3
10969 Berlin
Germany

T / +49 302 5922 9520
E / contact@climateanalytics.org

Climate Analytics Inc. New York

115 E 23rd St, 3rd Floor, Office #319
New York, NY, 10010
USA

T / + 1 718 618 5847
E / info.ny@climateanalytics.org

Climate Analytics Lomé

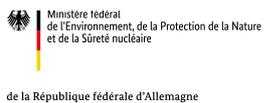
61, ru 195 Quartier Agbalépédogan
s/c BP 81 555 Lomé
Togo

T / +228 22 25 65 38 / 22 25 74 74
E / togooffice@climateanalytics.org

Mis en oeuvre par :



Mandaté par :



Sous la tutelle de :



En coopération avec :

