



Konrad
Adenauer
Stiftung

Programme pour le Dialogue
Politique en Afrique de l'Ouest



Les enjeux du
changement
climatique au Bénin

Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin

Rédigé par :

Michel Boko
Frédéric Kosmowski
Expédit W. Vissin

Auteurs :

Michel Boko (CIFRED), Frédéric Kosmowski (IRD/CEFOP) et Expédit W. Vissin (LACEEDE).

Contributeurs :

Ernest Amoussou (CIFRED), Euloge Ogouwalé (CIFRED), Henri Totin (CIFRED), Constant Houndénou (PNUD) et Ibila Djibril (Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme).

Coordination et édition :

Maria Zandt (Konrad-Adenauer-Stiftung)

© Konrad-Adenauer-Stiftung

Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest

01 BP 3304 R.P. Cotonou / Bénin

Tel: +229 21 30 10 22

Fax: +229 21 30 01 42

www.kas.de/westafrika

Sommaire

Résumé à l'attention des décideurs politiques	3
Introduction.....	8
1. Les changements climatiques au Bénin	12
1.1. Le climat d'hier (1951-2010)	12
1.2. Le climat de demain (2010-2050)	23
2. Impacts futurs des changements climatiques au Bénin	30
2.1. L'eau	33
2.2. L'agriculture	36
2.3. L'énergie	39
2.4. La santé.....	42
2.5. Les écosystèmes	45
2.6. Les zones côtières.....	49
3. L'adaptation, une nécessité politique	55
3.1. Les principales décisions de l'Action concertée à long terme).....	55
3.2. Mise en œuvre des décisions des COP (Conférence des Parties) au Bénin.....	58
3.3. Projets en perspective au Bénin	60
Références.....	61

Préface

Le changement climatique représente un défi indéniable pour le monde et pour l’Afrique en particulier. Si aucun pays n’échappera aux effets du changement climatique, l’Afrique fait parti des continents les plus vulnérables. Alors que le Bénin s’attache à dynamiser sa croissance économique et à vaincre la pauvreté, les effets du changement climatique pourraient d’avantage augmenter sa vulnérabilité. Des conséquences multiples résulteront du fait des mécanismes complexes du changement climatique. Avec le réchauffement général de la terre iront de pair des phénomènes climatiques plus extrêmes. Le Bénin devrait s’attendre à des périodes de sécheresse plus longues et des saisons de pluie plus accentuées. Dans les zones côtières la montée des eaux pourra menacer l’habitat d’une large partie des populations. Les rendements agricoles souffriront des conditions climatiques extrêmes. La montée de la température et de l’intensité des pluies pourrait aussi causer une augmentation des maladies infectieuses ainsi qu’une pénurie en énergie. Les ressources en eau seront également affectées par les conditions climatiques extrêmes.

Pour faire face à ces nombreux défis, le Bénin doit se doter aujourd’hui de mécanismes de prévention, d’atténuation et d’adaptation. L’enjeu est vital, car les décisions d’aujourd’hui façonneront les conditions de vie des générations futures. Le développement durable du Bénin, qui s’inscrit dans le processus « Beyond Rio+20 », dépendra des solutions que le pays trouvera pour faire face aux multiples défis causés par les effets du changement climatique.

Avec cet ouvrage, la Konrad-Adenauer-Stiftung poursuit deux objectifs. Premièrement cet ouvrage veut susciter

un dialogue entre le monde politique et la société civile pour trouver les meilleures solutions d'adaptation aux multiples effets des changements climatiques. La réussite de la prévention et de l'adaptation aux effets du changement climatique au Bénin est étroitement liée à la réussite du dialogue politique et social. L'adaptation au changement climatique nécessite une étroite coordination des différentes structures sectorielles car les effets climatiques auront des conséquences sur différents secteurs clé des politiques publiques. Une bonne gouvernance des structures chargées de la prise de décision et de la mise en œuvre des politiques d'adaptation sectorielle aux changements climatiques est primordiale pour leur réussite.

Deuxièmement, cet ouvrage compte délivrer un état des lieux des différents enjeux du changement climatique au Bénin. Il veut ainsi contribuer à la prise de conscience de ses enjeux par les décideurs politiques et la population béninoise. L'ouvrage se veut alors comme base d'informations pour des choix politiques futurs.



Elke Erlecke

Représentante Résidente
Konrad-Adenauer-Stiftung

Résumé à l'attention des décideurs politiques

Il existe désormais un **consensus scientifique mondial** sur le réchauffement climatique. Le dernier rapport du Groupement International d'Experts sur le Climat (GIEC, 2007) classe **l'Afrique parmi les continents les plus vulnérables**. Les changements climatiques font peser un risque important pour l'ensemble de la population au Bénin. L'adaptation n'est désormais plus une option mais une nécessité politique et les choix politiques qui seront faits aujourd'hui conditionneront lourdement l'avenir du pays.

1. Les changements climatiques au Bénin

1.1. Le climat d'hier (1951-2010)

Le climat du Bénin, tropical, chaud et humide, comporte de nombreuses nuances saisonnières et géographiques. On distingue généralement la **région méridionale** et la **région septentrionale**. La partie méridionale est caractéristique d'un climat subéquatorial à quatre saisons ; tandis que la partie septentrionale du Bénin connaît deux saisons bien distinctes. Au cours de la période 1971 – 2000, le nombre de jours de pluie est en moyenne de 140 jours dans la partie méridionale. Il n'est que de 80 dans l'extrême Nord du pays.

Au cours de la période 1951-2010, le nombre de jours de pluie a été en baisse constante tandis que les températures augmentent. A l'échelle annuelle, la baisse des précipitations est comprise entre 11 et 28%. Elle est plus

marquée au Nord qu'au Sud. L'analyse saisonnière fait apparaître des différences significatives durant la période antérieure à 1971. On observe ainsi un **raccourcissement de la petite saison des pluies** ce qui provoque un déficit pluviométrique. A l'exception du littoral, une **augmentation nette, de l'ordre de 1°C, des températures** moyennes de l'air s'observent à partir de 1995.

1.2. Le climat de demain (2010-2050)

Différents **modèles de prévisions** permettent de décrire de façon probabiliste l'état futur du climat au Bénin. Les différentes zones du territoire seront différemment impactées par les changements climatiques. À l'horizon 2050, on envisage une **hausse généralisée des températures**, comprise entre 0,9 (Sud-ouest) et 1,1°C (Nord-ouest). Si la pluviométrie annuelle reste stable au Sud, **le Nord pourrait bénéficier d'un accroissement des pluies périodiques** compris entre 3,3 et 3,8%. Une **concentration des pluies** est également à envisager. A l'échelle saisonnière, une diminution des précipitations de mars à mai est à prévoir, ce qui est synonyme d'**accroissement de la durée de la saison sèche**.

2. Impacts futurs des changements climatiques au Bénin

2.1. L'eau

L'eau est le secteur le plus vulnérable au Bénin. Les effets des changements climatiques se feront ressentir sur le cycle de l'eau, limitant sa disponibilité, son accessibilité et son approvisionnement. La hausse des températures et la concentration des pluies auront un **impact**

négalif sur les ressources. Ainsi, il faut s'attendre à des **modifications de la quantité et la qualité** de l'eau disponible ; à une augmentation du déficit hydrique et de l'évapotranspiration potentielle. Selon ces ressources disponibles et la variabilité des précipitations, le **stress hydrique** sera plus important pour certains départements que pour d'autres. La modification des ressources en eau impactera aussi l'agriculture, la santé, l'énergie et les écosystèmes au Bénin.

2.2. L'agriculture

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) prévoit une **baisse des rendements** agricoles en Afrique de l'Ouest, qui pourrait être **comprise entre 5 et 20 % au Bénin**. Cette baisse ne sera pas uniforme à travers le territoire. On peut s'attendre à un impact positif sur différentes régions et certaines cultures. L'igname et le manioc, **variétés plus résistantes à la variabilité climatique**, sont à recommander. La variabilité climatique et notamment la diminution des précipitations de mars à mai fait peser un risque important sur la sécurité alimentaire du pays. On peut s'attendre à une accentuation du décalage des dates de semis entre le Sud et le Nord. Si la perception des changements climatiques est réelle au sein des communautés rurales, tous ne disposent pas des capacités d'adaptation suffisantes (perception du risque, connaissances, accès au crédit).

2.3. L'énergie

L'électricité du Bénin, d'origine **hydraulique** (Barrages d'Akossombo, Ghana et de Nougbéto, Togo) est vulnérable aux périodes prolongées de sécheresse. Réduire la dépendance énergétique du Bénin est dès lors une

nécessité, de même que le développement de sources d'énergies propres et/ou renouvelables. Le Bénin dispose d'un **potentiel important pour produire de l'énergie propre**. Tandis que la partie méridionale dispose d'un capital en énergie éolienne et marémotrice, la partie septentrionale possède un fort potentiel en énergie solaire. Enfin, 35 sites potentiels ont été identifiés au Bénin pour l'installation de centrales hydrauliques.

2.4. La santé

La prévalence des **maladies infectieuses liées aux vecteurs** (paludisme, trypanosomiasis, fièvres) et **liées à l'eau** (choléra, dysenterie) pourrait augmenter. Si les maladies à vecteur peuvent reculer dans les régions devenues plus arides, leur prévalence devrait augmenter dans les régions plus humides. Concernant les maladies liées à l'eau, on sait qu'une augmentation de la température augmente la charge en microbes et en bactéries des nappes aquifères et des réservoirs superficiels. Les autres secteurs font également peser un risque important sur la santé des populations : le secteur agricole via les périodes de malnutrition; la baisse de la biodiversité via les ressources halieutiques, source importante de protéines pour les populations.

2.5. Les écosystèmes

La vie étant liée à la stabilité des conditions d'existence, les changements du climat représentent une menace pour la biodiversité. Tandis que la variabilité climatique fait peser le risque d'une **baisse de la biodiversité** dans le temps et l'espace, les événements extrêmes et la montée du niveau de l'océan pourront entraîner la **migration et l'extinction de certaines espèces** animales et végétales. Au Bénin, la **question de**

l'exploitation forestière est cruciale. Le déboisement en cours au Bénin modifie le climat et la pluviosité locale. La disparition de certaines forêts, comme celle des Trois Rivières pousse à une prise en charge politique rapide du problème.

2.6. Les zones côtières

Le dernier rapport du GIEC fait de **l'Afrique de l'Ouest l'une des cinq régions qui pourraient être gravement affectées** par la montée des eaux d'ici à 2080. Le Bénin fait parti des pays directement exposés à l'élévation du niveau de la mer. L'enjeu est la perte d'une portion du territoire béninois qui représente 10,6% de la surface du pays, et où vivent 3 662 000 béninois (INSAE, 2003). La vulnérabilité des côtes béninoise à l'élévation du niveau de la mer vient s'ajouter à deux problèmes importants : l'érosion, qui touche déjà le littoral et les inondations récurrentes, liées à la situation géographique de Cotonou.

Introduction

Les changements climatiques sont désormais une réalité. A l'échelle de la terre, on observe déjà une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer (GIEC, 2007).

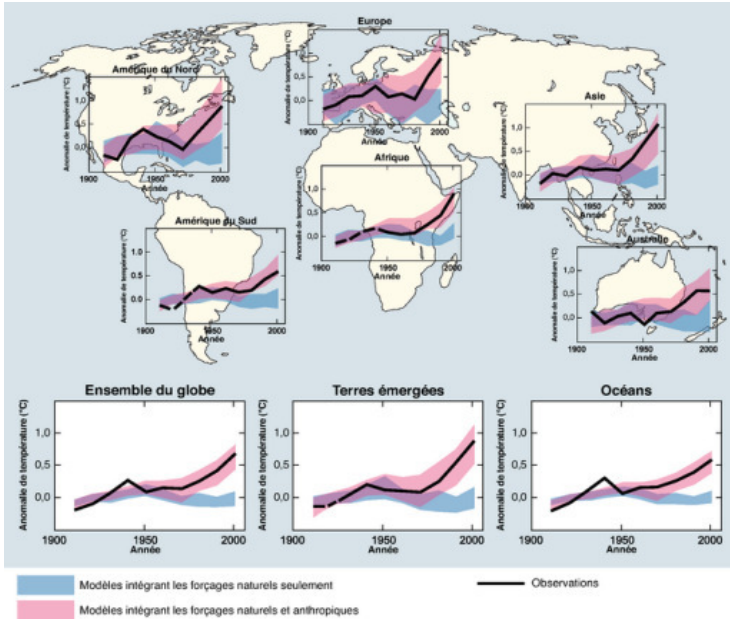
En moyenne globale, notre planète est environ **0,75°C plus chaude qu'elle ne l'était il y a 100 ans** (Figure 1). Et onze des douze dernières années sont, en moyenne globale, parmi les plus chaudes depuis 1860.

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) qui regroupe 2500 scientifiques du monde entier prévoit dans son dernier rapport une augmentation comprise **entre 1,1 et 6,4°C au cours du 21^{ème} siècle**.

La réalisation de ces prévisions dépendra des **mesures d'atténuation qui seront prises au cours des deux à trois prochaines décennies**.

Parallèlement aux mesures d'atténuation des gaz à effet de serre, **l'adaptation aux effets des changements climatiques** s'est imposée ces dernières années comme thématique politique et scientifique importante. Reposant sur des **mécanismes d'anticipation et de résilience**, l'adaptation cherche à « *gérer l'inévitable ; lorsque l'atténuation cherche à éviter l'ingérable* » (Tubiana et al. 2010). La capacité d'adaptation et d'atténuation dépend des conditions socio-économiques et environnementales ainsi que de l'accès aux informations et à la technologie. Elle est également fortement liée à la volonté politique. Son efficacité dépend enfin du moment où l'on commence à réfléchir à des moyens d'adaptation.

Figure 1 : Variations de températures à l'échelle des continents de 1906 à 2005 (ligne noire)



Source : GIEC, 2007

Le dernier rapport du GIEC a classé **l'Afrique parmi les continents les plus vulnérables** en raison de la diversité des effets anticipés, des stress multiples et de sa faible capacité d'adaptation.

« Il est probable que certains systèmes, secteurs et régions seront plus durement touchés que d'autres par l'évolution du climat.

Au nombre de ces systèmes et secteurs figurent certains écosystèmes (toundra, forêt boréale et régions montagneuses, écosystèmes de type méditerranéen, mangroves, marais salants, récifs coralliens et biome des glaces de mer), les basses terres littorales, les ressources en eau dans les zones tropicales et subtropicales sèches et dans les zones tributaires de la fonte de la neige et de la glace, l'agriculture aux basses latitudes et l'état sanitaire des populations disposant d'une faible capacité d'adaptation. Les régions concernées sont l'Arctique, l'Afrique, les petites îles et les grands deltas asiatiques et africains. » (GIEC, 2007)

Les variations du climat, de même que les phénomènes météorologiques extrêmes représentent des **risques pour l'ensemble des populations et des écosystèmes de la République du Bénin**. La recrudescence des inondations dans le Sud-Bénin au cours de ces dernières années a montré l'absence d'anticipation et de résilience à ce type de choc climatique. Ce type d'événement extrême étant amené à se répéter, il ne s'agit malheureusement que d'un aperçu de ce qui attend le Bénin dans les années à venir.

Face aux menaces exposées dans cet ouvrage, **l'adaptation n'est aujourd'hui plus une option mais une nécessité**. Il est primordial que les décideurs politiques aient connaissance des dernières avancées dans le domaine de la recherche scientifique, afin de prendre conscience du sens à long terme des choix qu'ils opèrent.

La conscience des changements climatiques est déjà une réalité dans les pays occidentaux. Une majorité de personnes aux Etats-Unis et en Europe se montrent inquiets des changements climatiques et pensent que le climat de la terre est en train de changer (Lorenzoni & Pidgeon, 2006). C'est par une **couverture médiatique** importante que cette prise de conscience du grand public a pu avoir lieu.

Il est vrai qu'un dilemme existe entre le besoin d'exactitude scientifique et la nécessaire communication avec les décideurs et le grand public. Nous avons essayé dans cette publication **d'être clairs, et d'employer un langage accessible**, tout en citant les travaux scientifiques venant appuyer les évidences défendues ici.

Ce livre s'appuie sur les communications du **séminaire organisé en février 2012 par la Fondation Konrad Adenauer** à Cotonou intitulé « *Les enjeux du changement climatique au Bénin : Quelles implications politiques ?* ». Les parlementaires avaient été invités à prendre part aux débats. Hélas, aucun des représentants du peuple béninois ne s'était déplacé pour l'occasion, au grand regret des universitaires, journalistes et représentants des ONG présents pour l'occasion.

Cet ouvrage espère modestement contribuer à une **prise de conscience des enjeux du changement climatique** en République du Bénin. Il s'adresse en priorité aux décideurs politiques, aux journalistes et plus largement à tous les citoyens préoccupés par cette thématique. Nous espérons qu'il puisse devenir un manuel à l'usage des parlementaires, et considéré comme base de leurs décisions politiques dans les différents secteurs affectés par les effets des changements climatiques. **Quarante-deux recommandations sectorielles** ont été formulées afin

de relever ce qui apparaît comme un immense défi du 21ème siècle pour le Bénin.

Mettre en place **les réponses politiques de demain** est désormais entre nos mains. Il est vital et bénéfique pour le Bénin de s'adapter. Si ce n'est pas fait à temps, il faudra expliquer à nos enfants que nous n'avons pas voulu agir pour eux.

1. Les changements climatiques au Bénin

Cette première partie dresse un état des lieux des connaissances actuelles sur le climat du Bénin (1.1) et présente les résultats de modèles utilisés par le GIEC sur les paramètres climatiques du Bénin à l'horizon 2050 (1.2).

1.1. Le climat d'hier (1951-2010)

Le climat du Bénin, tropical, chaud et humide, comporte de nombreuses nuances saisonnières et géographiques. On distingue généralement la région méridionale et la région septentrionale.

Influencée par l'océan atlantique, la **région méridionale** est caractéristique d'un climat subéquatorial à 4 saisons (deux saisons des pluies et deux saisons sèches). La température moyenne oscille autour de 25°C.

Plus proche du climat sahélien, la **partie septentrionale** du Bénin enregistre des températures plus élevées et une pluviométrie plus faible. Ainsi, les températures sont de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on

quitte la plaine littorale pour le septentrion, tandis que les précipitations décroissent de la frange côtière au Nord du pays. La température moyenne est de 35 °C. Il n'y a qu'une seule saison sèche et une seule saison des pluies. Il existe toutefois une disparité spatiale dans le Bénin méridional et dans le Bénin septentrional.

Deux diagonales permettent de décrire le climat du Bénin. En effet, la diagonale Nord-ouest/Sud-est du Bénin est soumise à une pluviométrie importante ; à l'inverse, la diagonale Nord-est/Sud-ouest est plus sèche. Le gradient pluviométrique est ainsi décroissant du sud vers le nord. Cette situation s'observe également par la fréquence des années sèches (Figure 2).

L'objectif de cette première partie est de présenter les caractéristiques principales de **l'état actuel du climat au Bénin** sur la base de données et informations fournies par le service Météorologique National, des résultats des thèses, de travaux scientifiques et de quelques rapports d'évaluation ou d'études. La variabilité spatio-temporelle des précipitations et des températures feront ainsi l'objet des deux parties suivantes.

Figure 2 : Fréquence d'années très sèches (faible pluviométrie)

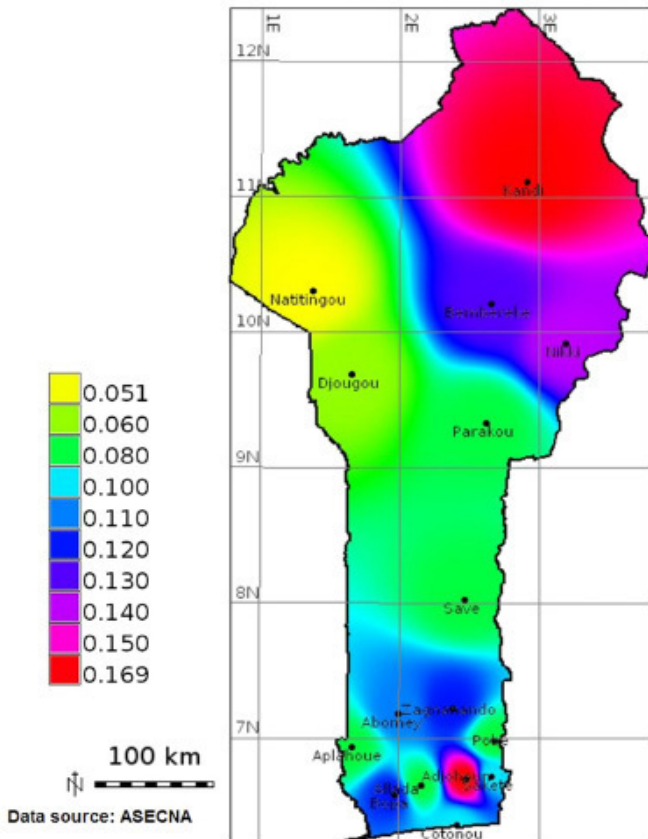


Fig. 1. Frequency of years of extreme rainfall deficiency.

Source : Yabi & Afouda, 2011

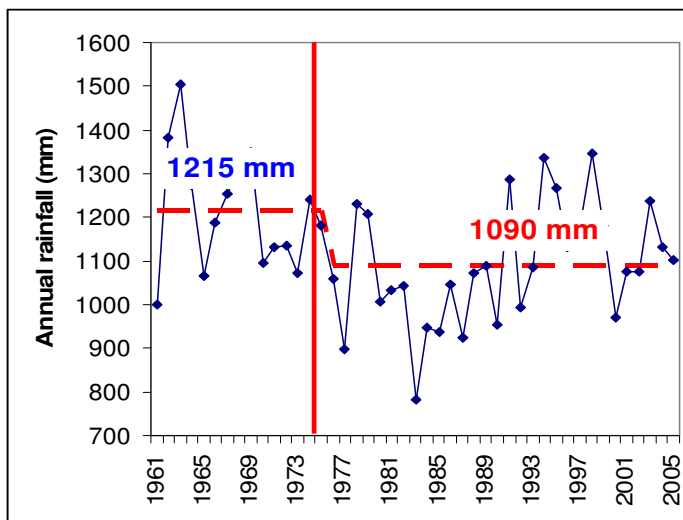
Note de lecture : Les zones claires indiquent un nombre faible d'années ou le déficit pluviométrique est supérieur ou égal à 30%. A l'inverse, une couleur foncée indique un faible nombre de ces années.

1.1.1. Variation des précipitations

L'examen de la variabilité interannuelle des pluies observée au cours de la période 1951-2010, révèle que sur l'ensemble du pays, de courtes périodes déficitaires alternent avec quelques années de courtes périodes excédentaires.

A l'échelle annuelle, **la baisse des précipitations est comprise entre 11 et 28%**. Alors que la pluviométrie annuelle était de 1215 mm/an de 1961 à 1975, elle n'est que de 1090mm/an après 1975.

Figure 3 : Pluviométrie annuelle du Bénin (en mm)



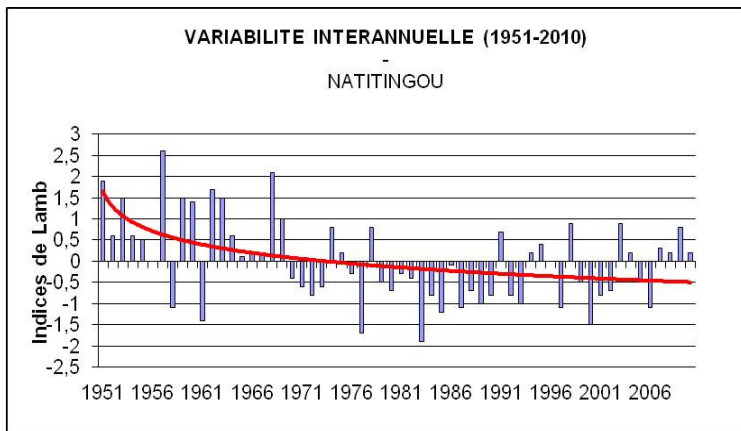
Source : Amoussou, 2010

Au niveau de la **région septentrionale**, les années 1958, 1977 et 1983 accusent le plus fort déficit pluviométrique, marquant une sécheresse généralisée. Les années 1988 et 1998 enregistrent dans bon nombre de stations les plus forts excédents pluviométriques.

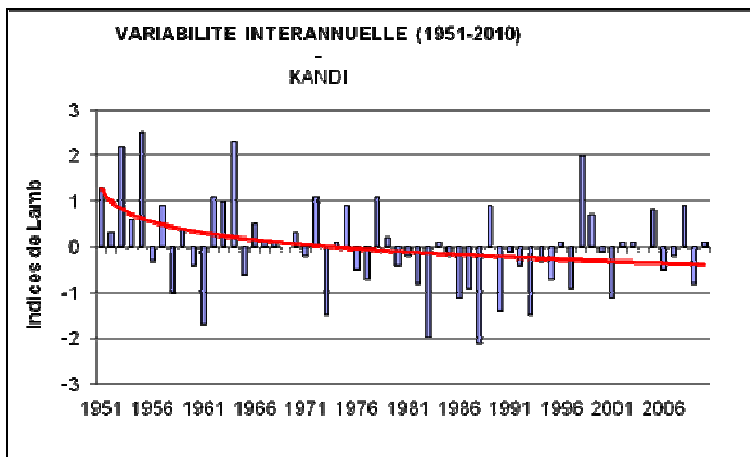
Dans la **région méridionale**, les plus forts déficits ont été notés en 1977 et 1983 (années de sécheresse) tandis que les plus forts excédents pluviométriques remontent aux années 1988 et 1997.

La baisse des précipitations est beaucoup plus perceptible dans la partie septentrionale que dans la partie méridionale, comme le montrent les relevés effectués à Natingou et Kandi.

Figure 4 : Variabilité interannuelle des précipitations à Natitingou et Kandi (1951-2010)



Source: SMN, 2010



Source: SMN, 2010

Au cours de la période 1971 – 2000, le nombre de jours de pluie a été en moyenne de 100 jours chaque année. Alors qu'il atteint 140 jours dans la partie méridionale, il n'est que de 80 dans l'extrême Nord du pays.

Le nombre de jours de pluie dans les différentes stations est en baisse constante au Bénin. Ceci confirme le raccourcissement de la saison des pluies.

Si l'échelle annuelle ne nous permet pas de détecter des tendances significatives dans les variations des précipitations, l'analyse saisonnière fait apparaître de grandes différences durant la période antérieure à 1971.

A l'échelle saisonnière, on remarque trois anomalies sur la période 1951-2010 :

- ✓ Une **forte concentration des pluies sur une courte période**, occasionnant des perturbations pour la plupart des activités humaines.
- ✓ Une brusque **interruption des pluies** intervenant au cœur de la saison des pluies.
- ✓ L'inexistence pour certaines années, d'une **démarcation nette entre les deux saisons pluvieuses** dans le sud du pays (cas de l'année 2010), ce qui accroît le phénomène d'inondations.

Il est observé, par endroits dans la partie méridionale des retards au-delà de deux mois pour le démarrage des pluies utiles (Tableau 1); ce qui **a perturbé les calendriers des activités agricoles**.

Tableau 1 : Variabilité des régimes pluviométriques moyens au Bénin entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990 ; (significativité des résultats aux seuils de 1 et 5 % selon le Test de Student)

STATIONS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
LE CLIMAT BENINIEN ET DECOUPAGE SAISONNIER												
	GSS			GSP				PSS		PSP		
ABOMEY	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
APLAHOUE	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
GRAND- POPO	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+
OUIDAH	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
PORTO- NOVO	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
SAKETE	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+

	Significativité au seuil de 5%		Significativité au seuil de 1%
--	--------------------------------	--	--------------------------------

Source : Constant Houndénou, 1999

Le problème le plus important concerne le **déficit pluviométrique observé au cours de la Petite Saison des Pluies (PSP)**. Plus la saison se rétrécit, plus il y a de problèmes; la baisse de rendements devant conduire à une nécessaire adaptation.

Malheureusement, les méthodes de projection du Service en charge de l'agriculture n'intègrent pas la mobilité des phénomènes climatiques dans leurs projections. Intégrer la variabilité pourrait permettre d'élaborer de nouveaux calendriers agricoles à l'usage des paysans.

1.1.2. Variation des températures

Les écarts à la normale des moyennes de température enregistrés chaque année au cours de la période 1951-2010 sont de l'ordre de -0,6 à + 0,8°C. Ils **ne permettent pas de dégager une tendance à la hausse ou à la baisse des températures**. Mais il est toutefois à noter qu'à l'exception du littoral, une augmentation nette, de l'ordre de 1°C, des températures moyennes de l'air s'observent à partir de 1995 (Figure 5).

Les **variations thermiques annuelles**, de l'ordre de 5 à 6°C dans la zone côtière, atteignent la fourchette de 9 à 10°C dans la région centrale. Au Nord, elles oscillent entre 12 et 14°C.

Bien que ces amplitudes restent quasiment constantes durant la période 1981-2010, il faut noter que **dans le nord et le centre du pays**, les températures minimales moyennes ont connu une **hausse sensible** (de l'ordre de +0,5 à 1°C) dans le courant de la dernière décennie, et en particulier à partir de 2003 pour l'ensemble de ces régions.

Figure 5 : Synthèse de variabilité spatio-temporelle des températures au Bénin

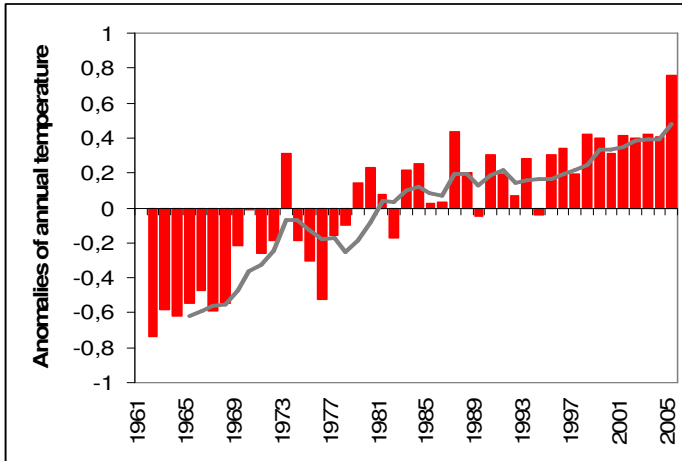
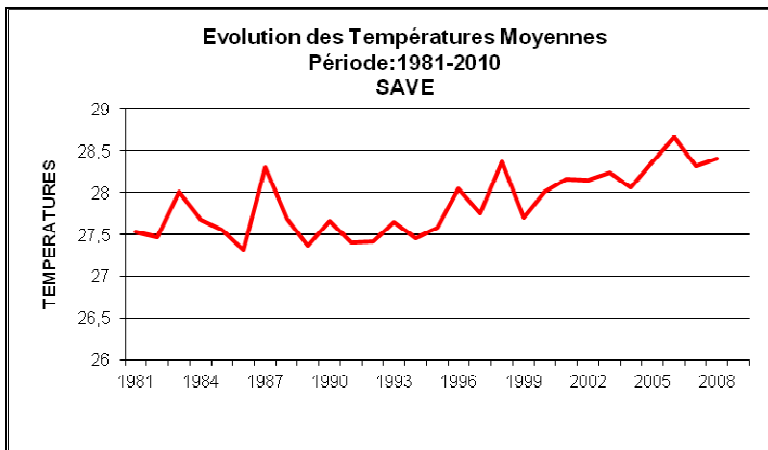
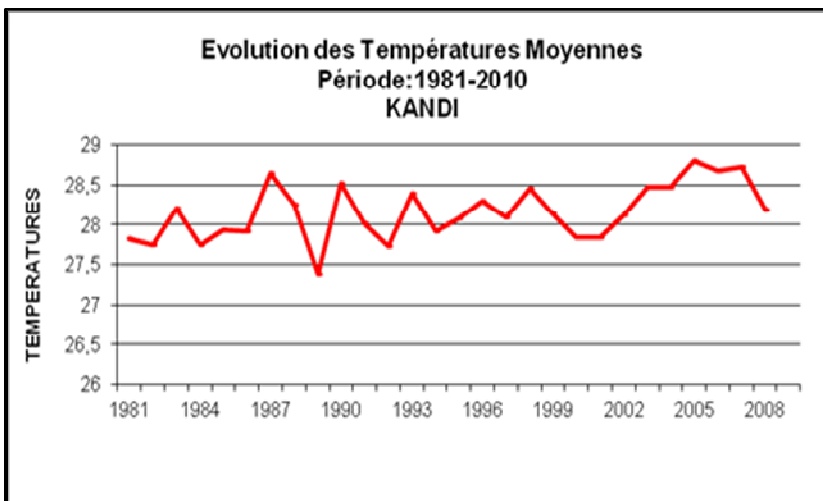
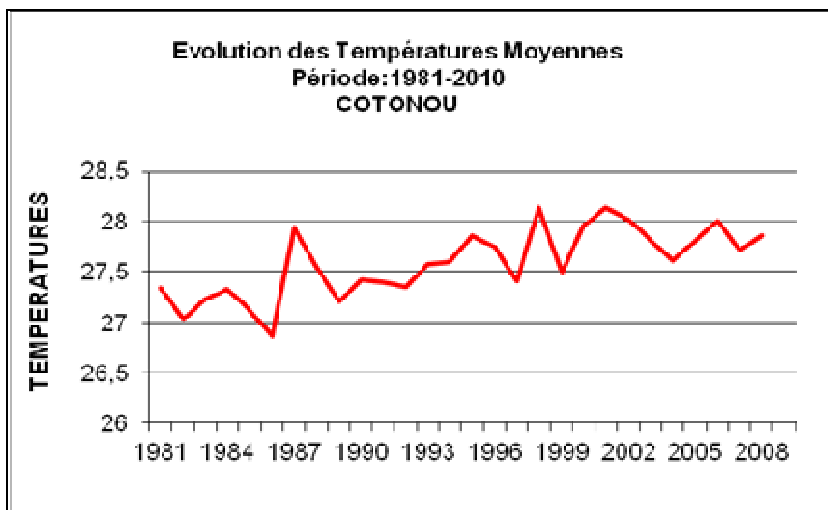


Figure 6 : Evolution interannuelle des températures moyennes à Kandi, Savè et Cotonou de 1981 à 2010





Source : SMN, 2010



Source : SMN, 2010

Au terme de cette analyse sur le statut des précipitations et des températures au Bénin, il ressort que :

- ✓ Une **baisse des précipitations** s'observe sur l'ensemble du territoire. Elle est plus importante au Nord qu'au Sud ;
- ✓ Une **hausse généralisée des températures** s'observe également ;

1.2. Le climat de demain (2010-2050)

Etablir des scénarios climatiques est une chose complexe. Il est question ici de **décrire de façon probabiliste l'état futur du climat au Bénin.**

La méthodologie utilisée se fonde principalement sur les **directives techniques du GIEC** pour l'évaluation des incidences de l'évolution du climat et des stratégies d'adaptation et sur d'autres guides méthodologiques tels que le manuel du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) sur les méthodes d'évaluation des impacts du changement climatique et des stratégies d'adaptation (Feinstra *et al.* 1998). De tels scénarios s'appuient sur des **hypothèses économiques, énergétiques et environnementales.**

Deux scénarios du GIEC¹ décrivent l'évolution future des conditions climatiques à l'horizon 2100. Les deux scénarios

¹ Parmi les scénarios de référence proposés par le GIEC, **les scénarios A1B et B1 sont utilisés au Bénin** depuis une dizaine d'années dans le cadre des travaux du Projet IMPETUS au Nord-Ouest du Bénin. Ils sont adoptés dans la présente étude pour projeter au niveau global et à différents horizons temporels futurs les

rios admettent l'hypothèse de la globalisation de l'économie, hypothèse déjà en cours de vérification par le processus de mondialisation de l'économie en cours.

Les horizons temporels 2015, 2025 et 2050 ont été choisis pour intégrer les effets socio-économiques et écologiques des changements climatiques.² Les deux parties suivantes présentent l'évolution probable du climat à l'horizon 2050, à travers les précipitations et la température.

principaux paramètres climatiques, principalement la pluviométrie et la température.

² Les données locales sont déduites du niveau global par la technique du "downscaling" exploitée dans le logiciel SCENGEN, à partir des résultats de sortie de MAGGICC et de la **normale climatique 1971-2000 de la température et de la pluviométrie**. SCENGEN est utilisé pour avoir des représentations spatio-temporelles des effets du changement climatique par point de grille (de résolution 2,5° de latitude sur 2,5° de longitude) en exploitant les résultats des expériences des Modèles de Circulation Générale Atmosphère Océan (MCGAO) ou *Atmospheric Ocean General Circulation Model (AOGCM)* disponibles dans le logiciel. La sensibilité climatique moyenne a été fixée à 3°C et le coefficient d'échange turbulent moyen $Kz\ 2,3cm^2 / s$. L'exploitation des premiers résultats de simulation et des expériences acquises au Bénin et dans la sous-région ouest africaine sur les modèles généraux et régionaux a permis de **choisir quatre modèles** parmi les vingt proposés par MAGGICC/SCENGEN. Ce sont : CGCM3.1(T47), MRI-CGCM2.3.2, UKMO-HadCM3, UKMO-HadGEM1 (cf. manuel technique MAGGICC/SCENGEN 5.3 version 2, 2008). Les données de sortie du logiciel sont une **valeur moyenne des quatre modèles** sur les cellules de la grille, conformément aux recommandations des créateurs du logiciel (Santer *et al.*, 1990; Giorgi et Mearns, 2002; Tebaldi *et al.*, 2004).

1.2.1. Scenarios de precipitations

Dans la région méridionale du Bénin (aux latitudes inférieures à 7,5 °N), on pourrait assister jusqu'à l'horizon 2050 à une pluviométrie annuelle pratiquement stable, les variations observées tous les cinq ans n'excédant guère 0,2% avec un maximum de 0,2% dans le secteur Ouest (accroissement) et un minimum de -1% dans le secteur Est (diminution). Au Nord de cette latitude, un léger accroissement s'observerait, pouvant aller jusqu'à 3,3% et 3.8% en 2050 respectivement au Nord Ouest et au Nord Est.

Par contre, à l'échelle saisonnière, les **précipitations de la période Mars – Avril – Mai** au cours de laquelle les agriculteurs installent les cultures, seraient en **diminution de 2 à 3%** (pratiquement négligeable) au cours de la première moitié du 21^{ème} siècle dans les deux sous-régions du Sud. Mais la diminution pourrait aller jusqu'à 7% à la fin du siècle.

Au Centre Ouest et au Nord Ouest, un léger accroissement serait observé. Dans la partie Est du Centre et du Nord par contre, le même niveau de variation serait observé dans la partie Sud mais positivement.

Les écarts de précipitations se maintiendraient entre le Nord et le Sud, le Sud bénéficiant de trois fois plus de précipitations que le Nord. Ceci confirmerait les observations actuelles en **accentuant le décalage des dates de semis entre le Sud et le Nord.**

A l'échelle mensuelle, de plus grandes variations seraient observées dans les précipitations des mois de Mars et d'Avril. Elles se solderaient par une **diminution dans le Sud** pouvant aller jusqu'à **19% en Mars et 10% en Avril à l'horizon 2100.** Dans la région Nord, il

s'agirait d'un accroissement de 25% en Mars et de 18% en Avril.

Les écarts entre les précipitations de Mars et d'Avril s'accroîtraient au cours du siècle, obligeant les populations rurales à situer le début des activités agricoles davantage en Avril ou en Mai (Figure 7).

Tableau 2 : Anomalies des précipitations tous les 5 ans

Région: Sud Ouest (cellule de grille: 5°N-7,5°N et 0° - 2,5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (%)	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
Précip (mm/an)	1257	1258	1258	1259	1261	1261	1262	1262	1263	1264	1264

Région: Centre Ouest (cellule de grille: 7,5°N-10°N et 0° - 2,5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (%)	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	1	1,1	1,3	1,4
Précip (mm/an)	1079	1080	1081	1083	1084	1085	1085	1088	1089	1091	1092

Région: Centre Est (cellule de grille: 7,5°N-10°N et 2,5°E - 5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (%)	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2	2,2	2,4	2,7
Précip (mm/an)	1165	1168	1170	1173	1177	1179	1183	1184	1186	1189	1192

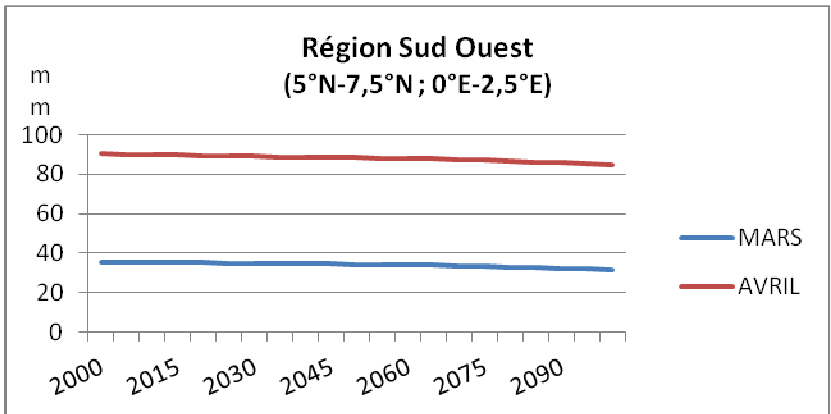
Région: Nord Ouest (cellule de grille: 10°N-12,5°N et 0° - 2,5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (%)	0,6	1	1,3	1,7	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	4
Précip (mm/an)	870,2	873,7	876,3	879,8	883,2	885,8	888,4	891	893,6	896,2	899,7

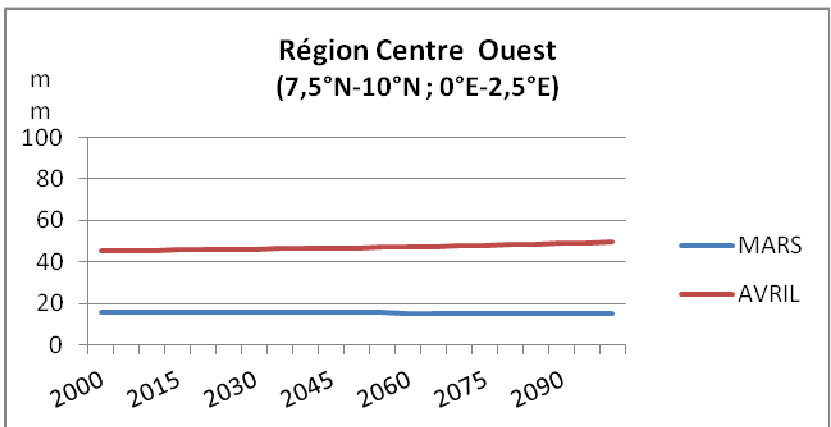
Région: Nord Est (cellule de grille: 10°N-12,5°N et 2,5°E - 5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (%)	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3	3,4	3,7	4,1	4,5

Figure 7 : Projection des précipitations mensuelles de Mars et d'Avril pour les Régions Sud-Ouest et Centre Ouest, de 2000 à 2100



Source : DCN, 2011



Source : DCN, 2011

En conclusion, si les précipitations annuelles varient peu, le retard du début de la saison pluvieuse signifie un **accroissement de la durée de la saison des pluies** et une concentration des abats pluviométriques. Ceci entraîne d'une part un **risque accru d'inondations** ; d'autre part un **déficit hydrologique** en raison d'une saison sèche qui s'allonge.

1.2.2. Scenarios de températures

Les scénarios de projections des températures montrent une hausse générale. La température pourrait augmenter régulièrement dans tout le pays. A l'horizon 2050, le plus fort accroissement thermique serait de 1,1 °C au Nord-Ouest du pays. La plus faible valeur serait de 0,9 °C dans la région Sud-ouest (Tableau 3).

Les projections montrent que l'anomalie dépasserait à l'échelle annuelle 1 °C à partir de 2050 et pourrait atteindre 3 °C au Sud et 3,5 °C dans la région Nord à l'horizon 2100. Les anomalies thermiques des régions Sud et Centre/Nord du pays se différencient nettement à partir de l'année 2010.

Une augmentation des températures aura deux effets sur l'environnement et la société

- Une **explosion de certaines pathologies**, suite à des conditions climatiques plus favorables aux maladies à vecteurs
- Une **intensification de l'évaporation** et par conséquent un risque accru de déficit hydrologique

Tableau 3 - Projection des variations des températures moyennes annuelles de 2000 à 2050

Région: Sud Ouest (cellule de grille: 5°N-7,5°N et 0° - 2,5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (°C)	0,18	0,26	0,36	0,46	0,57	0,66	0,75	0,83	0,92	1,01	1,12
Températ. (°C)	26,76	26,84	26,94	27,04	27,15	27,24	27,33	27,41	27,5	27,59	27,7

Région: Centre Ouest (cellule de grille: 7,5°N-10°N et 0° - 2,5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (°C)	0,2	0,31	0,41	0,53	0,66	0,76	0,86	0,95	1,05	1,16	1,28
Températ. (°C)	26,61	26,72	26,82	26,94	27,07	27,17	27,27	27,36	27,46	27,57	27,69

Région: Centre Est (cellule de grille: 7,5°N-10°N et 2,5°E - 5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (°C)	0,19	0,29	0,4	0,51	0,63	0,74	0,83	0,92	1,02	1,12	1,24
Températ. (°C)	26,37	26,47	26,58	26,69	26,81	26,92	27,01	27,1	27,2	27,3	27,42

Région: Nord Ouest (cellule de grille: 10°N-12,5°N et 0° - 2,5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (°C)	0,21	0,31	0,42	0,55	0,68	0,79	0,89	0,99	1,09	1,2	1,32
Températ. (°C)	27,88	27,98	28,09	28,22	28,35	28,46	28,56	28,66	28,76	28,87	28,99

Région: Nord Est (cellule de grille: 10°N-12,5°N et 2,5°E - 5°E)

Années	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Variations (°C)	0,2	0,31	0,41	0,53	0,66	0,76	0,86	0,96	1,06	1,16	1,28

2. Impacts futurs des changements climatiques au Bénin

Il existe un consensus scientifique international (GIEC, 2007) sur l'augmentation des températures à venir, ce qui modifiera les paramètres climatiques (précipitations, températures, vents).

Les projections climatiques (1.2) montrent un climat béninois affecté par une modification des précipitations et une hausse des températures. Ces deux tendances, combinées à une plus grande variabilité saisonnière, à l'augmentation en fréquence et en intensité des événements extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes) et à l'élévation du niveau de la mer auront des graves conséquences sur différents secteurs économiques.

Afin de passer en revue les effets sur différents secteurs au Bénin, nous avons choisi de distinguer **trois types d'impacts** liés aux changements climatiques : la variabilité climatique (1), les catastrophes (2) et la montée du niveau de la mer (3). Par exemple, le secteur de l'eau peut impacter les rendements agricoles, diminuer l'offre d'électricité et entraîner une augmentation de la prévalence des maladies liées à la qualité des eaux de consommation.

Le Bénin n'échappera pas à ces trois types d'impacts (Tableau 4). Nous passons en revue différents secteurs qui seront affectés par les changements climatiques. Ces différents secteurs sont des composantes vitales de l'économie du Bénin et du bien-être de sa population. Il s'agit de l'eau (2.1), de l'agriculture (2.2), de l'énergie (2.3) et de la santé (2.4). Les changements climatiques représentent enfin une menace pour les écosystèmes (2.5) et les zones côtières (2.6).

Tableau 4: Les impacts probables du changement climatique sur 6 secteurs-clef au Bénin

	Eau	Agriculture	Energie	Santé	Écosystèmes	Zones côtières
Variabilité climatique						
Hausse des températures	X	X	X	X	X	—
Baisse des précipitations	X	X	X	X	X	—
Catastrophes						
Sécheresses	X	X	X	X	X	X
Inondations	X	X	—	X	X	X
Vents violents	—	X	—	—	X	X
Élévation du niveau de la mer	X	X	—	X	X	X

X Oui ; — Non

Tableau 5 : Chaîne d'impacts inter-secteurs

	Eau	Agriculture	Energie	Santé	Écosystèmes	Zones côtières
Eau		Impact sur rendements	Diminution offre d'électricité	Maladies diarrhéiques	Menace écosystèmes maritimes	Activité érosive Inondations
Agriculture	Impact négatif sur les ressources			Malnutrition + Pesticides	Destruction via pesticides	
Energie				Maladies respiratoires (pollution)	Destruction forêts (bois de chauffe)	
Santé		Impact sur le travail				
Écosystèmes	Pollution des eaux Espèces envahissantes	Impact sur les rendements				Baisse de la biodiversité Activité érosive
Zones côtières	Salinisation des eaux	Destruction des cultures	Destruction des infrastructures	Déplacements de populations	Destruction des écosystèmes	

2.1. L'eau

Essentielle à la vie, l'eau apparaît aujourd'hui comme le **secteur le plus vulnérable** aux changements climatiques en cours au Bénin.

Situé sous un climat tropical humide entre l'océan Atlantique et le Sahel, le Bénin dispose pourtant d'énormes potentialités de ressources en eau. On distingue généralement **trois types de ressources en eau** : les eaux pluviales, les eaux de surface et les eaux souterraines.

Le secteur de l'eau est vulnérable à la variabilité climatique et aux événements extrêmes (Tableau 4). **La hausse des températures comme la modification du calendrier des précipitations auront un impact négatif sur les ressources au Bénin.** Les événements extrêmes auront quant à eux un impact sur la disponibilité et la qualité de l'eau.

Les changements climatiques auront un **effet significatif sur le cycle de l'eau**, imposant ainsi des contraintes supplémentaires sur la disponibilité, l'accessibilité et l'approvisionnement en eau au Bénin.

La variabilité du climat et la baisse des précipitations impacteront les eaux pluviales et les eaux de surface. Les sources d'eau douce sont vulnérables et auront à souffrir gravement, compromettant les ressources en eau potable du Bénin. Moins sensibles aux variations climatiques, les eaux souterraines subissent plus de pression dans les conditions climatiques difficiles (Totin, 2006 ; Boukari et al, 2007). Elles présentent des contraintes de mobilisation plus importantes que les deux autres sources.

Ainsi, il faut s'attendre à des **modifications de la quantité et de la qualité de l'eau** disponible. Les études montrent déjà des perturbations liées à la variabilité et aux changements climatiques. Il est probable que le stress hydrique s'accroît dans les années à venir (Barthel et al., 2009). Des problèmes d'insuffisance des ressources ont été démontrés. Ces insuffisances sont soit liées à des difficultés techniques, financières et de gestion (Gruber et al., 2009) ; soit liées à des conditions pluviométriques extrêmes qui poussent les ressources en eau vers des seuils critiques (Amoussou, 2010).

La hausse des températures augmentera les risques d'eutrophisation par l'accroissement de la température des masses d'eau de faible profondeur. Dans le même temps, la hausse thermique pourra déséquilibrer le bilan hydrologique par une **intensification de l'évaporation physique et de l'évapotranspiration du couvert végétal**, entraînant un besoin accru d'irrigation. Dans ces conditions de réduction des eaux de surface, les nappes souterraines seront davantage sollicitées, alors même que leur charge sera réduite du fait d'une augmentation de l'évapotranspiration potentielle.

L'impact ne sera pas uniforme sur le territoire, certains départements étant plus exposés que d'autres au stress hydrique. Une étude récente des ressources aquifères dans le bassin de l'Ouémé montre que le Sud du bassin, composé de ressources plus profondes, permettent de garantir des rendements agricoles plus importants et plus réguliers. Les conditions sont moins favorables dans la partie Nord du bassin.

Enfin, ces modifications du cycle de l'eau entraîneront à leur tour des **impacts sur les autres secteurs** (

Tableau 5). Au-delà de sa nécessité au quotidien, l'eau est également primordiale pour les autres secteurs. Une année de faible précipitations aura par exemple des conséquences sur :

- ✓ La **sécurité alimentaire**, via une baisse des rendements agricoles ;
- ✓ L'**énergie**, via une baisse de la production d'énergie hydraulique ;
- ✓ La **santé** des populations, via une hausse des maladies infectieuses et diarrhéiques ;
- ✓ Les **écosystèmes** des lagunes et des lacs, via la modification de leur habitat naturel ;

Recommandations

1. **Prendre en compte la variabilité des ressources en eau dans la politique nationale de l'eau.**
2. **Améliorer la connaissance des ressources en eau superficielles et souterraines.**
3. **Mettre en œuvre des stratégies de gestion durable des ressources en eau (Actualisation des indicateurs de prise de décisions).**
4. **Instaurer une législation appropriée permettant de protéger les ressources en eau.**
5. **Développer une conscience de la limitation des ressources en eau et une gestion plus efficace dans les ménages.**

6. **Intégrer la gestion rationnelle des ressources en eau dans l'enseignement scolaire.**
7. **Inciter à la réutilisation des eaux pour préserver les ressources dans les zones vulnérables (Bassin de l'Ouémé, Nord-est du pays).**
8. **Promouvoir les citernes dans les ménages pour la collecte et à la conservation des eaux de pluie.**

2.2. L'agriculture

L'agriculture constitue un secteur clé pour l'économie Béninoise. Il emploie **70% de la population active** et contribue à hauteur de **32,6% au PIB**. (AGVSAN, 2009).

Le pays est relativement autosuffisant en produits céréaliers de base (maïs, sorgho) et en tubercules et racines (manioc, igname). Mais la production de ces aliments de base est encore largement **dépendante des conditions climatiques** et de la pluviométrie.

Le secteur agricole est vulnérable aux trois types d'impacts liés aux changements climatiques (Tableau 4). Hausse des températures et baisse des précipitations auront un impact négatif sur les rendements agricoles. Les événements extrêmes auront eux un impact sur l'habitat rural précaire et sur les cultures. Enfin, la montée du niveau de la mer pourra avoir un impact sur les cultures présentes sur la côte (huile de palme et noix de coco) pour lesquelles les risques d'inondations et de salinisation du sol sont importants.

Les prévisions du GIEC envisagent une **baisse des rendements agricoles** en Afrique de l'Ouest. Ceci équivaut

à une baisse du PIB comprise entre 2 et 4% selon les modèles (Boko et al., 2007). Une hausse d'un degré de la température ayant pour conséquence 10% d'évaporation supplémentaire, le secteur agricole risque de se trouver étreint entre la hausse des températures et la réduction de la durée de la saison des pluies.

Deux études importantes tentent d'estimer l'impact sur les rendements agricoles selon différents scénarios. Une méta-analyse, qui fait la synthèse de 16 études publiées en Afrique de l'Ouest, conclut à une baisse de rendements de **13% dans la zone guinéenne** (Roudier et al., 2011). Une seconde étude qui porte uniquement sur le Bénin parle d'une réduction **de 5 à 20%** des rendements agricoles (Paeth et al., 2008). Elle montre aussi que les cultures sont différemment impactées : **l'igname et le manioc** apparaissent comme les **cultures les plus résistantes** aux changements climatiques.

La baisse des rendements agricoles fait peser un **risque majeur sur la sécurité alimentaire** du pays.

De nombreuses études menées en Afrique font déjà état d'une **perception réelle des paysans** des changements climatiques (Deressa et al., 2009; Maddison, 2007; Mortimore & Adams, 2001). Pour autant, tous ne disposent pas des capacités d'adaptation suffisantes pour améliorer la productivité ou la diversification de leurs cultures.

Enfin, il est important de souligner que **les changements climatiques pourront aussi entraîner des impacts positifs** sur les rendements de certaines cultures (le coton, par exemple). On pourrait comparer la nouvelle donne climatique à une redistribution des cartes, faisant des gagnants et des perdants. Il est dès lors également important de donner aux paysans les moyens

de bénéficier de conditions plus favorable lorsqu'elles adviennent.

Recommandations

- 9. Diversifier l'économie béninoise de façon à se dégager de la dépendance agricole.**
- 10. Favoriser la diversification des cultures et des activités économiques au sein des ménages agricoles. Encourager l'adoption de céréales résistantes à la variabilité climatique comme l'igname et le manioc. Dans le Nord, encourager l'élevage de chèvres et de moutons, animaux ayant une tolérance à la chaleur plus importante. En outre, les études montrent que les ménages où un membre est spécialisé dans une activité économique sont moins vulnérables (Vogel, 2006).**
- 11. Développer l'utilisation des prévisions météorologiques comme outil d'adaptation. Les Plans d'Action National pour l'Adaptation (PANAS) financés par l'UNFCCC comprennent 14 projets de systèmes d'alerte météorologique et 3 projets de renforcements du réseau de collecte de données météorologiques. Ces deux types de projets sont nécessaires au Bénin.**
- 12. Favoriser le développement du microcrédit pour permettre aux agriculteurs d'investir dans l'adaptation de leurs cultures.**
- 13. Mettre en place un plan de prévention des chocs climatiques. Une stratégie de réponse doit être envisagée en cas de mauvaise année agricole. Il faut trois mois minimum pour mobiliser l'envoi de vivres par le Programme Alimentaire Mondial. Il vaut mieux prévenir**

les situations d'urgence avant qu'il ne soit trop tard.

- 14. Limiter l'utilisation des engrais qui, utilisés à des doses excessives, contribuent à la pollution des nappes phréatiques et à l'extinction de certaines espèces. Favoriser les engrais naturel.**
- 15. Préserver les ressources halieutiques. La pêche est une source importante de revenus, d'emplois et d'alimentation.**
- 16. Développer les compétences des ONG en matière de gestion des catastrophes.**
- 17. Effectuer un travail de sensibilisation des paysans. Il doit être inscrit dans le plan de développement des communes.**
- 18. Restreindre les feux de végétation, qui émettent des gaz polluants dans l'air. S'ils favorisent la repousse des plantes, les cultures sur brûlis sont causes d'érosion, de fragilité des sols et de perte de la biodiversité.**
- 19. Promouvoir la culture d'espèces végétales destinées à remplacer les combustibles fossiles.**
- 20. Améliorer l'épandage d'engrais azotés afin d'abaisser les émissions de dioxyde d'azote (N₂O).**

2.3. L'énergie

Comme de nombreux pays d'Afrique, le Bénin a connu une urbanisation rapide. Ceci a eu pour effet

d'augmenter la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (GIEC, 2007).

Une étude de la Banque Mondiale sur « La qualité de l'air à Cotonou » (2007) fait état d'une émission journalière d'environ 83 tonnes de CO₂, la majorité étant imputable aux véhicules motorisés à deux roues.

Le défi de l'énergie se pose dès lors à deux niveaux. Il s'agit d'une part de **réduire la dépendance énergétique** du Bénin ; d'autre part de favoriser le **développement de sources d'énergie propre et/ou renouvelables**.

L'approvisionnement en énergie électrique du Bénin se fait essentiellement à partir des barrages d'Akossombo sur le fleuve Volta (Ghana) et de Nangbéto sur le fleuve Mono (Togo). De par sa dépendance à une énergie hydraulique produite à l'extérieur, le secteur de l'énergie est vulnérable. Les changements climatiques pourraient en effet induire une diminution de la production hydroélectrique. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes et la montée de l'océan font peser un risque important sur les infrastructures. Événements extrêmes et montée du niveau de la mer pourront endommager un réseau électrique déjà fragile et ainsi paralyser l'économie du pays tout entier.

Le Bénin dispose d'un positionnement géographique lui permettant d'avoir **recours à une énergie propre**. La partie méridionale du Bénin, sous l'influence de l'océan atlantique, est caractérisée par une forte disponibilité en énergie éolienne et marémotrice. La partie septentrionale du Bénin, plus influencée par les conditions climatiques sahéliennes, dispose d'un fort potentiel en énergie solaire.

D'une part, les possibilités existent pour produire de **l'électricité hydraulique** sur le territoire. Ainsi, 35 sites potentiels de centrale hydroélectrique ont été identifiés par la Communauté Électrique du Bénin (CEB) depuis 1984 dont 5 ont été jugés prioritaires : Adjarala sur le Mono, Kétou, Olougbe et Assanté sur l'Ouémé et Batchanga sur la Pendjari.

D'autre part, avec 8000 heures d'insolation moyenne annuelle, le bilan radiatif du Bénin offre d'énormes possibilités de développement de **l'énergie solaire**. Les plus fortes durées d'insolation s'observent entre janvier et avril en milieux soudanien et atacorien à partir de 10°N.

À la nécessité du développement de sources d'énergie autonomes s'ajoute une nécessaire **gestion de la consommation** d'énergie des ménages. La consommation de produit pétroliers et de bois de chauffe entraîne des émissions de gaz à effet de serre, responsables des changements climatiques. On pourrait envisager un encadrement plus strict de ces sources d'énergie tout en facilitant les installations électriques autonomes.

Ceci pourrait même avoir un **effet positif sur les prix**. L'exemple de Ouagadougou est à ce titre intéressant. La ville a interdit l'introduction de bois de chauffe. Ceci est favorisé par une politique du prix dur envers le gaz. Il est aujourd'hui deux fois moins cher qu'à Cotonou, alors même qu'une partie du gaz trouvé à Ouagadougou est importé du port de Cotonou.

On sait que l'augmentation des revenus et de la croissance démographique mondiale sont deux facteurs d'accroissement des émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie (GIEC, 2007). La **notion d'empreinte écologique** s'est imposée ces dernières

années comme un outil important de suivi des politiques de développement durable. Le Bénin doit améliorer ses performances énergétiques et préparer son économie à la raréfaction des sources d'énergie conventionnelles.

Recommandations

- 21. S'engager sur la voie de l'indépendance énergétique en diversifiant les sources d'approvisionnement du Bénin.**
- 22. Sensibiliser les populations aux économies d'énergie.**
- 23. Définir des droits préférentiels pour les technologies basées sur les énergies renouvelables.**
- 24. Développer une législation incitative pour l'installation et l'utilisation de l'énergie solaire dans les ménages et entreprises.**
- 25. Promouvoir le biogaz domestique qui est une alternative crédible au bois de chauffe et au charbon de bois.**
- 26. Fixer des taxes et réduire les subventions aux combustibles fossiles à l'exception du gaz domestique.**
- 27. Développer un système de transports en commun efficace et propre dans les agglomérations.**

2.4. La santé

Le secteur de la santé est vulnérable aux trois types d'impacts des changements climatiques (Tableau 4). Ces dernières années ont vu la reconnaissance des liens entre les changements climatiques et la prévalence de plusieurs maladies infectieuses. Les catastrophes, de même que les risques liés au secteur de l'eau, font peser des menaces importantes sur la santé des populations.

Les changements climatiques auront des conséquences sur la prévalence de **deux types de maladies infectieuses** : les maladies liées aux vecteurs (paludisme, fièvres), et les maladies liées à l'eau (dysenterie, choléra, gastro-entérites) du fait du risque accru de pollution.

Le rapport du GIEC prévoit une **extension des aires de répartition des vecteurs de maladies infectieuses**. Les maladies à vecteurs sont les plus sensibles aux changements climatiques. Les changements de température modifient le développement des vecteurs, leur géographie et la dynamique de transmission des virus, bactéries et parasites. Les vecteurs d'infection (les moustiques, mouches, tiques et puces) pourront en effet voir leur reproduction rendue plus favorable par les conditions climatiques. La transmission spatiale et temporelle des infections liées aux vecteurs sera ainsi modifiée d'ici à 2020 et 2050 (Boko et al., 2007).

Si les **maladies à vecteur** peuvent reculer dans les régions devenues plus arides, il est fort probable que leur prévalence **augmente dans les régions plus humides** et soumises à des précipitations plus intenses. Ces maladies incluent le paludisme, la fièvre jaune et la fièvre de la vallée du rift (moustiques) ; la trypanosomiase africaine (mouche tsé-tsé), la maladie de Lyme (tiques) et éventuellement la peste (puces).

Les changements climatiques pourront également avoir un effet sur la qualité des ressources en eau. Une étude réalisée sur le bassin de l'Ouémé montre un lien entre l'accès aux nappes d'eau souterraines et la prévalence de la diarrhée (Barthel et al., 2009). Une augmentation de la température augmente la charge en microbes et en bactéries de l'eau présente dans les réservoirs superficiels et souterrains.

Les **maladies liées à l'eau** sont ainsi susceptibles de s'accroître sous l'effet des changements climatiques. Les maladies diarrhéiques, dont la dysenterie et le cholera sont les formes extrêmes, pourraient voir leur prévalence augmenter. Il en sera ainsi **lors des inondations et des sécheresses**.

Des études soulignent également le lien entre les changements climatiques et les **épidémies de méningite à méningocoques** qui touchent chaque année 200.000 personnes entre février et mai dans la bande soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (Besancenot, 1997; Sultan et al., 2005).

Enfin, les conditions extrêmes de sécheresse, qui obligent à une plus grande proximité entre les animaux sont enfin un terrain fertile à l'émergence de la tuberculose et du virus Ebola (WCS Report, 2008).

Au-delà de la pratique de la culture sur brûlis, largement répandue au Bénin, on sait que les conditions de sécheresse sont un terrain favorable aux feux de forêts. Nocive pour l'environnement, l'exposition aux feux de forêts l'est également pour les populations rurales. La fumée émise par les feux de forêt serait responsable de 157.000 morts par an en Afrique Sub-saharienne. Ce sont les conclusions de la première étude globale de

l'impact sur la santé de la pollution émise par les feux de forêt (Johnston et al., 2012).

A ces impacts sur la santé s'ajoutent les **risques liés aux secteurs agricoles, à la biodiversité et aux zones côtières**. Les menaces sur la sécurité alimentaire sont de nature à créer des problèmes de malnutrition, tandis que la baisse de la biodiversité pourra avoir un impact sur les réserves halieutiques, source importante de protéines pour les populations. On sait également que les déplacements de population peuvent entraîner des risques sanitaires importants.

Recommandations

- 28. Mettre en place un système de prévention des risques sanitaires.**
- 29. Promouvoir l'assainissement et la mise à disposition de l'eau potable aux populations rurales.**
- 30. Mettre à niveau des formations sanitaires (réforme hospitalière, réseau des soins de santé primaires).**
- 31. Réduire les émissions de fumée liées à la culture sur brulis pour obtenir des effets immédiats et mesurables sur la santé des populations rurales.**

2.5. Les écosystèmes

La vie étant liée à la stabilité des conditions d'existence, c'est tout naturellement qu'un changement du climat représente une menace pour la biodiversité.

Le rapport du GIEC de 2007, qui s'appuie sur 29.000 séries de données d'observation tirées de 75 études, révèle qu'une **multitude de systèmes physiques et biologiques subissent déjà de profonds changements**. Les tendances relevées dans plus de 89 % de ces séries de données correspondent à l'évolution anticipée en réaction au réchauffement.

L'augmentation rapide de la population ajoutée aux changements climatiques aggravera les menaces sur les ressources biologiques en Afrique (Boko et al., 2007). Le rapport du GIEC estime que la proportion de terres arides et semi-arides devrait s'accroître de 5 à 8% d'ici à la fin du siècle, entraînant la disparition entière de nombreux écosystèmes, incapables de s'adapter aux nouvelles contraintes climatiques.

Les écosystèmes du Bénin sont vulnérables aux trois types de perturbations induites par les changements climatiques (Tableau 4). Tandis que la variabilité climatique fait peser le risque d'une **baisse de la biodiversité** dans le temps et l'espace, l'augmentation des températures et la modification du régime des pluies pourra entraîner la **migration et l'extinction de certaines espèces** animales et végétales.

Les écosystèmes terrestres, maritimes de même que les espèces animales et végétales seront affectées.

Les **ressources forestières** sont particulièrement en danger. En Afrique, 5 millions d'hectares de forêt sont perdus chaque année. Au Bénin, la **question de l'exploitation forestière** est cruciale. Zones de biodiversité animales et végétales, les forêts jouent un rôle

vital de stockage du CO2. Le déboisement en cours au Bénin modifiera le climat et la pluviosité locale.

Ces menaces interviennent sur fond **d'affaiblissement institutionnel**. Le séminaire qui s'est tenu à Cotonou a fait ressortir la contradiction qui existe entre le rôle du Service des Eaux et Forêts béninois, qui est de fournir des recettes à l'Etat, et l'objectif de protection des ressources forestières.

Les lois de décentralisation ont confié la gestion des ressources naturelles aux communes. Or, il semble que le Service des Eaux et Forêts continue d'organiser leur exploitation.

La **monétarisation des ressources naturelles** en cours au Bénin fait ainsi courir un risque supplémentaire, et tout aussi dangereux, sur la biodiversité du pays.

La disparition de certaines forêts, comme celle des Trois Rivières au Nord Bénin pousse à une prise de conscience et une prise en charge politique rapide du problème.

Les **écosystèmes aquatiques** (mangroves, lagunes, lacs, prairies aquatiques) soumis au stress hydrique, seront particulièrement affectés. Déjà, l'érosion entraîne une dégradation des peuplements de mangroves.

Le risque d'extinction est réel pour des milliers d'**espèces végétales et animales** à capacité de mobilité réduite. Environ 5.000 espèces végétales africaines pourraient pâlir des changements climatiques, tandis que plus de 200 espèces situées dans les zones côtières (*Proteaceae*) pourraient disparaître (Boko et al., 2007). Certaines espèces, utilisées pour l'alimentation, et sources de protéines, sont également à risque (ex : la Vigna sauvage).

Recommandations

- 32. Renforcer les capacités de gestion des ressources naturelles au niveau local et communal.**
- 33. Donner aux communes les moyens de gérer les ressources forestières de leur territoire.**
- 34. Harmoniser les lois qui réglementent la gestion du quotidien (déforestation, titres fonciers).**
- 35. Prévoir des lourdes sanctions pour le déboisement non contrôlé.**
- 36. Prévoir un ou plusieurs périmètres de reforestation ou de reboisement.**
- 37. Interdire la vente et l'utilisation des sachets plastiques, source importante de pollution. Les remplacer par des sachets en papier biodégradable. Les sachets plastiques accélèrent les inondations en bloquant l'infiltration, tout en réduisant les possibilités de régénération des espèces végétales. De nombreux pays ont remplacés ces sachets : le Congo-Brazzaville, le Niger, le Tchad, le Cameroun, le Sénégal et le Togo.**
- 38. Limiter la pollution des cours et plans d'eau qui contribuent à la dégradation des écosystèmes et à la prolifération des espèces envahissantes (jacinthes d'eau, laitue d'eau, algues, lentilles d'eau).**

2.6. Les zones côtières

Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer a augmenté de **1,8 mm/an en moyenne entre 1961 et 2003**, et d'environ **3,1 mm/an en moyenne entre 1993 et 2003**. Il est inévitable qu'à l'avenir, le réchauffement s'accompagne d'une élévation du niveau de la mer.

Même si les émissions de gaz à effet de serre diminuaient suffisamment pour stabiliser leur concentration, le réchauffement de l'atmosphère et l'élévation du niveau de la mer se poursuivraient pendant des siècles (GIEC, 2007).

Le dernier rapport du GIEC fait de l'Afrique de l'Ouest l'une des cinq régions qui pourraient être gravement affectées par la montée des eaux d'ici à 2080.

La **côte ouest-africaine est fortement urbanisée** et concentre l'activité économique des pays. Pas moins de **40% de la population ouest-africaine vit dans des villes côtières**. On estime qu'en 2020, les 500 km qui séparent Accra du Delta du Niger pourraient devenir une mégalopole continue de plus de 50 millions d'habitants (Hewawasam, 2002). La plupart des activités consacrées à la production de biens et services, pivots de l'économie des pays, se situent dans les zones urbaines ouest-africaines.

Le Bénin fait partie des pays directement exposés à l'élévation du niveau de la mer. L'enjeu est la perte d'une portion du territoire béninois. Si le littoral béninois représente 10,6 % de la superficie du pays, ce sont 3.662.000 béninois qui y vivent (INSAE, 2003), faisant

du littoral la région la plus densément peuplée du Bénin.

La ville de Cotonou, bâtie sur un cordon lagunaire et dont 40% de la superficie est située au-dessous du niveau de la mer, est particulièrement vulnérable.

Depuis le dernier rapport du GIEC, on sait que les projections de la montée des eaux, comprise entre 18 et 59 cm en 2090, ont pu être sous-estimées. La contribution de la fonte des glaciers (Groenland et Antarctique) à l'élévation du niveau de la mer est plus rapide et plus importante que prévue. La fonte des glaciers a ainsi contribué à 80% à l'élévation du niveau de la mer observée entre 2003 et 2008 (Cazenave et al., 2009), ce qui dépasse les prévisions du GIEC. Un certain nombre d'études, qui ont acquis un consensus scientifique, prédisent une élévation du niveau de la mer supérieur à 1 mètre au rythme actuel des émissions de CO₂ (Rahmstorf, 2010).

Si ces prédictions se réalisent, **une partie de Cotonou pourrait définitivement disparaître sous les eaux.** Des infrastructures vitales comme le marché de Dantokpa ou le port autonome de Cotonou de même que des lieux classés au Patrimoine Mondial de l'Humanité comme la Porte de Non-Retour (Ouidah) pourraient, à terme, être submergées par les eaux.

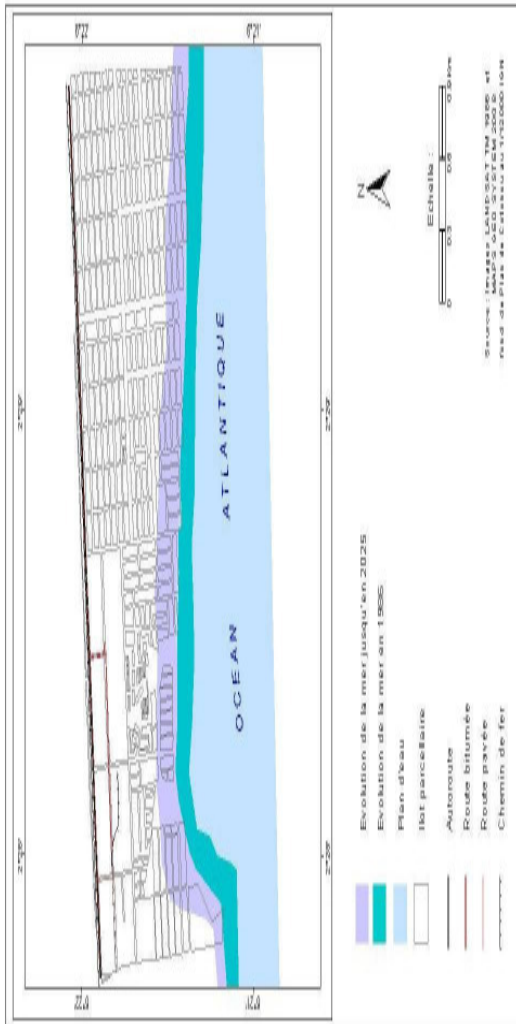
La vulnérabilité des côtes béninoises à l'élévation du niveau de la mer vient s'ajouter à deux problèmes importants : l'érosion, qui touche déjà le littoral (Figure 8) et les inondations récurrentes liés à la situation géographique de Cotonou.

L'érosion côtière du littoral béninois détruit les infrastructures et les logements. L'évolution du quartier résidentiel d'Akpakpa porte la marque de l'érosion (Boko et

al., 2007).

Une étude sur la dynamique de l'érosion côtière (Houndénou, 1999) indique que des quartiers entiers pourraient disparaître d'ici à 2025 (Figure 8).

Figure 8 : La dynamique d'érosion côtière à Cotonou de 1986 à 2025



Cette situation révèle une crise de l'aménagement du territoire. De 1959 à 2008, sur les 442 Ha de zone côtière à Cotonou, on constate une disparition totale du fourré littoral en 2008 et une régression de 57 Ha de la plage. En même temps, le nombre d'habitations y a fortement augmenté.

Tableau 6 : Occupation du sol en zone côtière à Cotonou

Occupation du sol	1959		2008	
	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Fourré	349	79	0	0
Plage	93	21	36	8,1
Habitations	0	0	406	92
Total	442	100	442	100

Source : Houndénou, 2010

Une seconde étude, réalisée auprès des habitants de la zone côtière (Teka & Vogt, 2010) indique que la perception des risques est liée à l'ethnie, au groupe social et à l'âge. En conséquence, toute stratégie de prévention des risques doit s'appuyer sur le dialogue et être orientée selon la perception spécifique de chaque groupe.

Le relief et les structures hydrogéologiques de la ville de Cotonou exposent les habitants au **phénomène des inondations cycliques**. Les mois les plus pluvieux sont avril, mai, juin, juillet et septembre. Au cours de ces

mois, le substrat de la ville arrive facilement à saturation et l'excès d'eau crée des inondations. Les quartiers périphériques marécageux sont les plus affectés (Odoulami et al., 2010).

Ces innovations entraînent des conséquences graves sur les populations, l'environnement et les écosystèmes.

Recommandations

- 39. Renforcer la politique de protection de la côte pour éviter la destruction future des infrastructures.**
- 40. Créer des bassins de retenu d'eau en amont des basses vallées qui débouchent sur la zone côtière.**
- 41. Mettre en place un système d'alerte d'inondations.**
- 42. Organiser la communication aux populations locales sur les dangers de l'élévation du niveau de la mer.**

3. L'adaptation, une nécessité politique

Cette partie rend compte des négociations sur les changements climatiques de la dernière Conférence des Parties (COP17) de Durban en 2012, et de leur mise en œuvre au Bénin.

Les changements climatiques sont au cœur de la problématique du développement économique, social et environnemental. De ce point de vue, ils requièrent un traitement non seulement technique mais aussi politique. L'adoption respectivement le 9 mai 1992 et le 11 décembre 1997 de la CCNUCC (Convention-Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques) et du Protocole de Kyoto constitue une réponse consensuelle au plan international pour trouver les solutions appropriées à ce phénomène planétaire. La Conférence des Parties (COP) est l'enceinte suprême des prises de décision à cet effet.

La COP17 de Durban, qualifiée de COP africaine, a révélé toute l'importance et l'enjeu des changements climatiques dans la définition et la planification du développement des Etats.

3.1. Les principales décisions de l'Action concertée à long terme au titre de l'UNFCCC (Fonds des Nations Unies pour les Changements Climatiques)

Pour parvenir à un consensus sur les priorités et les stratégies, plusieurs principes ont été adoptés :

- **Vision partagée** : Poursuite de l'examen de l'objectif global à long terme en 2050 et du pic des émissions jusqu'à la COP18 ;
- **Action renforcée pour l'atténuation** : poursuite des négociations pour accroître les niveaux de réduction des pays développés; Pour y parvenir, il a été convenu :
 - ✓ Adoption des directives pour l'établissement des rapports biennaux des PD (Pays Développés).
 - ✓ Adoption des modalités et règles pour l'évaluation internationale et l'examen.
 - ✓ Soumission au plus tard le 5 mai 2012 des NAMA (Mécanisme de financement d'un développement propre) au Secrétariat de la Convention des Pays En Développement.
 - ✓ Adoption des directives pour l'établissement des rapports biennaux actualisés.
 - ✓ Prise en compte de l'agriculture dans les négociations: les pays sont appelés à faire connaître au plus tard le 5 mars 2012 leurs points de vue sur ce sujet pour décision à prendre à la COP18.
 - ✓ Perspective de création de nouveaux marchés de carbone: propositions des parties et observateurs attendues le 5mars 2012.
- **Action renforcée pour l'adaptation** :
 - ✓ Modalités de fonctionnement du Comité pour l'adaptation (C.A.)
 - ✓ 16 membres composent le C.A.

➤ **Financement :**

- ✓ Mise en place du Comité Permanent composé de 20 membres
- ✓ Il rend compte de ses activités à la COP.
- ✓ Mise en place d'un programme de travail sur le financement à long terme dirigé par deux co-présidents.

➤ **Mise au point et développement de technologies**

- ✓ Mise en place du Comité Exécutif de la Technologie
- ✓ Mise en place du Centre et Réseau pour les technologies climatiques pour faciliter le transfert de technologies en atténuation et adaptation ;
- ✓ Élaboration des directives pour abriter le centre et le réseau des technologies climatiques.

➤ **Renforcement des capacités:**

- ✓ Reconnaissance du caractère transversal du réchauffement climatique.
- ✓ Création du Forum annuel de Durban sur le réchauffement climatique.
- ✓ La 1ère session du Forum se tiendra du 14 au 25 mai 2012.
- ✓ Invite les parties à faire un rapport sur les progrès faits et les mesures entreprises dans le domaine du RC en matière d'atténuation, d'adaptation et les besoins à satisfaire.

➤ **Examen de l'objectif global à long terme:** le premier se déroulera de 2013 à 2015 et par la suite tous les 7 ans.

3.2. Mise en œuvre des décisions des COP (Conférence des Parties) au Bénin

Du 15 au 17 novembre 2011, un atelier national sur participation du Bénin à la COP17 de Durban a été organisé avec l'appui financier du PNUD Cotonou - Restitution des travaux de la COP17 par le MEHU (Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme) en collaboration avec le PNUD le 22 décembre 2011 à l'Hôtel du Port de Cotonou.

Quatorze Communications ont été présentées et une dizaine de recommandations ont été formulées en vue de la mise en œuvre des décisions de la COP17.

Différents programmes découlent des négociations sur le climat. Ils sont présentés dans le tableau 7 ci-après.

Tableau 7: Les différents programmes d'appui découlant des négociations sur le climat

Titre	Objectifs
Projet pilote de renforcement des ressources humaines, de l'apprentissage et du développement des compétences (UNITAR)	Créer une base solide de ressources humaines en vue d'une meilleure mise en œuvre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CNUCC)
Renforcement des capacités en matière d'observation du climat dans le Mono-Couffo (DGEau, DNM)	Renforcer le système d'observation aux fins d'une meilleure surveillance du climat et de sa variabilité dans le Mono-Couffo
Renforcement des capacités en matière d'observation océanographique (CBRST, IRD)	Renforcer le système d'observation océanographique aux fins d'une meilleure compréhension de la variabilité climatique et de la formation en océanographie physique
Projet de développement des capacités sur les impacts et stratégies d'adaptation aux CC au niveau de l'enseignement secondaire au Bénin (PNUD-PNUE, MEHU, GARDIEN ONG)	Répondre aux besoins de renforcement de capacités des enseignants et élèves dans le cadre de l'éducation relative aux impacts et stratégies d'adaptation aux changements climatiques en milieu scolaire
Projet de Protection de la Communauté Urbaine de Grand Cotonou face aux CC (PCUG3C) (CRDI, DFID, CREDEL ONG)	Renforcer la capacité d'adaptation des populations de la communauté urbaine de Cotonou aux inondations
Projet de renforcement des connaissances économiques et de la capacité d'adaptation face aux CC au Bénin - PRECAB (CRDI, IDID ONG)	Renforcer/approfondir les recherches socio-économiques sur les options d'adaptation identifiées dans les champs-écoles paysans

3.3. Projets en perspective au Bénin

Tableau 8 : Trois grands projets ont été financés au plan national

Titre	Objectifs
Gestion durable des forêts naturelles et développement des plantations forestières pour renforcer les puits de carbone (NAMA, soumis à la KfW)	Développer des systèmes de gestion durable des forêts galeries en vue de réhabiliter et de gérer de façon durable les écosystèmes forestiers et de renforcer les puits de carbone du Bénin
Projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre dues au transport urbain collectif dans le grand Cotonou	Réduire sensiblement les émissions de gaz à effet de serre liées au transport
Renforcement Technique de la décharge contrôlée de Porto-Novo en vue de la récupération du méthane pour sa transformation en électricité	Contribuer à l'atténuation des émissions des gaz à effet de serre

Références

Amoussou E. (2010). Variabilité pluviométrique et dynamique hydrosédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Dijon.

Barthel, R., Sonneveld, B. G. J. S., Götzinger, J., Keyzer, M. a., Pande, S., Printz, a., & Gaiser, T. (2009). Integrated assessment of groundwater resources in the Ouémé basin, Benin, West Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 34(4-5), 236-250.

Besancenot JP., Boko M., Oke PC. (1997). Weather conditions and cerebrospinal meningitis in Benin (Gulf of Guinea, West Africa). *Eur J Epidemiol* 13: 807-815.

Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., Osman-Elasha, B., et al. (2007). *Africa. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Etude sur la « La qualité de l'air au Bénin » réalisée pour la Banque Mondiale. Disponible à l'adresse : http://www.unep.org/urban_environment/PDFs/BAQ09_marcos.pdf

Deressa, T. T., Hassan, R. M., Ringler, C., Alemu, T., & Yesuf, M. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19(2), 248-255.

Gruber, I., Kloos, J., & Schopp, M. (2009). Seasonal water demand in Benin's agriculture. *Journal of environmental management*, 90(1), 196-205.

Hewawasam, I., (2002). Managing the marine and coastal environment of sub-Saharan Africa: strategic directions for sustainable development. World Bank, Washington.

Houndénou C. (1999) : Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de géographie. UMR 5080, CNRS «climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon.

Houndénou C., Hernandez K. (1998) : Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990). Un exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin (Afrique occidentale). Cahiers Sécheresse, Volume 9, Numéro 1, pp 23-34.

Houndénou C. (1992) : Variabilité pluviométrique et conséquences socio-écologiques dans les plateaux du bas-Bénin (Afrique de l'Ouest). Mémoire de DEA «climats et contraintes climatiques », URA 909, CNRS, Université de Bourgogne, Dijon, 2 tomes, tome 1, texte (90p.), tome 2, figures et tableaux.

IMPETUS, (2005). Benin Atlas-Research results version 0.7. IMPETUS, Remote Sensing Research, Group, University of Bonn.

IPCC-SYR (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Johnston F., Henderson S., Chen Y., Randerson J.T., Marlier M., DeFries R.S., Kinney P., Bowman D., Brauer M., (2012). Estimated Global Mortality Attributable to Smoke from Landscape Fires, *Environmental Health Perspectives*.

Klein, R.J.T., R.J. Nicholls and F. Thomalla, (2002). The resilience of coastal megacities to weather-related hazards in Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk. The World Bank Disaster Management Facility, Washington, District of Columbia, 101-120.

Lamb P. (1983) : Sub-Saharan rainfall update for 1982 : continued drought. *Journal of Climatology*, n°3, pp 419-422.

Lorenzoni, I., Pidgeon, N. F. (2006). Public views on Climate Change : European and USA perspectives. *Climatic Change*, (77), 73-95.

Maddison, D. (2007). The Perception of and Adaptation to Climate Change in Africa. World Bank Working Paper 4308.

Mortimore, M. J., & Adams, W. M. (2001). Farmer adaptation, change and "crisis" in the Sahel. *Global Environmental Change*, 11(1), 49-57.

Paeth, H., Capo-Chichi, A., & Endlicher, W. (2008). Climate change and food security in tropical West Africa – a dynamic-statistical modeling approach. *Erdkunde*, 62(2), 101-115.

Programme Alimentaire Mondial, (2009). *Analyse Globale de la Vulnérabilité, de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition au Bénin (AGVSAN)*.

Rahmstorf, S. (2010). A new view on sea level rise. *Nature Reports Climate Change*, 4, 44-45.

Reid, P., & Vogel, C. (2006). Living and responding to multiple stressors in South Africa—Glimpses from KwaZulu-Natal. *Global Environmental Change*, 16(2), 195-206.

Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African

crop yields: What does the recent literature say? *Global Environmental Change*, 21(3), 1073-1083.

Sultan, B., Labadi, K., Guégan, J.-F., & Janicot, S. (2005). Climate drives the meningitis epidemics onset in west Africa. *PLoS medicine*, 2(1).

Teka, O., & Vogt, J. (2010). Social perception of natural risks by local residents in developing countries—The example of the coastal area of Benin. *The Social Science Journal*, 47(1), 215-224.

Tubiana, L., Gemenne, F., & Magnan, A. (2010). *Anticiper pour s'adapter. Le nouvel enjeu du changement climatique*. Pearson Education France, Ed.

Totin V.S. Henri (2010). Sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : stratégies de gestion durable. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi.

Vissin E.W., (2007). Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon.

Vissin E.W., Boko M., Pérard J., Houndénou C., (2003). Recherche de ruptures dans les séries pluviométriques et hydrologiques du bassin béninois du fleuve Niger (Bénin, Afrique de l'Ouest). Publication de l'AIC, Besançon. 15, 368-376.

Wildlife Conservation Society. Deadly Dozen' Reports Diseases Worsened by Climate Change. Science Daily, 7 oct 2008.

Wigley T. M. L., Hulme M., Barrow E., Raper S. et Cantella A. (2008). The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator. Version 2.4, technical manual. Climatic Research Unit, UEA, Norwich, UK.

Yabi, I., & Afouda, F. (2011). Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International*, 1-5.