



1634 Eye Street NW, SUITE 300, Washin6 USA

TEL. (202) 383 6200 - FAX. (202) 383 6209

WEB SITE: WWW.MILLENNIUM-INSTITUTE.ORG

**Planification compréhensive de développement national
en utilisant le modèle 'Threshold 21' (T21)**

Élaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso

**Analyse de vulnérabilité multisectorielle en vue de la
formulation d'une stratégie nationale d'Adaptation
aux Changements Climatiques à moyen et à long
terme à l'horizon de 2025 et 2050 du Burkina Faso**

Rapport final

Décembre 2012



MAITRE D'OUVRAGE : Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux Changements Climatiques du SP/CONEDD

FINANCEMENT : Coopération japonaise (PANA JAPON)

AGENCE D'EXÉCUTION : Programme des Nations Unies pour le développement, PNUD

PRESTATAIRE :

Millennium Institute

1634 Eye Street NW, SUITE 300, Washington, DC 20006 USA

TEL. (202) 383 6200 - FAX. (202) 383 6209 - WEB SITE: WWW.MILLENNIUM-INSTITUTE.ORG

PRÉPARÉ PAR: Gunda Züllich, Dr. Birgit Kopainsky, Dr. Matteo Pedercini, l'équipe de modélisation du MI et l'équipe restreinte de T21-Burkina Faso pour PAA

Table des Matières

Table des Matières.....	i
Liste de figures.....	iii
Liste de tableaux.....	v
Liste des abréviations	vi
Sommaire exécutif.....	viii
1 Introduction.....	1
1.1 Adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso	2
1.2 Objectives	2
2 Conditions du climat au Burkina Faso.....	5
2.1 Température	7
2.2 Pluviométrie.....	9
2.3 Événements extrêmes.....	12
2.4 Répartition des zones climatiques	12
3 Analyse multisectorielle de vulnérabilité aux changements climatiques.....	14
3.1 Agriculture	14
3.2 Élevage.....	14
3.3 Santé	15
3.4 Énergie	16
3.5 Environnement	17
3.6 Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles.....	17
4 Le modèle T21-Burkina Faso	18
4.1 Le modèle T21-Burkina Faso	18
4.2 Changements climatiques dans le modèle T21-Burkina Faso	21
4.3 Politiques d'adaptation dans le modèle T21-Burkina Faso	26
Agriculture	27
Élevage	28
Énergie	29
Santé	29
Environnement	30
Habitat humain / Infrastructure / Catastrophes naturelles.....	31
4.4 Données	31

5	Impact multisectoriel des changements climatiques	33
5.1	Impact général	33
5.2	Impact multisectoriel	36
	Agriculture et élevage.....	36
	Santé	38
	Énergie	38
	Environnement	40
	Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles	41
6	Coûts d'adaptation	43
6.1	Coûts d'adaptation.....	43
6.2	Effets des politiques d'adaptation sur les secteurs individuels	46
	Agriculture et élevage.....	46
	Santé	48
	Énergie	49
	Environnement	52
	Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles	53
7	Implications pour la formulation d'une stratégie nationale d'adaptation et pour le processus de planification	55
8	Références	59
	Annexes	62
	Annexe 1 : Étapes du projet pour élaborer cette étude.....	62
	Annexe 2 : Acteurs nationaux considérés par cette étude.....	63
	Annexe 3 : Coût unitaire des mesures d'adaptation	65
	Annexe 4: Investissements additionnels d'adaptation par an et secteur	67
	Annexe 5: Dépenses publiques par an et secteur	69

Liste de figures

Figure 1: Stations représentatives des zones climatiques du Burkina Faso	5
Figure 2: Moyennes des multi-modèles et fourchettes estimées du réchauffement en surface selon des scénarii du GIEC (GIEC 2007)	6
Figure 3: Tendances climatiques – la moyenne de la température maximale 1990 – 2010	8
Figure 4: Projections climatiques – la moyenne des températures maximales	8
Figure 5: Tendances climatiques – pluies annuelles 1990 – 2010	9
Figure 6: Projections climatiques – précipitation annuelle	10
Figure 7: Tendances climatiques – jours de pluie 1990 – 2010	11
Figure 8: Projections climatiques – jours de pluie	11
Figure 9: Tendances climatiques – pertes agricoles en US \$ réels causées par les inondations 1990 – 2010	12
Figure 10: Migration des isohyètes.....	13
Figure 11: Tendances climatiques – répartition des zones climatiques 1990 – 2010.....	13
Figure 12: Structure du modèle T21-Burkina Faso de manière schématique	19
Figure 13: Données utilisées pour les variables des changements climatiques – exemple : Précipitation annuelle pour les trois zones climatiques (scénarii médian B1 et sans changements climatiques)	22
Figure 14: Comparaison entre la précipitation annuelle et la précipitation en juillet, août et septembre (JAS) pour deux scénarii de changements climatiques	23
Figure 15: Indicateurs et effets principaux des changements climatiques.....	24
Figure 16: Méthodologie pour définir les scénarii.....	25
Figure 17: Proportion de la superficie par zone climatique 1990-2050 – Données historiques et hypothèse pour le futur.....	26
Figure 18: Effets principaux des politiques d’adaptation	27
Figure 19: Impact des changements climatiques sur le développement économique (PIB en termes réels).....	34
Figure 20: Indexe de stress hydrique dans les six scénarii.....	35
Figure 21: Diagramme des quelques boucles de rétroaction clés avec changements climatiques	36
Figure 22: Impact des changements climatiques sur l’agriculture et l’élevage	37
Figure 23: Impact des changements climatiques sur le secteur de la santé.....	38
Figure 24: Effets des changements climatiques sur la demande d’électricité et l’émission des gaz à	

effet de serre	39
Figure 25: Effets des changements climatiques sur la consommation des combustibles traditionnels	39
Figure 26: Effets des changements climatiques sur les forêts.....	40
Figure 27: Effets des changements climatiques sur les ressources en eau	41
Figure 28: Effets des changements climatiques sur les pertes agricoles causées par les inondations	41
Figure 29: Effets des changements climatiques sur l'infrastructure	42
Figure 30: Coûts d'adaptation en fonction du point de départ (année en laquelle les investissements d'adaptation sont mis en œuvre)	44
Figure 31: PIB relatif (PIB des scénarios avec changements climatiques et mesures d'adaptation avec les débuts différents relatif au PIB sans changements climatiques)	45
Figure 32: Diagramme des quelques boucles de rétroaction clés avec changements climatiques et adaptation	46
Figure 33: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de l'agriculture	47
Figure 34: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de l'élevage.....	48
Figure 35: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de la santé	49
Figure 36: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de l'énergie.....	50
Figure 37: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur des forêts.....	52
Figure 38: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur des ressources en eau	53
Figure 39: Effets des mesures d'adaptation combinées sur le secteur de l'habitat humain / infrastructures / catastrophes naturelles	53
Figure 40: Sommaire des impacts des changements climatiques et des coûts d'adaptation	56

Liste de tableaux

Tableau 1: Modules, secteurs et sphères du modèle T21-Burkina Faso	21
Tableau 2: Aperçu sur les scénarii et les tendances dans les indicateurs clés qui décrivent les scénarii en 2050 (tendances nationales ; différenciation par zone climatique décrite dans le chapitre 2)	25
Tableau 3: Sommaire des politiques d'adaptations dans le modèle T21 Burkina Faso	26
Tableau 4: Mesures technologiques d'adaptation en agriculture	27
Tableau 5: Sommaire des impacts intersectoriels des changements climatiques (pourcentages 2050 par rapport au scénario de base sans changements climatiques).....	36
Tableau 6: Coûts et bénéfices de l'adaptation	44
Tableau 7: Coûts de l'adaptation dépendant de début de l'investissement	45

Liste des abréviations

BDOT – Base de Données de l’occupation des terres

CONASUR du MASSN – Conseil National de Secours d'Urgence et de Réhabilitation du Ministère de l'action sociale et de la solidarité nationale

DCIME – Division du Développement des Compétences, de l’Information et du Monitoring en Environnement au SP/CONEDD

DEP - Direction des études et de la planification

DGMET – Direction Générale de la Météorologique du Burkina Faso

DGPER – Direction générale de la promotion de l'économie rurale

DGPSE – Direction générale de la prévision et des statistiques de l'élevage

DPSAA – Direction de la prospective et des statistiques agricoles et alimentaires

FAO – Organisation des Nations Unies pour l’Agriculture et l’Alimentation

FEM – Fonds pour l'Environnement Mondial

GCM – Modèle Climatique Mondial

GES – Gaz à effet de serre

GIEC – Groupe Intergouvernemental sur l’Évolution du Climat

IGB – Institut Géographique du Burkina Faso

IGNFI – Institut Géographique National France International

INERA - Institut de l’Environnement et de Recherches Agricoles

INSD – Institut National de la Statistique et de la Démographie

LAME – Laboratoire d’Analyse Mathématique des Équations, Université de Ouagadougou

MCR – Modèle du Climat Régional

MECV – Ministère de l'environnement et du cadre de vie

MEDD – Ministère de l’Environnement et du Développement Durable

MI – Millennium Institute

MMCE – Ministère des Mines des Carrières et de l’Énergie

MRA - Ministère des Ressources Animales

OMD – Objectifs du Millénaire pour le Développement

PAA – Programme d’Adaptation de l’Afrique

PANA – Programme d’Action National d’Adaptation

PIB – Programme d’Adaptation de l’Afrique

PNA – Programme National d’Adaptation

PNUD – Programme des Nations Unies pour le développement

SP/CONEDD – Secrétariat Permanent du Conseil National pour l’Environnement et le Développement Durable

T21 – Threshold 21

UFR-SEA – L’Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées à l’Université de Ouagadougou

US\$01 – US\$ en termes réels avec l'année de base de 2001

Sommaire exécutif

Les changements climatiques recourent de nombreux secteurs différents et affectent les gens de différentes façons. Ils constituent une menace planétaire et exigent une réponse mondiale de toute urgence. L’Afrique en général et le Burkina Faso en spécifique est une des régions les plus vulnérables aux effets des changements climatiques, du à la fragilité de ses écosystèmes ainsi qu’à sa situation socio-économique et politique.

L’impact multisectoriel actuel et futur des changements climatiques n’est pas encore bien compris. L’objectif de cette étude est de contribuer à la formulation d’une stratégie nationale d’Adaptation aux Changements Climatiques à moyen et à long terme à l’horizon de 2025 et 2050 du Burkina Faso. Cette étude devrait aussi renforcer les capacités nationales pour une planification à long terme de l’adaptation aux changements climatiques. L’outil clé d’achever cet objectif est le modèle T21 (Threshold 21) qui est un modèle de simulation dynamique. Le modèle T21 permet de calculer les impacts multisectoriels des changements climatiques et d’estimer les coûts d’adaptation.

Ce rapport est le résultat d’une collaboration étroite entre l’équipe du Millennium Institute (MI) et des acteurs nationaux qui ont reçu des formations sur la conduite, l’évaluation et l’interprétation de l’analyse dynamique, collecté les données nécessaires pour l’analyse et qui ont contribué de manière significative à ce rapport. Au cours du projet, cette équipe d’acteurs locaux s’est formée en l’utilisation efficace et durable du modèle T21 Burkina Faso pour l’analyse et la prise de décision de politiques, pour leur évaluation et pour d’autres besoins de planification.

Car il y a des incertitudes considérables en ce qui concerne la direction et la dimension des changements climatiques, cette étude travaillait avec deux principaux scénarii : un scénario intermédiaire et un scénario pire des cas.

Par rapport aux impacts des changements climatiques, nos analyses ont montré que l’impact est à la fois multisectoriel et grave. Il est multisectoriel parce que les effets directs des changements climatiques, soit les changements de la pluviométrie, l’augmentation des températures et des catastrophes naturelles, ont des effets multiples qui passent par des chaînes causales à travers les secteurs économiques, sociaux et environnementaux. L’impact des changements climatiques est grave car les changements climatiques causent des pertes considérables, soit des pertes économiques comme les réductions au PIB, soit des pertes sociales comme l’augmentation des maladies et la réduction dans la provision des services sociaux (éducation, santé), soit des pertes environnementales comme la réduction des forêts ou la dégradation de la terre. Selon les scénarii, les impacts généraux des changements climatiques sont:

- Une réduction de la performance économique tel que le PIB en 2050 est entre 5% et 12% plus bas de ce qu’il pourrait être sans changements climatiques. Cette réduction de la performance économique dans les scénarii avec changements climatiques par rapport au scénario sans changements climatiques résulte aussi dans un taux de pauvreté de 12% à 32% plus élevé dans les scénarii avec changements climatiques par rapport au scénario sans changements climatiques.
- Une perte accumulée des PIB entre 2012 et 2050 entre environ 28 et 55 milliards US\$01 dans les scénarii avec changements climatiques par rapport au scénario sans changements

climatiques. C'est la somme de la différence du PIB entre le scénario avec et sans changements climatiques de toutes les années de 2012 jusqu'à 2050.

Les analyses avec le T21-Burkina Faso ont aussi montré que pour une compensation des effets des changements climatiques (ça veut dire, pour compenser la perte en PIB des scénarii avec changements climatiques par rapport au scénario sans changements climatiques), le Burkina Faso a besoin d'être 0,6% jusqu'à 1,5% du PIB annuel d'investissements additionnels. Les coûts accumulés de tel investissement de 2014 jusqu'à 2050 sont entre environ 5 et 10 milliards US\$01. Si la mise en œuvre des stratégies d'adaptation est retardée, ces coûts augmentent de manière non-linéaire. Ça veut dire que la somme des investissements qui sont nécessaires pour compenser la perte en PIB par rapport au scénario sans changements climatiques est environ 20% plus élevée si les investissements commencent en 2020 que si ils commencent en 2014 ; environ 35% plus élevée avec le début en 2025 ; et entre 50% et 70% plus élevée si on commence en 2030. Les investissements de l'adaptation se repartent avec les priorités suivantes: 1) Agriculture ; 2) Énergie ; 3) Élevage – environnement – infrastructure / habitat humain / catastrophes naturelles ; 4) Santé.

La somme de l'investissement pour l'adaptation par rapport à la somme des pertes en PIB sans adaptation est assez petite, soit, à environ 16% de la somme des pertes en PIB si la réalisation de l'investissement commence en 2014. Ça veut dire que même si les coûts de l'adaptation sont considérables, ils ont néanmoins des bénéfices (les pertes qui sont évitées) encore beaucoup plus considérables.

Tous nos résultats illustrent qu'une stratégie efficace d'adaptation doit résulter d'une collaboration multisectorielle car ce ne sont pas seulement les impacts des changements climatiques qui passent par des chaînes causales à travers les différents secteurs mais aussi les politiques. C'est seulement une collaboration multisectorielle qui permet une gestion des changements climatiques intégrée, cohérente et coordonnée. Une collaboration multisectorielle permettra aussi de formuler une stratégie d'adaptation aux changements climatiques qui est en cohérence avec les politiques sectorielles et avec des stratégies de développement à moyen et long terme.

1 Introduction

Les changements climatiques recoupent de nombreux secteurs différents et affectent les gens de différentes façons. Ils constituent une menace planétaire et exigent une réponse mondiale de toute urgence. L'Afrique est une des régions les plus vulnérables aux effets des changements climatiques, du à la fragilité de ses écosystèmes ainsi qu'à sa situation socio-économique et politique.

Depuis la grande sécheresse de 1973, le Burkina Faso a constamment été frappé par des inondations, des sécheresses cycliques qui mettent en mal l'économie et faussent toutes les prévisions budgétaires. Les conséquences de cette situation se résument à la famine, à la dégradation continue des sols, à la pénurie d'énergie, aux maladies, et à un appauvrissement croissant des couches vulnérables. La variabilité du climat a aussi des coûts économiques importants au Burkina Faso.

L'impact multisectoriel actuel et futur des changements climatiques n'est pas encore bien compris. Ce qui est connu est que les impacts de la variabilité climatique seront trans-sectoriels. Ils affecteront donc le développement socio-économique et environnemental du Burkina Faso. Comme c'est le cas dans de nombreux pays en développement, le Burkina Faso est confronté à un défi supplémentaire d'augmenter la résilience au climat de ses populations vulnérables tout en ayant pour répondre aux besoins urgents de développement. L'adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso est devenue une nécessité et elle est aujourd'hui synonyme de développement de base. Les stratégies de développement qui ne sont pas conscients des risques et opportunités liés aux changements climatiques ne peuvent plus être poursuivis. Par conséquent, il est essentiel d'assurer l'intégration effective des efforts d'adaptation dans les politiques sectorielles et les plans nationaux de développement.

Il y a de nombreuses raisons pour améliorer l'adaptation d'un pays comme le Burkina Faso aux changements climatiques (Burton 1996). Les changements climatiques ne peuvent pas être totalement évités ; l'adaptation anticipée est moins coûteuse que des adaptations forcées après que les impacts sont réalisés ; des événements inattendus sont possibles étant donné que les changements climatiques peuvent être plus rapide que prévus, ; des avantages immédiats de l'adaptation aux phénomènes extrêmes et à la variabilité du climat sont possibles ; on peut avoir des gains substantiels de supprimer les politiques inadaptés et d'autres pratiques qui accroissent la vulnérabilité ; et finalement, il faut saisir les opportunités que les changements climatiques apporteront .

En abordant les questions pertinentes liées aux impacts des changements climatiques, la planification de l'adaptation constitue un levier important pour renforcer les capacités locales et pour concevoir des cadres institutionnels appropriés pour faire face aux changements climatiques. Bien que les changements climatiques posent des défis importants pour le développement, ils offrent également des possibilités sans précédent pour aligner le développement humain et les efforts de gestion des changements climatiques par la promotion des activités d'atténuation et d'adaptation qui ne ralentissent pas, mais plutôt accélèrent le développement socio-économique. Une gestion efficace des changements climatiques exigera plusieurs conditions favorables, y compris, entre autres: (i) une compréhension approfondie des impacts actuels et futurs de la variabilité des changements climatiques, (ii) une combinaison coordonnée des instruments de politique et financiers, (iii) l'intégration des changements climatiques dans les stratégies et plans, (iii) le renforcement des capacités aux niveaux centralisés et décentralisés pour la formulation et la mise en œuvre de mesures d'adaptation, (iv) la conception des institutions qui peuvent répondre efficacement (en de manière coordonnée) aux nouveaux défis et opportunités des changements climatiques.

1.1 Adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso

Le Gouvernement du Burkina Faso, avec l'appui du PNUD en tant qu'agence d'exécution du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), a formulé en 2005 son Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) à la variabilité et aux Changements Climatiques. En novembre 2007, le PANA a été adopté au niveau national. Par la suite, et sous le leadership du SP/CONEDD, trois projets d'adaptation ont été élaborés et sont en cours d'exécution depuis 2009. Il s'agit des projets suivants :

- Renforcement des capacités pour la réduction de la vulnérabilité et pour l'adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso ;
- Adaptation aux changements climatiques en vue de l'amélioration de la sécurité humaine du Burkina Faso;
- Renforcement des capacités pour une meilleure prise en compte des préoccupations liées aux adaptations aux changements climatiques lors de la préparation et de la mise en œuvre, des plans, programmes et projets de développement.

Ces trois projets du PANA couvrant la période 2009 - 2012 sont en cours d'exécution par l'Unité de Coordination Nationale des projets du PANA sous la supervision du SP/CONEDD et du MEDD. L'un de ces projets, financé par le Gouvernement du Japon, vise à mettre en place des mécanismes dynamiques de planification à long terme pour gérer les incertitudes inhérentes aux changements climatiques.

Pour ce faire, des partenariats ont été signés avec les trois institutions suivantes dans un cadre de recherches conjointes

- Le Laboratoire d'Analyse Mathématique des Équations (LAME) de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées (UFR-SEA) à l'Université de Ouagadougou ;
- La Direction Générale de la Météorologie du Burkina Faso (DGMET) ;
- Division du Développement des Compétences, de l'Information et du Monitoring de l'Environnement au SP/CONEDD (DCIME).

Dans le cadre de ce partenariat, ces trois institutions collaborent afin de fournir des résultats sur les analyses des tendances climatiques actuelles, les scénarii climatiques ainsi que les analyses de la vulnérabilité de plusieurs secteurs concernés par les changements climatiques. Ces éléments de base serviront à formuler une stratégie à long terme pour l'adaptation aux Changements Climatiques, intitulé PANA Programmatique multisectoriels à l'horizon de 2025 et 2050.

1.2 Objectives

«L'Analyse de vulnérabilité multisectorielle pour la formulation d'une stratégie nationale d'Adaptation aux Changements Climatiques à moyen et à long terme à l'horizon de 2025 et 2050 du Burkina Faso» entrepris dans le cadre du projet PANA/Japon vise une analyse globale en intégrant les éléments de base fournis par les trois institutions partenaires du PANA et en utilisant la modélisation dynamique et le modèle T21 (Threshold 21). Cette analyse servira à formuler une stratégie à long terme pour l'adaptation aux Changements Climatiques et offrira les réponses d'adaptation multisectorielles. Cette étude devrait aussi renforcer les capacités nationales pour une planification à long terme de l'adaptation aux changements climatiques.

Le T21 est un outil dynamique, quantitatif, et transparent pour comprendre et analyser les impacts multisectoriels des changements climatiques, et peut faciliter le développement des politiques d'adaptation et d'atténuation qui sont intégrées à la politique de développement national de base, en particulier la stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques à moyen et long terme aux horizons de 2025 et 2050 du Burkina Faso. Le modèle est un modèle de dynamique des systèmes pour la planification intégrée comme il intègre les aspects économiques, sociaux et environnementaux du développement dans un cadre unique, et représente les mécanismes du développement dans les pays en voie de développement.

L'objectif global de «L'Analyse de vulnérabilité multisectorielle pour la formulation d'une stratégie nationale d'Adaptation aux Changements Climatiques à moyen et à long terme à l'horizon de 2025 et 2050 du Burkina Faso» est de contribuer à formuler une stratégie nationale d'Adaptation aux Changements Climatiques à moyen et à long terme à l'horizon de 2025 et 2050 du Burkina Faso. Pour atteindre cet objectif global, les objectifs spécifiques suivants sont visés :

- Organiser des formations ciblées des acteurs nationaux sur la conduite de l'analyse dynamique avec T21 ;
- Assurer la phase de collecte de données en appuyant les acteurs nationaux dans la collecte de données et guider/orienter les bases de données à constituer ;
- Conduire l'analyse dynamique multisectorielle en intégrant les paramètres climatiques dans tous les secteurs concernés par l'étude ;
- Simuler les projections 'avec adaptation' et 'sans adaptation' et évaluer les coûts d'adaptation de tous les secteurs concernés ;
- Renforcer les capacités des acteurs nationaux à conduire, analyser, interpréter les résultats de T21 pour la formulation d'une stratégie à moyen et à long terme d'adaptation.

Dans un processus participatif et itératif, on a atteint ces objectifs. Un sommaire des étapes de ce processus est donné dans l'annexe 1. Ce rapport décrit les résultats de ce processus participatif, l'analyse dynamique multisectorielle, les projections avec et sans adaptation, les coûts d'adaptation et les recommandations pour la formulation d'une stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques à l'horizon de 2025 et 2050 du Burkina Faso. Donc, ce rapport est le résultat d'une collaboration étroite entre l'équipe du Millennium Institute et des acteurs nationaux qui ont reçu des formations sur la conduite, l'évaluation et l'interprétation de l'analyse dynamique, collecté les données nécessaires pour l'analyse et qui ont contribué de manière significative à ce rapport. Au cours du projet, cette équipe d'acteurs locaux s'est formée en l'utilisation efficace et durable du modèle T21 Burkina Faso pour l'analyse et la prise de décision de politiques, pour leur évaluation et pour d'autres besoins de planification.

Le chapitre suivant donne une vue d'ensemble sur les conditions climatiques au Burkina Faso. Ce chapitre constitue un sommaire des tendances climatiques détaillées élaborées par l'Équipe LAME (LAME 2012 - trends) et des projections Climatiques (LAME 2012 - projections). Le chapitre 3 décrit la vulnérabilité de chaque secteur clé aux changements climatiques. Les descriptions sont un sommaire des rapports détaillés élaborés par les partenaires du projet PANA programmatique (LAME 2012 - l'agriculture; LAME 2012 - élevage; LAME 2012 - énergie; LAME 2012 - environnement; LAME 2012 - énergie; LAME 2012 - infrastructures; LAME 2012 - catastrophes). Le chapitre 4 donne un aperçu de la méthodologie de la présente analyse, décrivant le modèle en général et l'intégration des effets des changements climatiques et des mesures d'adaptation en particulier. Le chapitre 5 présente les résultats

de l'analyse concernant l'impact des changements climatiques, d'abord d'un point de vue général, et après en analysant l'impact sur chaque secteur. Le chapitre 6 décrit les résultats de l'analyse en ce qui concerne les coûts de l'adaptation, en montrant d'abord l'impact des mesures d'adaptation d'une perspective générale et par la suite en illustrant les effets des politiques d'adaptation sur les secteurs individuels. Enfin, le chapitre 7 résume les implications de la présente étude pour la formulation d'une stratégie nationale d'adaptation et pour le processus de planification.

2 Conditions du climat au Burkina Faso

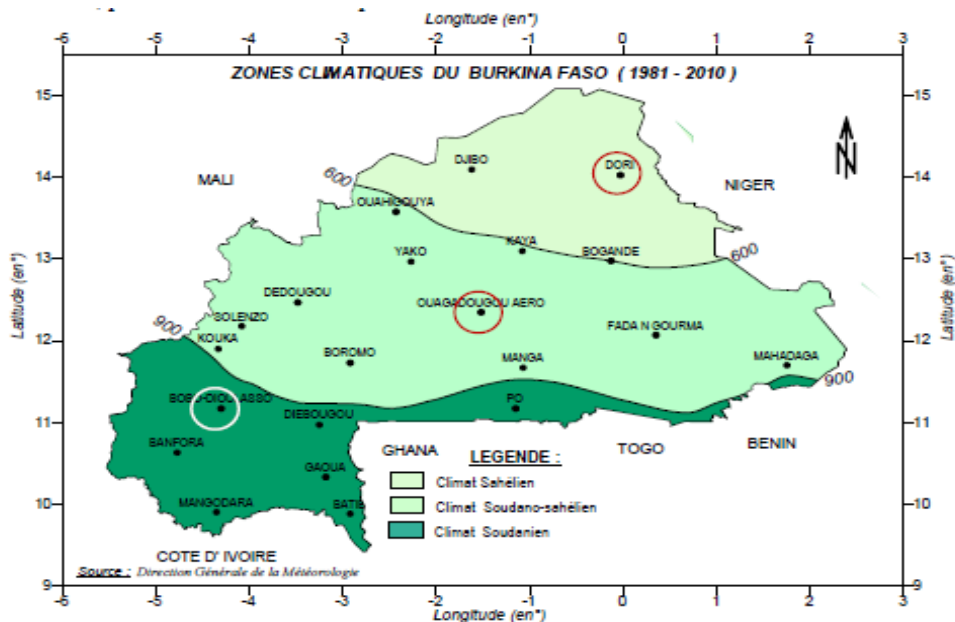
Au Burkina Faso, on distingue traditionnellement trois zones climatiques: la zone sahélienne au nord avec une pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 600 mm, la zone soudano-sahélienne au centre avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 600 et 900 mm et la zone soudanienne au sud avec une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 900 mm, une saison des pluies de près de 6 mois. Ce chapitre donne un aperçu sur les conditions du climat au Burkina Faso dans ces trois zones climatiques, tant pour les tendances historiques que les projections au futur (où il y en a).

La pluviométrie et la température constituent les deux paramètres climatiques qui ont le plus grand impact climatique sur les ressources et les principaux secteurs d'activités du fait de leur tendance évolutive et surtout de leur variabilité inter annuelle et intra saisonnière. Ce chapitre constitue un sommaire des tendances climatiques détaillées élaborées par l'équipe LAME (LAME 2012 – tendances) et des projections climatiques (LAME 2012 – projections).

Les tendances climatiques montrées dans ce chapitre sont agrégées de la même manière que dans le modèle T21, ça veut dire, de 1990 à 2010 et en valeurs moyennes annuelles (par exemple, moyenne de la température maximale, précipitation annuelle). Les sources pour le calcul des tendances climatiques 1990 à 2010 étaient les suivantes : les indicateurs étaient élaboré par l'ETCCDI, les calculs des moyennes étaient fait en utilisant le Rclimdex¹, et les données journalières étaient acquises auprès de la Direction générale de la météorologie (DGM) par le projet PANA.

Pour les trois zones climatiques du Burkina Faso nous considérons trois stations synoptiques représentatives des trois zones climatiques : Dori pour la zone sahélienne, Ouagadougou pour la zone soudano-sahélienne et Bobo-Dioulasso pour la zone soudanienne (LAME 2012 – projections, Figure 1).

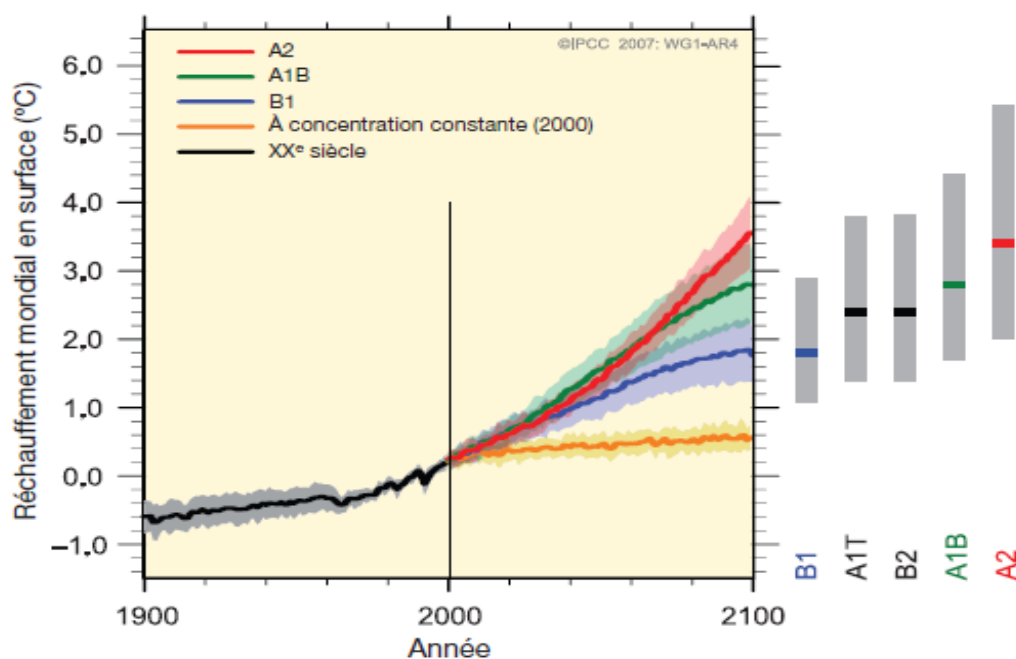
Figure 1: Stations représentatives des zones climatiques du Burkina Faso



¹ Le Rclimdex est développé par les services météorologiques du Canada et il est disponible sur le site <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCCDMI/>

Les projections des valeurs futures des indicateurs des changements climatiques varient de manière considérable selon les différents scénarii de changements climatiques (GIEC 2007). Ce chapitre montre les projections climatiques pour deux scénarii du Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC, IPCC). Les scénarii GIEC comportent les informations les plus récentes sur les émissions, la restructuration économique dans le monde entier, les différents rythmes et tendances de l'évolution technologique et l'éventail des différentes voies du développement économique possibles. La Figure 2 visualise les projections des différents scénarii de GIEC concernant la température au niveau mondial.

Figure 2: Moyennes des multi-modèles et fourchettes estimées du réchauffement en surface selon des scénarii du GIEC (GIEC 2007)



Parmi les quatre familles de scénarii élaborés du GIEC, les deux extrêmes suivants ont été choisis pour l'analyse Burkinabé.

- Le canevas et la famille de scénarii **A2** se caractérisent par : un monde très hétérogène, l'autosuffisance et la préservation des identités locales, l'accroissement continu de la population mondiale, l'orientation principalement régionale du développement économique, la croissance économique par habitant et l'évolution technologique plus fragmentées et plus lentes que dans les autres canevas. En somme, ce scénario part de l'hypothèse d'une augmentation continue d'émission des gaz à effet de serre.
- Le canevas et la famille de scénarii **B1** se caractérisent par : un monde convergent, une population mondiale atteignant un maximum au milieu du siècle puis déclinant (comme dans le canevas A1), un changement rapide vers une économie de services et d'information, l'introduction de technologies propres, une utilisation efficace des ressources, des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale, y compris une meilleure équité, et aucune initiative supplémentaire pour gérer le climat. En somme, ce scénario part de l'hypothèse d'une stabilisation d'émissions vers la fin du 21^e siècle.

Pour chaque scénario, les projections de dix différents modèles climatiques de l'Université de Cape Town pour les trois stations synoptiques représentatives des trois zones climatiques du Burkina Faso (Dori, Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, voir Figure 1) ont été utilisées.² De ces projections, on a formé la moyenne des valeurs suivantes :

- 10^{ème} centile
- Médiane
- 90^{ème} centile

Les chapitres suivants indiquent qu'on a dans toutes les zones une tendance à l'accroissement des températures et que cette tendance est projetée à continuer dans le futur. Concernant la pluviométrie la tendance n'est pas ainsi claire. Pour le passé, on peut constater une légère tendance à la hausse mais les projections pour le futur montrent des diverses tendances dépendant de la zone climatique, du scénario et de la moyenne en question. En analysant les valeur mensuelles on voit une tendance au maintien des précipitations mensuelles, voir de leur accroissement en fin de saison pluvieuse. Ceci indiquerait qu'il ne tomberait pas moins d'eau, qu'il s'agirait de leur répartition dans le temps et de l'occurrence des pluies extrêmes (LAME 2012 - projections). Au niveau national la moyenne pondérée indique une augmentation des précipitation annuelles dans les projections des 90^{ème} centile ; une tendance au maintien pour le médiane ; et une tendance à la baisse pour le 10^{ème} centile. Les mêmes observations s'appliquent aux jours du pluie. Ces observations sont en ligne avec les résultats du GIEC que pour la zone sahélienne à l'Afrique un réchauffement est très probable pendant que ce n'est pas encore claire comment la pluviométrie va évoluer (Christensen et al 2007).

2.1 Température

Les données climatiques historiques montrent une tendance vers la hausse des températures, surtout pour la zone soudanienne et soudano-sahélienne (Figure 3). Cette tendance est confirmée dans les projections climatiques qui donnent sur l'ensemble du territoire, une augmentation des températures (Figure 4).

² <http://www.csag.uct.ac.za>

Figure 3: Tendances climatiques – la moyenne de la température maximale 1990 – 2010

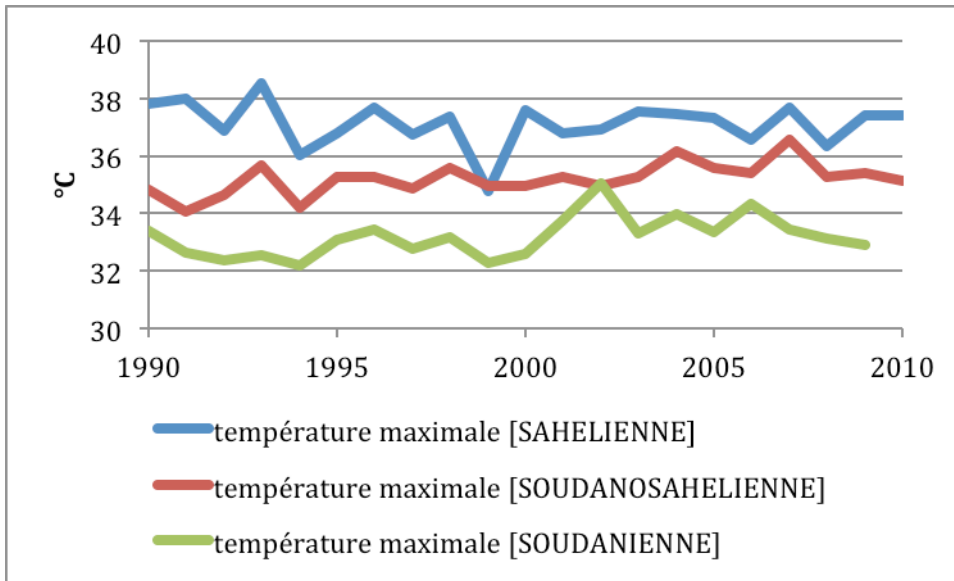
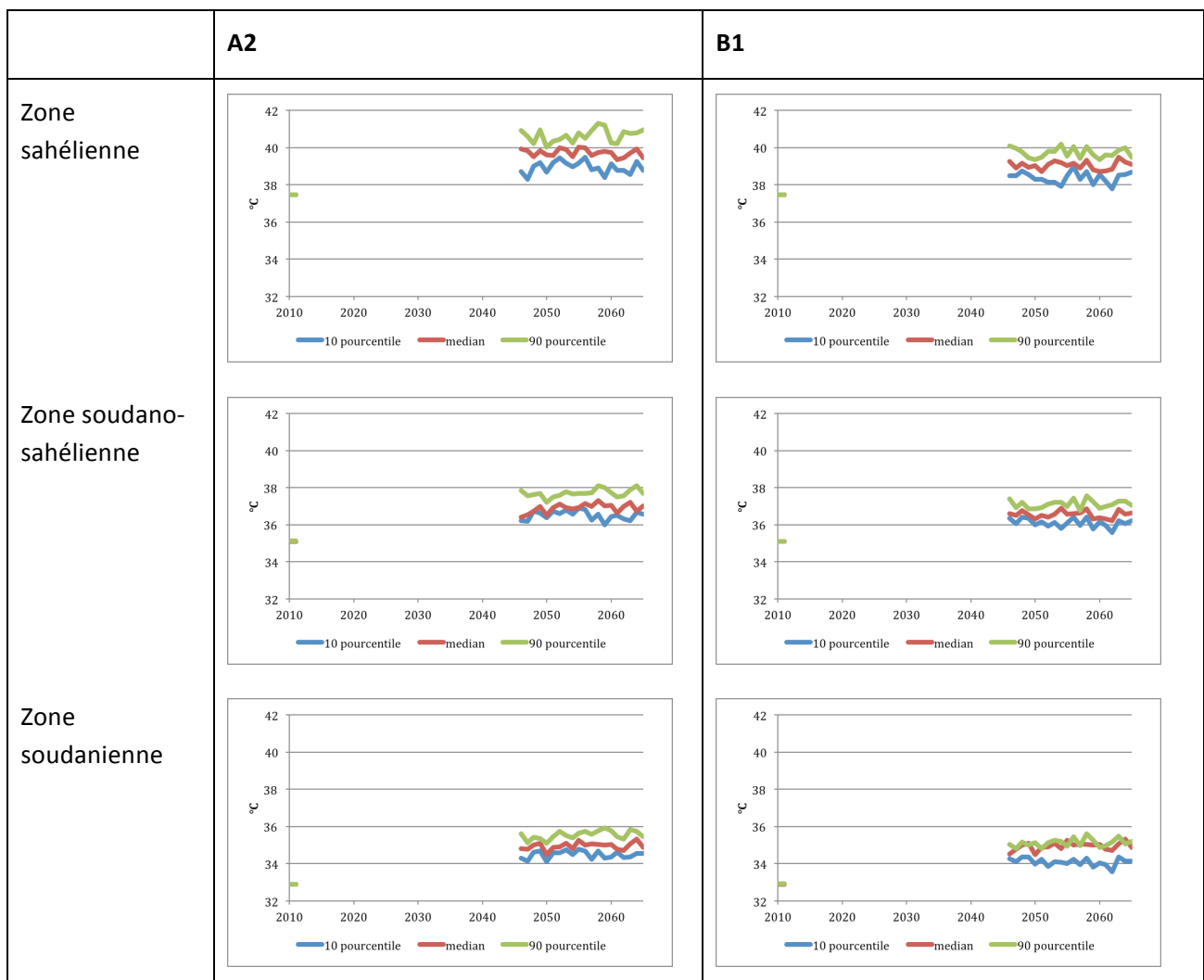
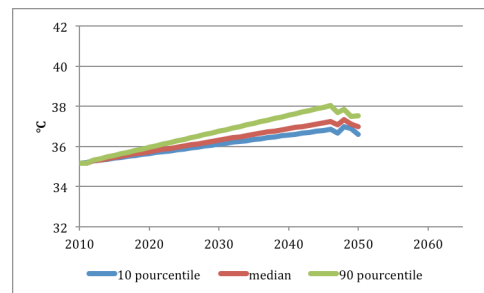
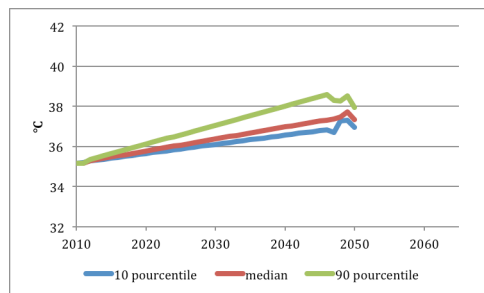


Figure 4: Projections climatiques – la moyenne des températures maximales



Moyenne pondérée nationale



2.2 Pluviométrie

La pluviométrie dans le passé est soumise à une forte variabilité spatiale et temporelle avec une légère tendance à la hausse (Figure 5) qui continue dans les projections climatiques pour la zone soudanienne et soudano-sahélienne dans les 90^{ème} centile et la médiane des projections. Pour la zone sahélienne et le 10^{ème} centile, les projections des différents modèles climatiques indiquent une tendance à la baisse (Figure 6). La moyenne pondérée au niveau national en prenant en compte la répartition des zones climatiques qui changent au fil du temps (voir section 2.4) indique une tendance à la hausse dans les projections des 90^{ème} centile ; une tendance au maintien pour la médiane ; et une tendance à la baisse pour le 10^{ème} centile.

Figure 5: Tendances climatiques – pluies annuelles 1990 – 2010

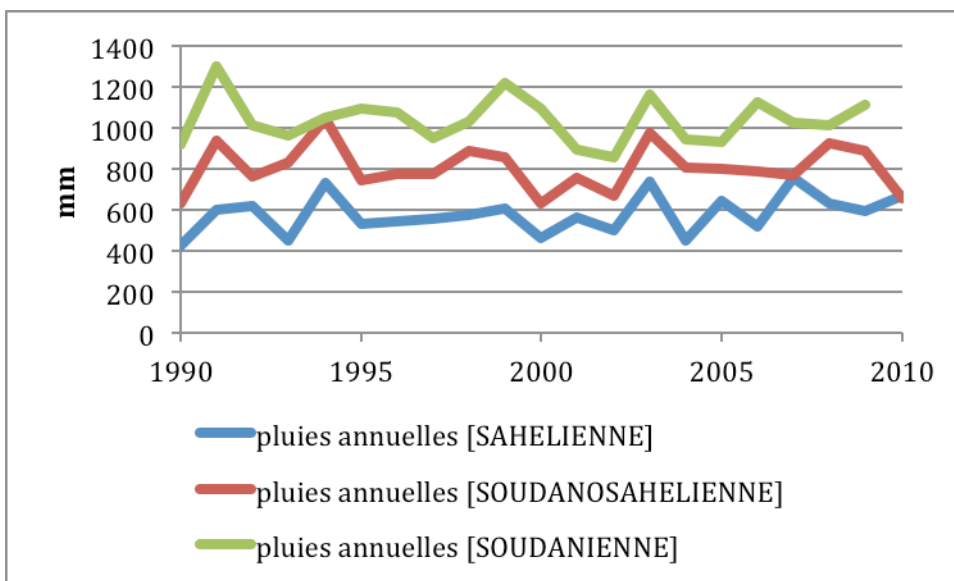
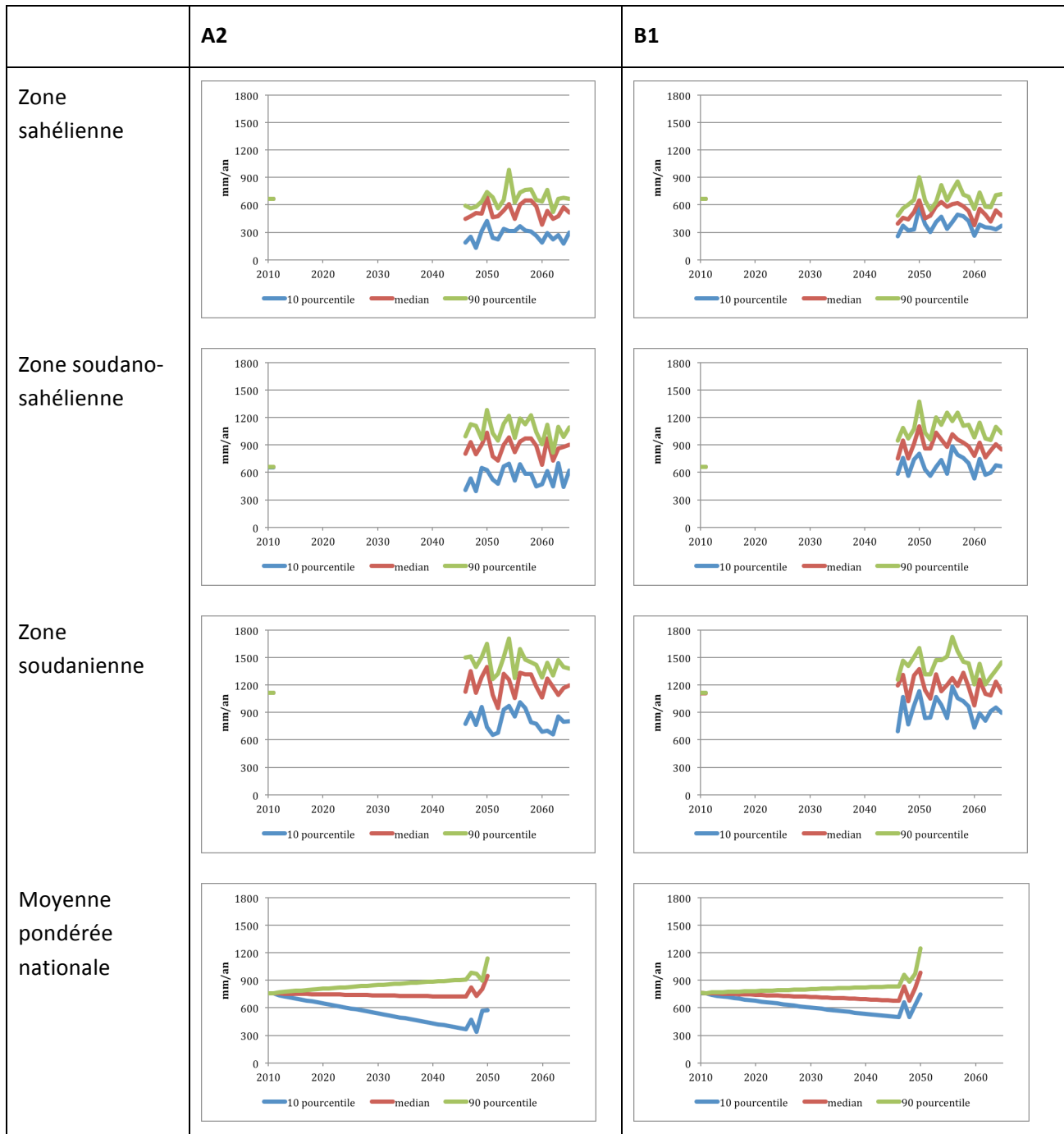


Figure 6: Projections climatiques – précipitation annuelle



Les tendances climatiques en tant de jours de pluies suivent un motif similaire. Pour le passé ils semblent être assez constantes (Figure 7) et pour l'avenir on observe pour la moyenne pondérée une augmentation dans les projections des 90^{ème} centile ; une tendance au maintien pour le médiane ; et une tendance à la baisse pour le 10^{ème} centile avec une tendance vers la baisse pour la zone sahélienne, une tendance au maintien pour la zone soudano-sahélienne et une tendance vers la hausse pour la zone soudanienne (Figure 8).

Figure 7: Tendances climatiques – jours de pluie 1990 – 2010

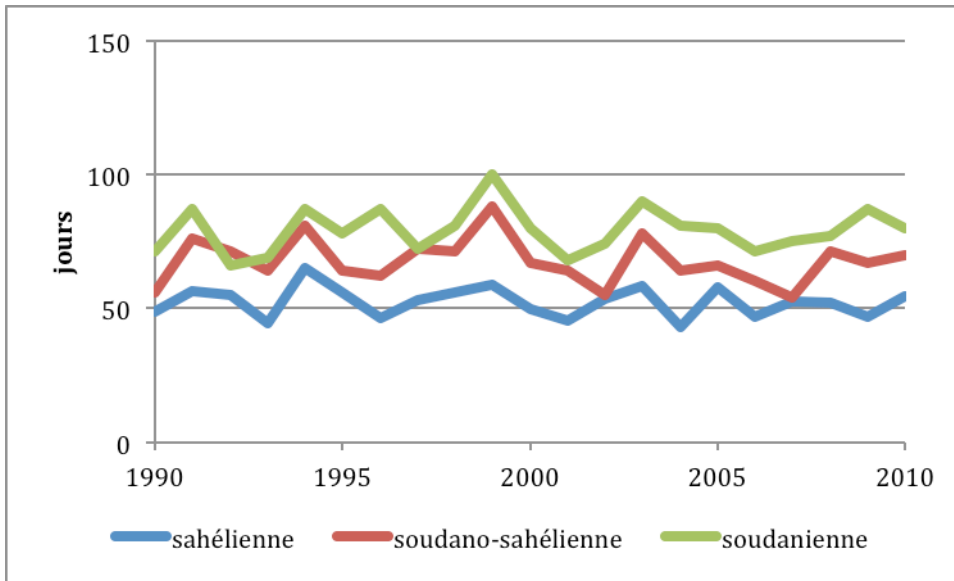
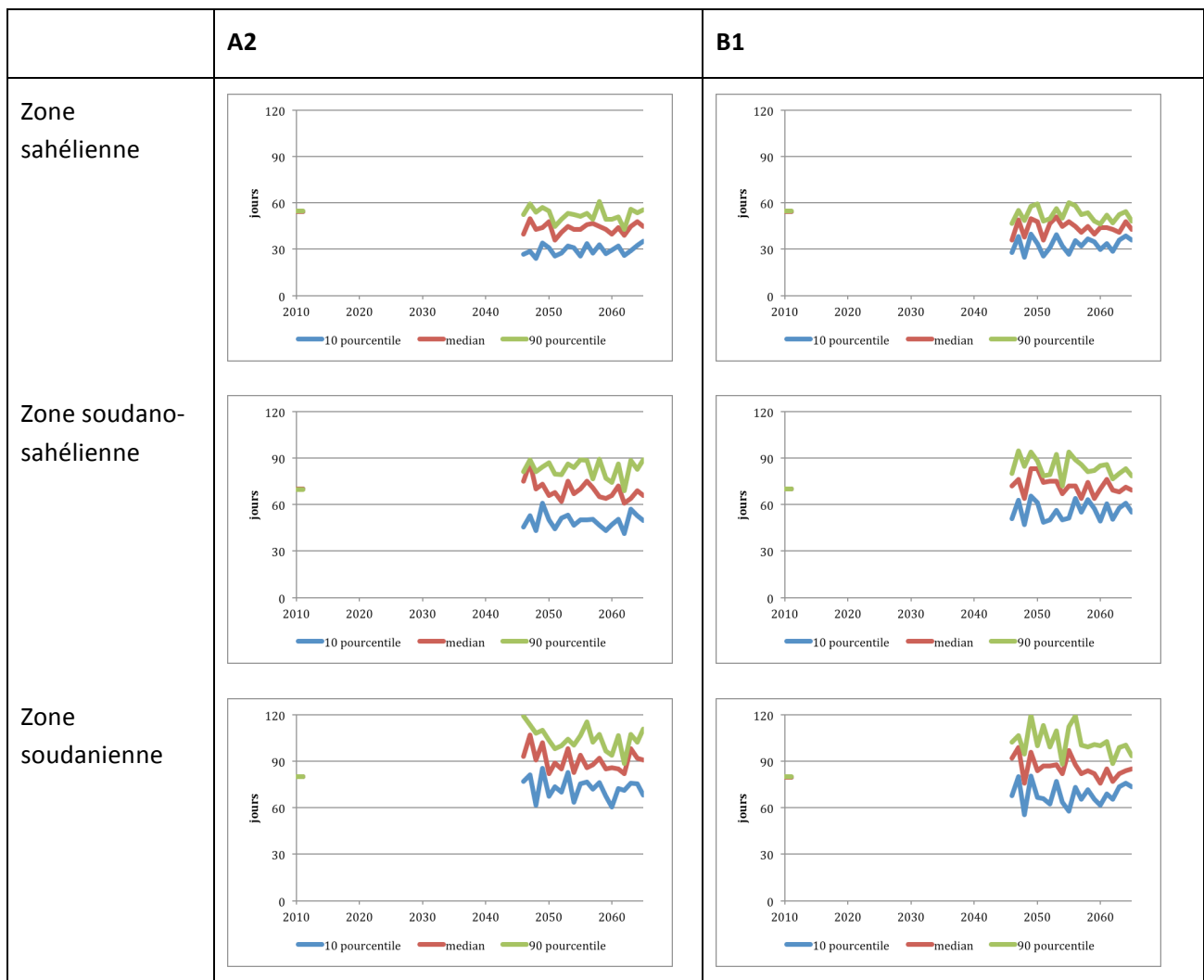
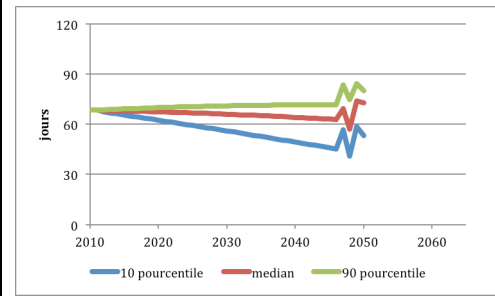
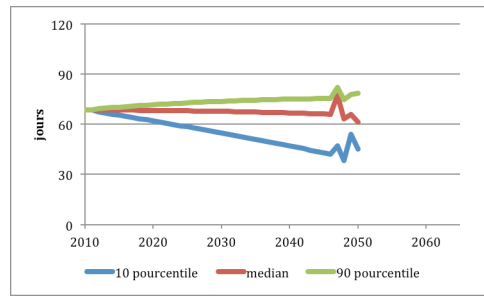


Figure 8: Projections climatiques – jours de pluie



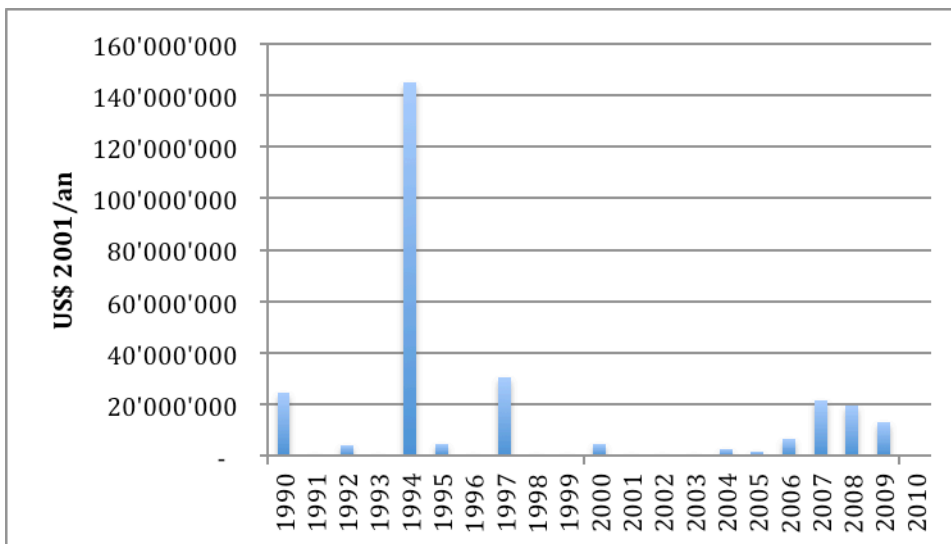
Moyenne pondérée nationale



2.3 Événements extrêmes

Les fréquentes inondations constituent la principale catastrophe à laquelle les autorités font face chaque année. Au cours des vingt dernières années, notamment en 1988, 1992, 1994 et 1999, certaines localités du pays ont été sévèrement affectées. A titre illustratif, les pertes en productions agricoles dues aux inondations des champs cultivés ont été estimées à 1.803.000.000 FCFA en 1992 et à 63.937.680 000 FCFA en 1994 (Figure 9 ; valeurs en US \$ réels).

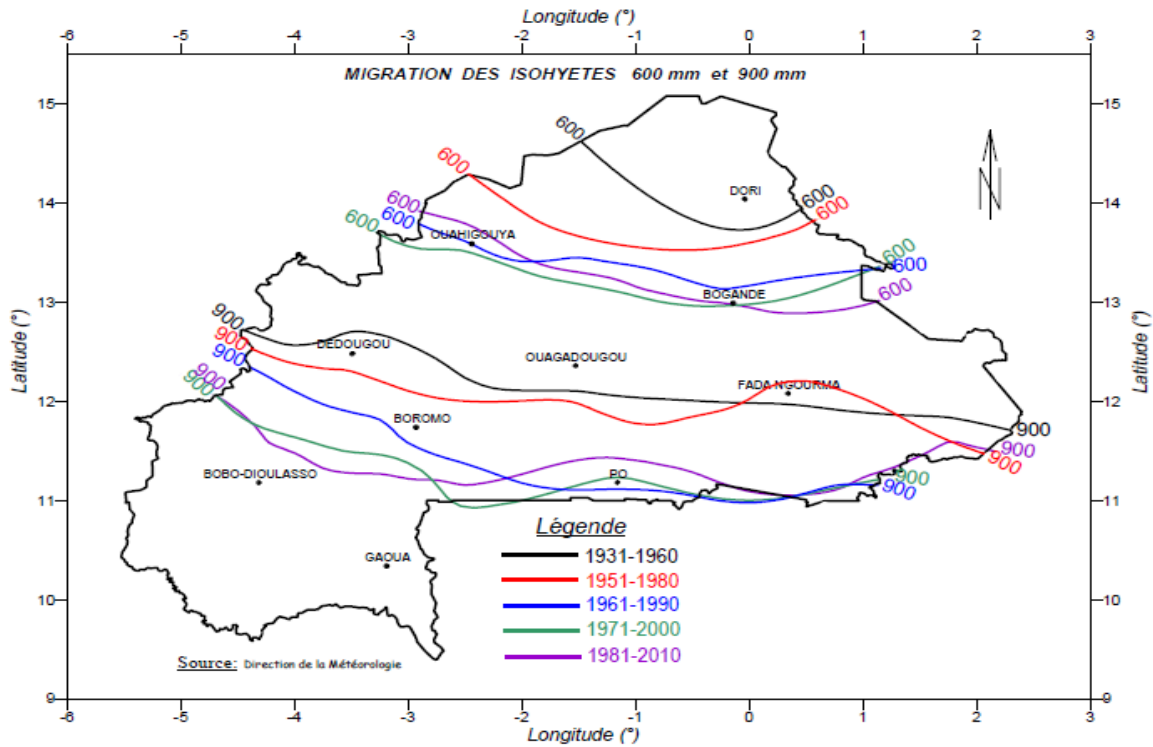
Figure 9: Tendances climatiques – pertes agricoles en US \$ réels causées par les inondations 1990 – 2010



2.4 Répartition des zones climatiques

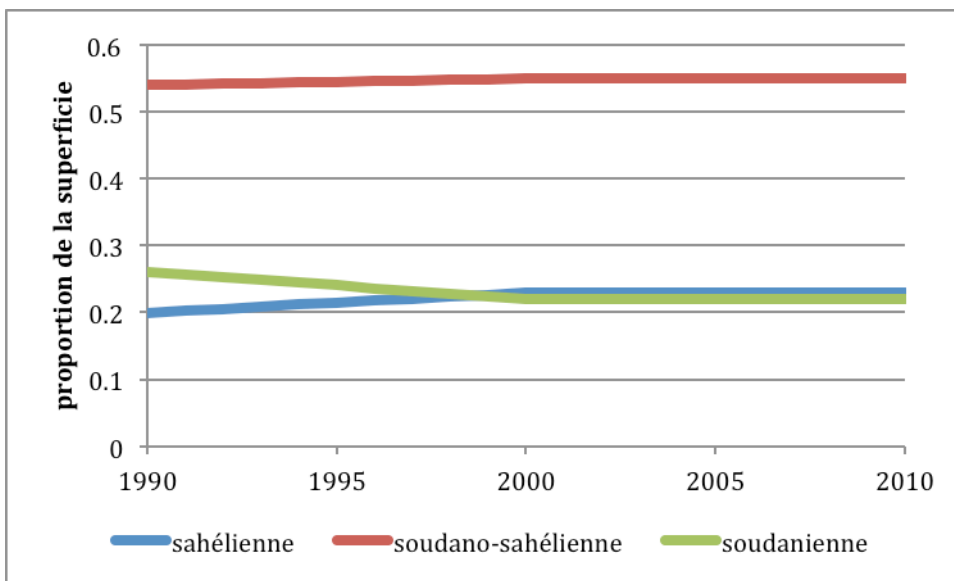
Un des éléments marquants des évolutions climatiques au niveau national est la migration des isohyètes (LAME 2012 – tendances). On observe une migration des isohyètes 600 mm et 900 mm qui délimitent la zone sahélienne et soudano-sahélienne entre la période 1931-2010. Cela est reflété dans une augmentation de la proportion de la zone sahélienne de la superficie totale (Figure 10).

Figure 10: Migration des isohyètes



La migration était plus grande dans les premières décennies mais même dans les derniers vingt ans on peut observer l'augmentation remarquable de la superficie de la zone sahélienne, une faible hausse de la superficie de la zone soudano-sahélienne et une diminution de la zone soudanienne (Figure 11). La tendance de ces dernières vingt années va à servir pour faire une projection pour le futur dans les scénarios avec changements climatiques (voir Figure 17).

Figure 11: Tendances climatiques – répartition des zones climatiques 1990 – 2010



3 Analyse multisectorielle de vulnérabilité aux changements climatiques

Les secteurs concernés par cette étude sont l'agriculture, l'élevage / les ressources animales, la santé, l'énergie, l'environnement, et l'habitat humain / l'infrastructure / les catastrophes naturelles. Tous ces secteurs affectent de manière directe et indirecte l'économie et comme ça de nombreux aspects du développement socio-économique et environnemental au Burkina Faso. Ils mettent aussi de la pression sur le secteur de l'énergie qui devient un secteur important pour les politiques d'adaptation (4.3). Les chapitres suivants décrivent la vulnérabilité de chaque secteur clé aux changements climatiques. Les descriptions sont un sommaire des rapports détaillés élaborés par les partenaires du projet PANA programmatique (LAME 2012 – agriculture ; LAME 2012 – élevage ; LAME 2012 – énergie ; LAME 2012 – environnement; LAME 2012 – énergie ; LAME 2012 – infrastructure ; LAME 2012 – catastrophes). L'analyse de la vulnérabilité multisectorielle sera approfondie au chapitre 5 qui présente les impacts des changements climatiques sur tous les secteurs et comme ça sur le développement socio-économique et environnemental du Burkina Faso.

3.1 Agriculture

L'agriculture et l'élevage contribuent presque 40% au PIB (valeur en 2008, avec 21% venant de l'agriculture et 16% venant de l'élevage) et 90% à l'emploi.

La baisse de la pluviométrie combinée avec l'élévation de la température induira une baisse des rendements du mil (qui est une culture rustique) dans les sols à réserve en eau faible en zone sahélienne. Dans la zone soudanienne, les rendements du mil, du sorgho et du maïs cultivé sur sol profond auront une tendance à la hausse du fait de la faible amélioration prévue de la pluviométrie du mois de juin et qui sera profitable pour la réussite des semis. Par contre dans cette même région et sur les sols à réserve utile en eau faible, les rendements du maïs vont fortement régresser du fait du déficit hydrique des mois de juillet, août et septembre.

3.2 Élevage

Deux grands systèmes d'élevage coexistent au niveau de la plupart des espèces animales: les systèmes traditionnels (généralement extensifs) et, les systèmes améliorés (semi-intensifs à intensifs).

- **Systèmes d'élevage traditionnels ou extensifs:** Les systèmes traditionnels d'élevage des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) comprennent le type transhumant et le type sédentaire. Le type transhumant est pratiqué par les pasteurs et agropasteurs et concerne surtout les bovins. L'élevage sédentaire, généralement pratiqué par les agro-éleveurs, se subdivise en un système agropastoral à gros ruminants et un système mixte intégré agriculture-élevage. Les systèmes traditionnels d'élevage des ruminants domestiques fournissent des produits (viande, lait, cuirs et peaux, fumier, travail) dont certains sont vendus, notamment pour subvenir aux besoins des ménages. Parce qu'ils dépendent surtout des ressources naturelles, les systèmes extensifs d'élevage qui concernent la presque totalité du cheptel paient un lourd tribut à la sécheresse et sont menacés par la restriction de l'espace. Ceci a pour conséquence la permanence du risque de conflits entre éleveurs et autres utilisateurs des ressources naturelles. La faible productivité animale est en grande partie liée au déficit fourrager et nutritionnel qui

affecte le cheptel, notamment pendant la saison sèche et au déficit hydrique estimé à environ 50% en saison sèche.

- **Systèmes d'élevage améliorés** : À côté des systèmes traditionnels, on note l'émergence de systèmes d'élevage améliorés, surtout en zones périurbaines. Ces initiatives sont le fait de nouveaux acteurs (fonctionnaires, retraités, commerçants, hommes d'affaires, décideurs politiques, etc.) qui investissent dans l'élevage à visée commerciale. Ainsi, on distingue : l'embouche bovine et ovine intensive ou semi-intensive ; l'élevage laitier amélioré ou moderne ; l'aviculture moderne présente essentiellement en milieu urbain et périurbain. C'est un système qui repose essentiellement sur des intrants achetés : poussins, aliments, produits vétérinaires, main d'œuvre et les élevages intensifs de porcs, d'un bon niveau de productivité, etc. Ces élevages modernes, bien que productifs, demandent des investissements importants. En l'absence de zones bien définies et aménagées dans le cadre de schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisation, les élevages périurbains sont constamment menacés par l'urbanisation.

Des menaces pèsent sur l'ensemble du sous-secteur à plus ou moins long terme. Il s'agit notamment de :

- l'amenuisement des ressources pastorales du fait des crises climatiques (sécheresses, inondations) ; la surcharge pastorale, avec des risques de dégradation du sol et de la végétation, base de la production des ruminants domestiques, en rapport avec la croissance démographique (humaine et animale) et les changements climatiques ;
- transfert de cheptel sahélien en général, et burkinabé en particulier, vers certains pays côtiers à fortes potentialités pastorales en vue d'échapper aux effets néfastes des changements climatiques et aux conflits ;
- la recrudescence des maladies animales émergentes ou ré-émergentes telles que l'Influenza Aviaire Hautement Pathogène, la peste porcine, etc.

3.3 Santé

Le profil épidémiologique du Burkina Faso se caractérise par la persistance d'une forte morbidité due aux endémo-épidémies. Il s'agit principalement du paludisme, du VIH/SIDA, de la tuberculose, de la lèpre et des maladies tropicales négligées, des maladies à potentiel épidémique (méningite cérébro-spinale, rougeole choléra, fièvre jaune etc.). De toutes ces maladies, deux sont particulièrement liées aux changements climatiques, soit la méningite et le paludisme.

Il existe deux formes très différentes de méningites : Les méningites virales qui sont les plus fréquentes et sont bénignes ; et les méningites bactériennes, plus rares, qui sont graves. La méningite à méningocoques est la principale forme de méningite bactérienne responsable d'épidémies. Elle se transmet par voie aérienne d'une personne à l'autre par de grosses gouttelettes de sécrétions rhinopharyngées d'individus infectés. Cette transmission est influencée aussi par des facteurs environnementaux. L'harmattan, vent sec et chaud soufflant de décembre à février ainsi que la forte chaleur s'écoulant de mars à mai sont considérés comme les causes environnementales avec leurs principaux vecteurs que sont les particules de poussière et le soleil ardent. La dégradation des sols en saison sèche, occasionne la libération de particules de différentes dimensions qui seront mobilisées par l'harmattan.

Plus la température baisse, plus l'humidité s'installe, plus le vent baisse en intensité, moins on a des cas de méningite. Cette période correspond à celle de juin à octobre. Un autre fait majeur constaté est que quand l'humidité baisse et que la température et le vent augmentent, on enregistre de plus en plus des cas de méningite. Les changements climatiques avec les hausses en température augmentent donc la vulnérabilité au secteur de la santé. Cette influence est augmentée dans les zones pour lesquelles les projections climatiques prévoient une hausse des températures et une baisse de la précipitation.

Le paludisme sévit de façon endémo-épidémique constitue le premier motif de consultation et d'hospitalisation dans les formations sanitaires. Il est également la première cause de décès chez les enfants de 0 à 5 ans. Les changements climatiques favoriseront une baisse légère de cette maladie d'origine hydrique, surtout dans les zones pour lesquelles les projections climatiques prévoient une hausse des températures et une baisse de la précipitation.

3.4 Énergie

Le bilan énergétique du Burkina Faso présente les caractéristiques suivantes :

- une consommation énergétique qui repose essentiellement sur les énergies ligneuses pour les besoins de cuisson des aliments;
- une dépendance presque exclusive pour ses énergies modernes de l'importation de produits pétroliers ;
- un écart important entre les zones urbaines et rurales en matière d'accès aux énergies modernes (électricité, produits pétroliers) ;
- un faible poids des énergies modernes dans la balance énergétique (15 à 16% en 2008);
- une faible utilisation des énergies modernes pour les activités de production et de transformation de produits agricoles.

La situation énergétique du Burkina Faso est donc caractérisée par un faible niveau de consommation d'énergie par habitant, environ 0.180 TEP (tonne équivalent pétrole) en 2008 qui se répartit ainsi qu'il suit : 2% d'électricité ; 16% d'hydrocarbures ; et 82% de biomasse (bois). La consommation de bois couvre la quasi-totalité des besoins en milieu rural et une partie importante de ceux en milieu urbain, particulièrement des couches les plus pauvres.

Le système énergétique du Burkina Faso apparaît donc comme fondé sur une exploitation non durable des ressources naturelles. Les changements climatiques constituent une préoccupation particulière pour le secteur énergétique, puisque la production de nombreux polluants gazeux, liquides et solides se retrouve dans les activités suivantes du secteur : la production, la transformation, le transport, la distribution et la consommation d'énergie.

Les projections climatiques auront comme conséquences sur le secteur énergétique: la diminution de la ressource hydroélectrique, l'augmentation de la consommation en hydrocarbure de tous les engins à moteurs, l'augmentation de la consommation d'énergie électrique en vue de s'assurer un minimum de confort thermique (ventilation et climatisation), la légère baisse du rendement des cellules photovoltaïques, et l'accroissement de la puissance du générateur solaire des pompes, dans la mesure où le niveau de la nappe phréatique va baisser sensiblement

Le secteur de l'énergie a été classé en troisième position en termes de vulnérabilité aux changements climatiques (IPCC 2007). Les deux sous secteurs de l'énergie, l'hydroélectricité et les combustibles ligneux (bois et charbon de bois), sont particulièrement vulnérables vis-à-vis des changements climatiques : Une baisse possible de la pluviométrie, même épisodique, entraînerait des insuffisances qui influenceront négativement la continuité du service d'alimentation en énergie électrique et aussi la production en combustibles ligneux.

3.5 Environnement

Dans le secteur de l'environnement on distingue entre les deux sous-secteurs des forêts et des ressources en eau.

Dans le domaine des ressources en eau, les projections climatiques montrent une diminution du volume d'eau annuel dans deux des quatre bassins versant le Burkina Faso et une augmentation dans les deux autres bassins. En 2050, les volumes d'eau connaîtront une nette diminution par rapport à la normale 1961-1990 sur l'ensemble des bassins du Burkina Faso. On observera en particulier une baisse de 68.9% pour la Comoé, de 73% pour le Mouhoun, de 29,9% pour le Nakanbé et de 41.4% pour le Niger.

Dans le domaine de la foresterie, les estimations montrent qu'aux horizons temporels retenus, le potentiel de biomasse serait en nette régression passant de près de 200 millions de m³ en 1999 à seulement un peu plus de 110 millions de m³ en 2050.

3.6 Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles

Dans les zones d'habitat populaire à la périphérie des villes, la densification croissante de l'habitat, l'augmentation du prix du mètre carré de logis et l'insuffisance d'infrastructures de voirie, favorisent une production de polluants et de déchets solides et liquides par les ménages. Les populations s'approprient de l'espace public de la sorte qu'il est devenu à la fois lieu de vie et de rejet des déchets. Cela augmente la vulnérabilité de ces espaces aux inondations.

4 Le modèle T21-Burkina Faso

Le modèle 'Threshold21' (T21) est un modèle basé sur la méthode de Dynamique des Systèmes qui a été conçu comme un outil pour soutenir la planification nationale du développement. Il permet une analyse dynamique des effets de différentes politiques et de changements structurels sur de différents indicateurs principaux de développement. Il permet donc de faire une analyse intégrée qui prend en compte les liens entre les secteurs économiques, sociaux et environnementaux à moyen et long terme.

Le modèle T21 supporte l'analyse compréhensive et intégrée des défis du développement. Cela inclut l'analyse des problèmes tels que la réduction de la pauvreté, la croissance économique, et le suivi-évaluation des politiques et programmes créés pour résoudre ces problèmes. Grâce à sa structure intégrée et compréhensive, le modèle T21 permet d'analyser dans le même cadre les dynamiques sociales, économiques et environnementales du pays. En particulier, le modèle T21 peut bien supporter l'analyse de plans de développement sur le moyen et long terme, et génère des projections pour presque tous les indicateurs des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD).

Le modèle T21 est basé sur la méthode de la Dynamique des Systèmes pour la planification intégrale et participative de développement. Cela veut dire que le modèle :

- intègre les facteurs économiques, sociaux, et environnementaux ;
- représente les éléments importants de complexité – rétroaction (relation de feedback), non-linéarité et retard – qui sont fondamentaux pour la compréhension convenable des questions de développement ;
- est transparent de par sa structure, ses hypothèses, ses équations, et sa base de données, et constitue un outil d'analyse participatif pour atteindre un consensus au niveau des débats sur les politiques ;
- est suffisamment flexible pour être personnalisé à différents utilisateurs qualifiés et sur la base des spécificités du pays;
- simule les conséquences des politiques alternatives à moyen et long terme ;
- permet facilement la comparaison avec le scénario de base et soutient les méthodes analytiques avancées, comme l'analyse de sensibilité et l'optimisation.

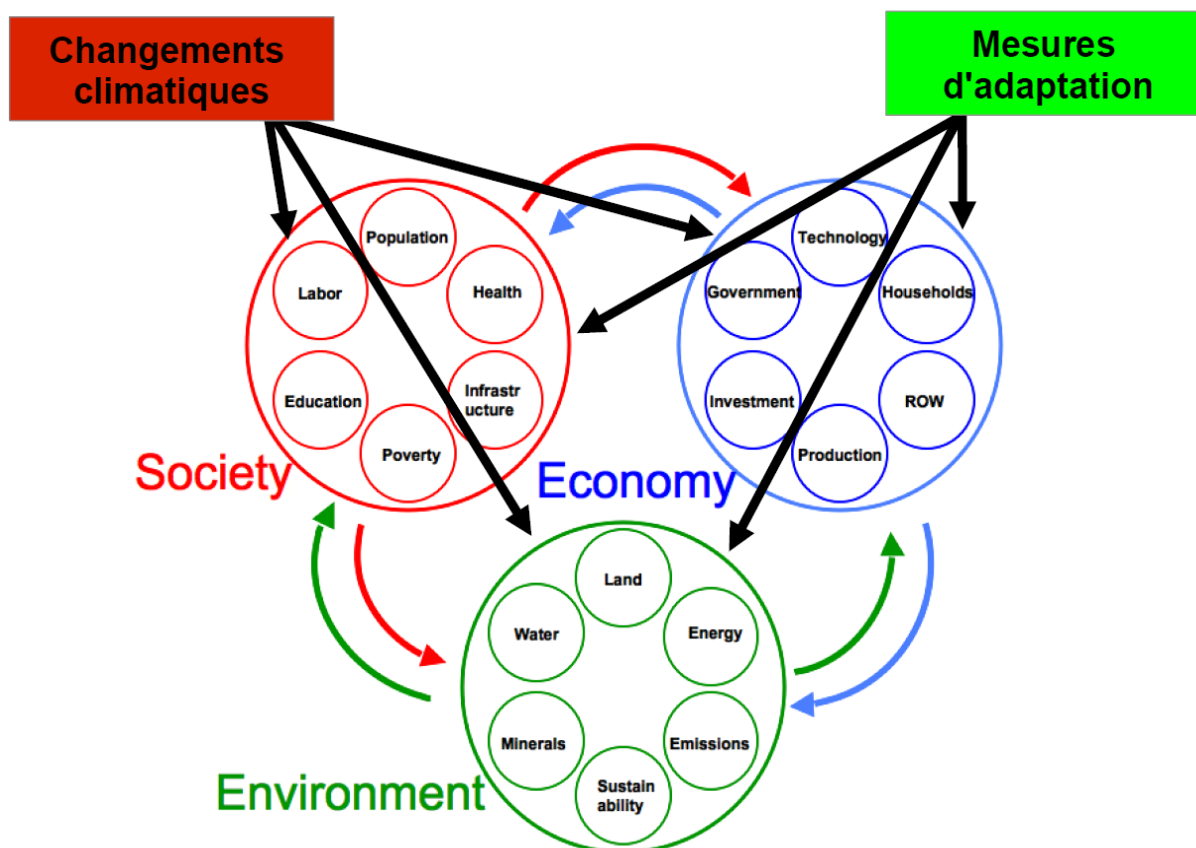
4.1 Le modèle T21-Burkina Faso

Le développement de chaque modèle T21 commence par la personnalisation d'un cadre de départ pour saisir les enjeux en cours d'analyse. Le cadre de départ pour le T21-Burkina Faso était une structure générique développée au cadre du Projet T21 de la CEDEAO. Cette structure représente les mécanismes de développement communs dans les 15 pays de la CEDEAO. Ce cadre de départ n'est pas un cadre rigide, mais plutôt un point de départ pour la création d'une structure entièrement personnalisée. De nouveaux modules peuvent être ajoutés selon les besoins de l'analyse et les modules non-requis pour l'analyse peuvent être enlevés.

Pour l'analyse dans ce projet, il fallait ajouter des structures pour représenter les effets des changements climatiques et les mesures d'adaptation. Dans un processus participatif avec les experts nationaux, le modèle générique était personnalisé et amélioré afin d'intégrer les préoccupations principales liées aux changements climatiques (voir annexe 1 pour les étapes du processus et annexe 2 pour une liste

des acteurs nationaux/représentants de structures considérés par cette étude). En intégrant les effets directs des changements climatiques et des mesures d'adaptation dans la structure intégrée du modèle T21-Burkina Faso, aussi les effets indirects dans tous les secteurs sont pris en compte comme un changement causé par un effet direct par exemple dans le secteur de l'eau dans la sphère d'environnement affecte d'autres variables dans les autres sphères comme par exemple l'agriculture dans la sphère d'économie qui à son tour influence la pauvreté dans la sphère sociale. Donc, les effets voyagent pour tous le système et permettent concevoir les boucles renforçantes. La figure visualise cette approche intégrée de manière schématique.

Figure 12: Structure du modèle T21-Burkina Faso de manière schématique



Le T21-Burkina Faso inclut les trois sphères société, économie et environnement. Pour faciliter la compréhension du modèle, chaque sphère est divisée en secteurs, qui incluent plusieurs modules. Le Tableau 1 donne un aperçu des sphères, secteurs et modules du T21-Burkina Faso.

- La **sphère société** décrit la dynamique de la population de manière détaillée ; les défis et des programmes de la santé et de l'éducation ; les infrastructures de base ; l'emploi ; et les niveaux de pauvreté et la répartition des revenus. Ces secteurs prennent en compte, par exemple, les interactions entre les revenus, la santé et le taux d'alphabétisation des adultes sur la fécondité et l'espérance de vie, qui déterminent, à leur tour, la croissance démographique. Population détermine la force de travail au fil du temps, et la force de travail affecte l'emploi. L'éducation et la santé, ainsi que d'autres facteurs, influent la productivité de la force de travail et l'espérance de vie. L'emploi et la productivité de la force de travail influent le niveau de la production à partir d'un certain stock de capital.

- La **sphère économique** contient les principaux secteurs de production (agriculture, industrie et services), où la production est caractérisée par des fonctions de production Cobb-Douglas. Les facteurs de production sont les ressources, le travail, le capital, la technologie et un facteur de productivité inclusif. Des questions spécifiques, telles que les mines, le tourisme, la vulgarisation agricole, ou l'élevage, sont normalement inclus dans de sous-modules de la production selon les besoins. Une matrice de comptabilité sociale (MCS) est utilisée pour représenter les flux économiques et d'équilibrer l'offre et la demande dans chacun des secteurs. Le secteur du gouvernement génère des taxes basées sur l'activité économique et alloue les dépenses par catégorie principale. Les dépenses publiques influent la performance économique globale et la prestation des services publics. Les catégories standard budgétaires du FMI sont employées et les équilibres clés macro sont intégrés dans le modèle ainsi comme les transactions courantes, et les flux de capitaux (y compris la gestion de la dette).
- La **sphère de l'environnement** suit la pollution créée dans les processus de la production économique. Il estime aussi la consommation de ressources naturelles - à la fois renouvelables et non renouvelables - et peut estimer l'impact de l'épuisement de ces ressources sur la production et d'autres facteurs. Il examine également l'effet de l'érosion des sols et d'autres formes de dégradation de l'environnement et leur impact sur d'autres secteurs, tels que la productivité agricole et la nutrition. D'autres questions abordées sont l'utilisation de combustibles fossiles, la déforestation, la dégradation des terres et de l'eau, et les émissions de gaz à effet de serre.

Tableau 1: Modules, secteurs et sphères du modèle T21-Burkina Faso

Sphère société	Sphère économie	Sphère environnement
Secteur population 1. Population 2. Fertilité 3. Mortalité Secteur éducation 4. Education primaire Secteur santé 5. Accès aux soins de base Secteur infrastructure 6. Infrastructure Secteur emploi 7. Emploi Secteur pauvreté 8. Répartition du revenu	Secteur production 9. Agriculture et élevage 10. Vulgarisation agricole 11. Industrie 11b. Mines 12. Services 12b. Tourisme 13. Production agrégée et investissement Secteur ménages 14. Ménages Secteur gouvernement 15. Gouvernement Secteur finances 16. Finances Secteur reste du monde 17. Balance des paiements	Secteur terre 18. Terre 18b. Utilisation traditionnelle des combustibles Secteur eau 19. Demande d'eau 20. Offre d'eau Secteur énergie 21. Demande d'électricité 22. Génération d'électricité 23. Demande de pétrole et de gaz 24. Production de pétrole et de gaz Secteur émissions 25. Emissions CO ₂ and gaz à effet de serre
Modules transversaux		
26. Indice de développement humain, Indice de diversité Gini 27. Objectifs du millénaire pour le développement 28. Impacts des changements climatiques 28b. Inondations 28c. Santé et climat 29. Politiques d'adaptation 30. Indicateurs de développement		

4.2 Changements climatiques dans le modèle T21-Burkina Faso

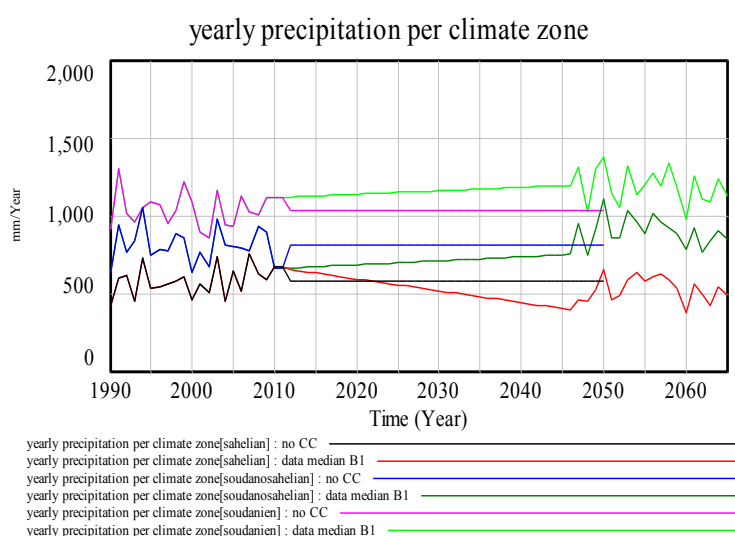
Le modèle T21 Burkina Faso avec ses adaptations aux questions des changements climatiques est basé sur la connaissance collective de plus de 15 membres de l'équipe T21 restreinte plus des personnes des ressources venant de plusieurs départements universitaires et ministères du gouvernement. Ensemble dans un processus participative, nous avons défini des indicateurs pour capturer les effets principaux ou directs des changements climatiques, les mesures d'adaptation qu'il faut intégrer et avons développé des structures pour décrire ces mesures (voir annexes 1 et 2).

La sélection des indicateurs est fortement influée par les caractéristiques du modèle T21 (avec son horizon temporel de 1990 jusqu'au 2050) et la disponibilité de données. Les indicateurs des changements climatiques sont les suivants (voir chapitre 2 pour leur valeurs historiques et projetées) qui différencient d'entre les trois zones climatiques principaux au Burkina Faso (zone sahélienne ; zone soudano- sahélienne ; zone soudanienne):

- Moyenne annuelle de la température maximale par zone climatique
- Pluies annuelles par zone climatiques
- Nombre de jours de pluie par zone climatique
- Proportion de la superficie par zone climatique
- Intensité des inondations

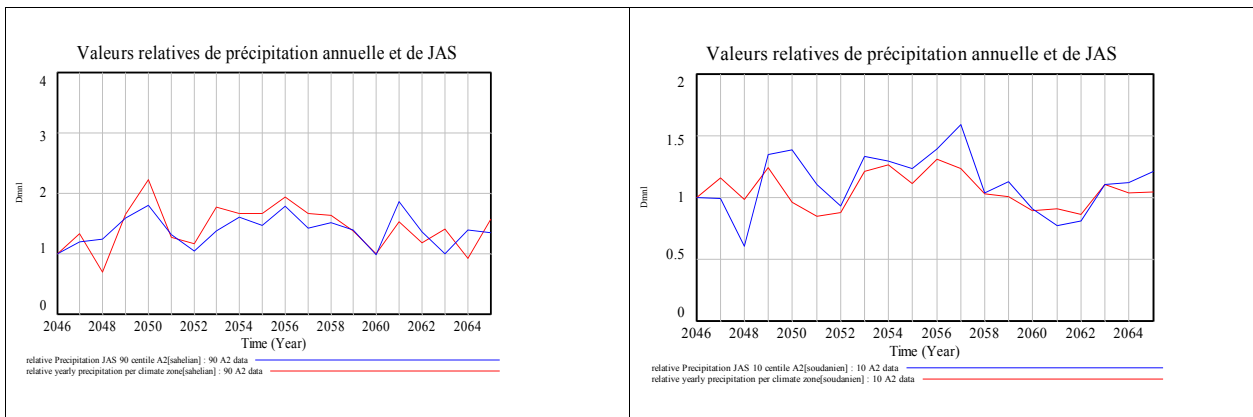
Pour ces variables, nous avons utilisé les données observées pour le passé (1990-2010) et pour l'avenir (2046-2050) les projections de l'Université de Cap Town traitées par LAME (voir chapitre 2). Pour la période entre (2011-2045) une connexion linéaire est supposée (voir la Figure 13). Étant donné que les variables climatiques influencent l'ensemble du système, les fluctuations à la fin de la simulation (2046-2050) fournies par les projections climatiques sera visible dans la plupart des variables présentées dans la partie analyse. Pour l'avenir dans le scénario sans changements climatiques nous avons supposé que la valeur (la moyenne des 20 dernières années) reste constante.

Figure 13: Données utilisées pour les variables des changements climatiques – exemple : Précipitation annuelle pour les trois zones climatiques (scénarii médian B1 et sans changements climatiques)



Les discussions avec les experts sur les indicateurs des changements climatiques se concentraient souvent sur l'indicateur le plus approprié pour capturer l'importance de la pluviométrie. Au cadre de la production agricole, c'est surtout la précipitation en juillet, août et septembre qui est clé. Néanmoins, la figure 14 montre que les projections relatives (ça veut dire, relatives aux valeurs initiales en 2046) ne varient presque pas entre la précipitation totale annuelle et la précipitation JAS dans les trois zones climatiques. Pour cette raison, la précipitation annuelle semble être un indicateur approprié pour représenter les changements climatiques.

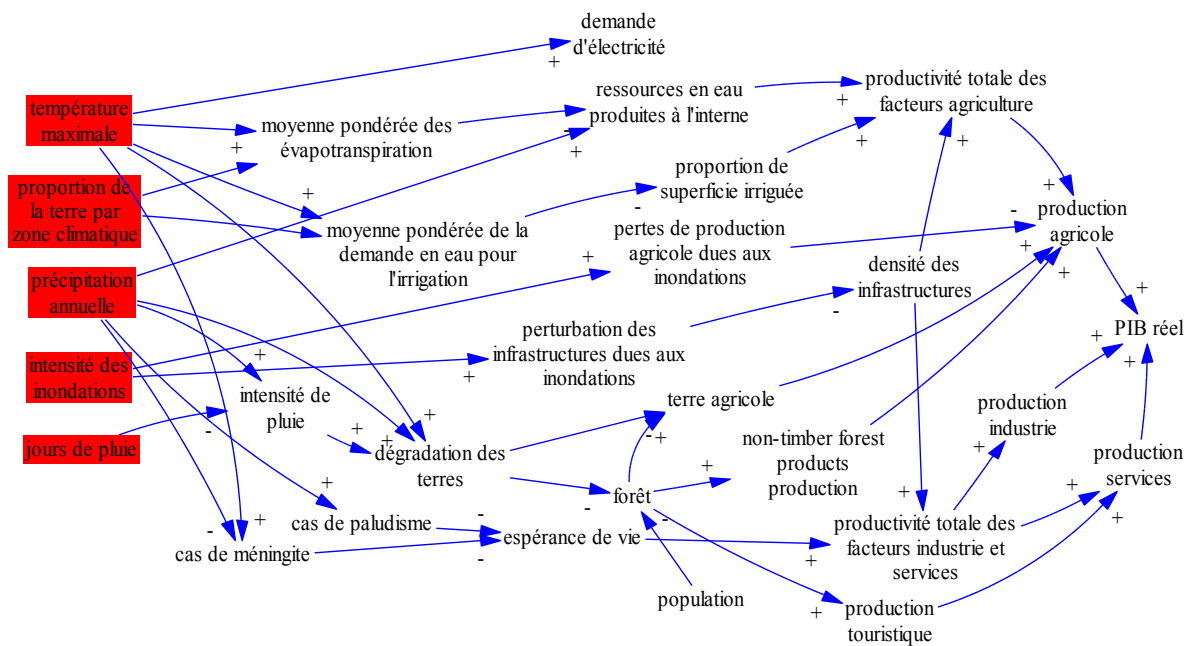
Figure 14: Comparaison entre la précipitation annuelle et la précipitation en juillet, août et septembre (JAS) pour deux scenarii de changements climatiques



Plusieurs secteurs ont reçu une attention particulière pour représenter les effets directs des changements climatiques. Ces effets sont visualisés dans la Figure 15. La figure décrit comment :

- Une température élevée augmente la demande d'électricité (→ secteur demande d'électricité)
- Une température élevée augmente l'évapotranspiration et diminue la disponibilité d'eau (→ secteurs demande d'eau, offre d'eau) ce qui finalement diminue la productivité totale des facteurs en agriculture.
- Des pluies élevées augmentent et les pluies réduites diminuent la disponibilité d'eau (→ secteurs demande d'eau, offre d'eau) ce qui finalement augmente ou diminue la productivité des facteurs en agriculture.
- Une température élevée augmente la demande d'eau et avec ça diminue la possibilité d'irriguer la terre agricole (→ secteur terre) ce qui finalement diminue la productivité totale des facteurs en agriculture.
- Des pluies élevées et la température élevée influencent les maladies comme la méningite et le paludisme et comme ça l'espérance de vie (→ secteurs mortalité, santé). L'espérance de vie est un facteur important qui influence la productivité totale des facteurs de production.
- Des pluies élevées augmentent l'intensité des pluies et comme ça génèrent plus d'inondations qui détruisent des maisons, de l'infrastructure et la production agricole et, finalement, diminuent la productivité et production économique (→ secteurs agriculture, infrastructure).
- Une température élevée et une intensité de pluies élevée augmentent la dégradation des terres agricoles et la forêt (→ secteurs terre, agriculture). A travers de nombreux processus ça affecte la production dans tous les secteurs économiques.

Figure 15: Indicateurs et effets principaux des changements climatiques



Commentaires :

- Flèches avec un signe + : Description d'une relation causale qui va dans la même direction. Par exemple : Si la température maximale par zone climatique augmente, la demande d'électricité augmente et si la température baisse, la demande baisse.
- Flèches avec un signe - : Description d'une relation causale qui va dans des directions contraires. Par exemple : Si l'évapotranspiration augmente, la disponibilité des ressources en eau diminue et si l'évapotranspiration diminue, la disponibilité augmente.

Chapitre 2 a montré que les projections des valeurs futures des indicateurs des changements climatiques varient de manière considérable selon les différents scénarii de changements climatiques. Pour les analyses dynamiques avec le modèle T21 les scénarii suivants ont été choisis (voir Tableau 2 pour un aperçu sur les tendances des indicateurs principaux des changements climatiques et Figure 16 pour la visualisation de la logique des scénarii):

- Scénario sans changements climatiques : scénario de base. C'est un scénario contrefactuel qui sert à calculer l'impact des changements climatiques.
- Scénarii avec changements climatiques
 - A2 (partant de l'hypothèse d'une hausse des émissions globales).
 - B1 (partant de l'hypothèse d'une baisse des émissions globales).

Pour la quantification des indicateurs pour chaque scénario, on utilise les mêmes indicateurs (10^{ème} centile, médiane, 90^{ème} centile) comme dans chapitre 2 où on a montré les projections climatiques. Les indicateurs pour la température, la pluie et les jours de pluie varient entre les scénarii. La répartition des zones climatiques et l'intensité des inondations, par contre, sont les mêmes pour les six scénarii avec changements climatiques (Tableau 2). C'est parce qu'il n'y a ni des projections pour la répartition des zones climatiques au futur ni pour l'intensité des inondations. A cause de ces circonstances, on assume que la tendance historique de la migration des zones climatiques des dernières vingt années continue au

futur (Figure 17) et qu'il y aura une duplication de l'intensité des inondations. Cette hypothèse est en ligne avec les résultats élaborés par Stern (2006).

Figure 16: Méthodologie pour définir les scénarii

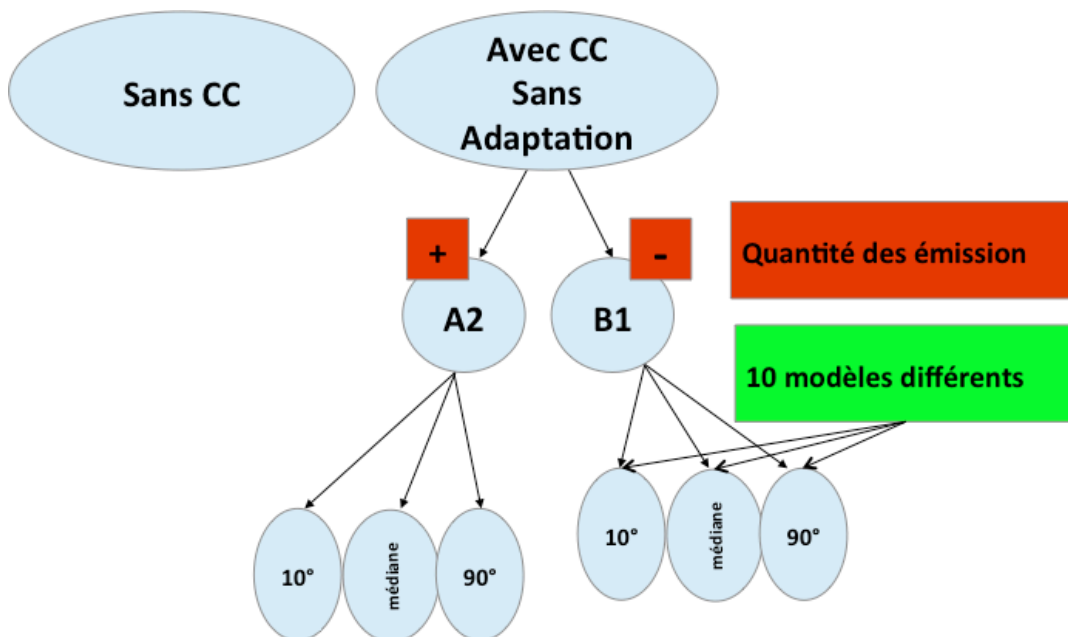
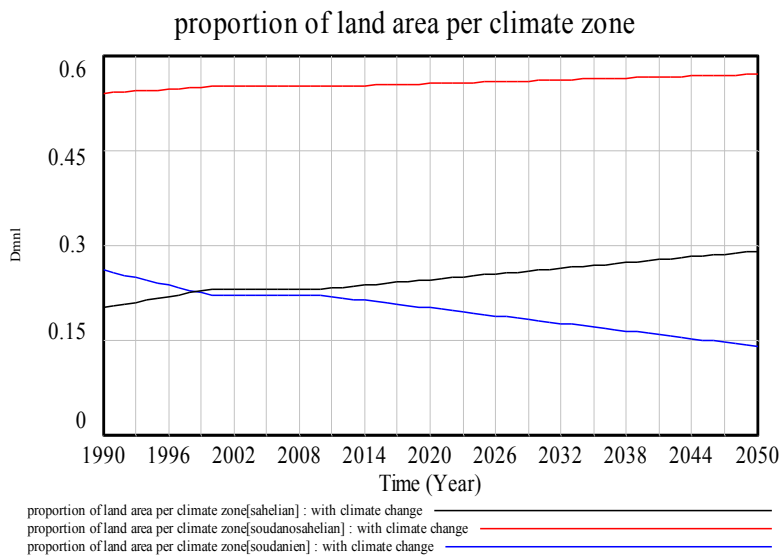


Tableau 2: Aperçu sur les scénarii et les tendances dans les indicateurs clés qui décrivent les scénarii en 2050 (tendances nationales ; différenciation par zone climatique décrite dans le chapitre 2)

	Moyenne annuelle de la température maximale par zone climatique	Pluies annuelles par zone climatique	Nombre de jours de pluie par zone climatique	Proportion de la superficie par zone climatique	Intensité des inondations
<i>Sans changements climatiques</i>					
Scénario de base	Moyenne de 1990 – 2010	Moyenne de 1990 – 2010	Moyenne de 1990 – 2010	Valeur de 2010	Moyenne de 1990 – 2010
<i>Avec changements climatiques</i>					
A2 10 ^{ème} centile	+	---	---	Sahélienne : 29% Soudano-sahélienne : 57% Soudanienne : 14%	200% de la moyenne 1990 – 2010
A2 médiane	+++	-	=		
A2 90 ^{ème} centile	+++++	++	++		
B1 10 ^{ème} centile	+	---	--		
B1 médiane	++	--	-		
B1 90 ^{ème} centile	+++++	+	+		
+ : hausse légère ; + + + + + : hausse forte ; = : pas de changement ; - : baisse légère ; - - - : baisse forte					

Figure 17: Proportion de la superficie par zone climatique 1990-2050 – Données historiques et hypothèse pour le futur



4.3 Politiques d’adaptation dans le modèle T21-Burkina Faso

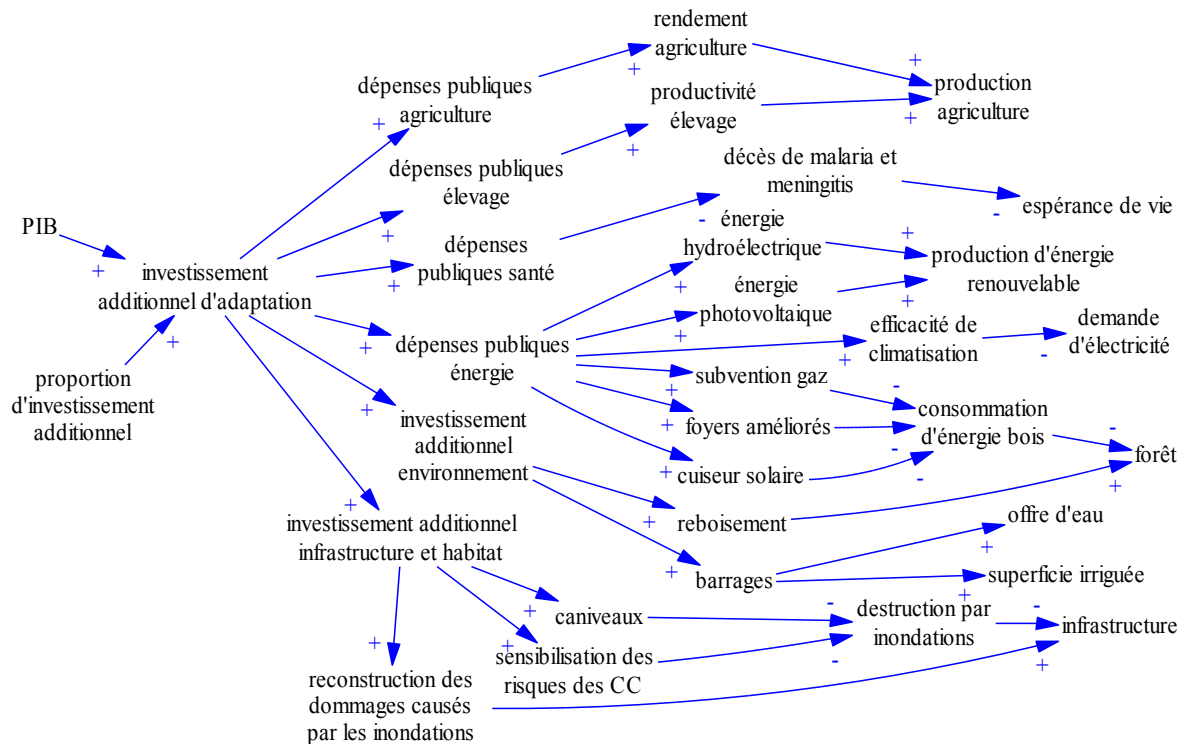
En générant des scénarii intégrés à long terme, le modèle T21-Burkina Faso peut être utilisé pour étudier les propositions de politiques en générant des indicateurs qui aident à évaluer les progrès réalisés vers l’adaptation aux changements climatiques. Dans le modèle T21-Burkina Faso, des politiques d’adaptation peuvent être testées qui affectent les secteurs de l’agriculture, l’élevage / ressources animales, énergie, santé, environnement, habitats humains / infrastructure / catastrophes naturelles. Ces politiques sont décrites en plus de détail dans les sections suivantes. Le Tableau 3 fournit un aperçu sur les politiques d’adaptation qui étaient choisis d’être intégrées dans le modèle T21-Burkina Faso comme résultat des discussions avec la groupe restreinte et les experts nationaux. Figure 18 montre les effets directs principaux des politiques d’adaptation et sert comme sommaire de ces politiques et ses effets. La notion d’adaptation se réfère à tout ajustement dans les systèmes naturels ou dans les activités humaines, en réponse aux impacts des changements climatiques réels ou prévus. L’annexe 3 donne les coûts unitaires pour les mesures d’adaptation intégrées dans le modèle T21-Burkina Faso.

Tableau 3: Sommaire des politiques d’adaptations dans le modèle T21 Burkina Faso

Secteur	Politiques
Agriculture	Technologie & Sensibilisation
Élevage	Transition vers des systèmes plus intensifs & Sensibilisation
Santé	Traitement & Prévention
Énergie	Photovoltaïque Efficacité de climatisation Cuiseur solaire Hydroélectricité Foyer amélioré Autres

Environnement	Reboisement Construction de barrages
Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles	Reconstruction des dommages causés par les inondations Prévention – construction de caniveaux Prévention – sensibilisation

Figure 18: Effets principaux des politiques d'adaptation



Commentaires :

- Flèches avec un signe + : Description d'une relation causale qui va dans la même direction. Par exemple : Si le reboisement augmente, la forêt augmente et si le reboisement diminue, la forêt diminue.
- Flèches avec un signe - : Description d'une relation causale qui va dans des directions contraires. Par exemple : Si la consommation d'énergie bois augmente, la forêt diminue et si la consommation diminue, la forêt augmente.

Agriculture

Une multitude de mesures d'adaptation dans le secteur agricole ont été décrites au Burkina Faso (UICN, 2011 ; Taonda, 2010 ; CONEDD, 2010 ; MAHRHA, 2008 ; CRDI, 2004). De manière très agrégée, on peut différencier entre les mesures technologiques (Tableau 4) et les mesures de sensibilisation.

Tableau 4: Mesures technologiques d'adaptation en agriculture

Gestion de la fertilité des sols	Techniques de conservation des eaux, des sols (CES) et du couvert végétal	Techniques mécaniques : diguettes antiérosives (les diguettes en terre et les cordons pierreux), et les zaï Techniques culturales : systèmes de sous-solage, le décompactage au décompacteur IR 12 à bâti polyvalent, le scarifiage, le labour, le
----------------------------------	---	---

		billonnage, le buttage et le buttage cloison Techniques biologiques : paillage, mulch, rotation / assolement cultural Techniques agro-forestières : reboisement, la régénération naturelle assistée (RNA), les bandes enherbées, les mises en défens, l'agriculture de conservation
	Techniques d'intensification	Production et l'utilisation de la matière organique Gestion de la fertilité des sols par l'utilisation des engrais naturels et les ressources agro-minérales locales
Exploitation du potentiel variétal		Mise à disposition aux producteurs du secteur agricole des semences de variétés améliorées en termes de productivité, de la maîtrise du cycle cultural comme les variétés de maïs, sorgho, mil et niébé (INERA 2000).

Les principales techniques d'adaptation intégrées dans le modèle concernent les techniques de CES, notamment les cordons pierreux, les demi-lunes, et les zaï. Ces techniques sont durables parce qu'elles peuvent augmenter le rendement sans affecter la qualité du sol. Les données sont évaluées en termes de superficies couvertes par les technologies d'adaptation.

La deuxième catégorie de politiques d'adaptation agricoles est celle de la sensibilisation, soit des services de vulgarisation qui facilitent l'exploitation et l'adoption des potentiels technologiques.

Le coût appliqué dans le modèle prends en compte ces deux aspects - le coût d'adoption des technologies et la sensibilisation et basé sur ça le modèle simule le taux d'adoption des technologies et leur impact sur l'amélioration des rendements.

Élevage

Le système d'élevage dominant du Burkina Faso dépend étroitement de l'état de l'environnement. Or, ces dernières décennies, on a assisté à une forte dégradation des ressources naturelles due, en partie, à une surexploitation du pâturage imputable à une absence de planification de l'utilisation de l'espace, aux défrichements anarchiques pour les cultures (avancée du front agricole) et surtout aux changements climatiques. A terme, la dégradation des ressources naturelles risque de peser négativement sur le sous-secteur de l'élevage en particulier et sur l'environnement, en général. Il est alors indispensable de retrouver un équilibre entre le système d'élevage et les ressources naturelles dans l'optique d'un développement durable. Ceci passe par la promotion du ranching et le développement de Zones d'Intensification des Productions Animales (ZIPA).

L'objectif global de la Politique Nationale de Développement Durable de l'Élevage est de renforcer la contribution de l'élevage à la croissance de l'économie nationale et partant à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, et à l'amélioration des conditions de vie des populations. Cet objectif global se décline en quatre objectifs spécifiques qui sont :

- Développer des capacités des acteurs du sous-secteur à travers la création de capacités novatrices et le partenariat public-privé ;
- Assurer la sécurité foncière et la gestion durable des ressources pastorales à travers le soutien à l'agro business et la création de zones d'intensification des productions animales (ranchs individuels et collectifs) ;

- Accroître la productivité et les productions animales sur une base durable, à travers les investissements structurants dans les domaines de l'alimentation, de la génétique et de la santé animale ;
- Améliorer la compétitivité des produits animaux et renforcer la liaison entre la production et le marché, à travers la réalisation d'infrastructures marchandes structurantes, la promotion de la qualité nutritionnelle et sanitaire et d'activités promotionnelles.

De ces quatre points il ressort que les mesures d'adaptation vont surtout concerner la gestion durable des pâturages, accroître la productivité des produits animaux par l'exploitation du potentiel génétique et la lutte contre les maladies émergentes.

Similaire à l'adoption des technologies dans l'agriculture, le modèle T21 Burkina Faso prend en compte ces deux types de politiques d'adaptation au secteur de l'élevage :

- La transition du système extensif au système intensif qui intensifie le rendement, mais respecte la capacité de charge du système
- La sensibilisation des acteurs de l'élevage sur les défis environnementaux, les effets néfastes des changements climatiques ainsi que le renforcement des capacités pour l'adaptation et la réduction de la vulnérabilité aux changements climatiques.

Énergie

L'indicateur principal des changements climatiques qui affecte l'énergie est la température qui augmente la demande de l'électricité. Les autres facteurs clés qui influencent la demande de l'électricité sont la population, la performance économique représentée dans la valeur du PIB et la température.

La diversification des sources d'approvisionnement énergétique s'impose avec aussi une recherche à limiter les pertes et à augmenter les rendements énergétiques au niveau des différents usages. D'où l'intérêt de renforcer le recours à l'utilisation des énergies renouvelables telles que l'énergie solaire, éolienne, la biomasse ou les biogaz, l'importation de l'énergie électrique à partir des pays voisins comme la Côte d'Ivoire, l'utilisation du gaz butane. Donc, les mesures d'adaptation dans ce secteur sont bien attachées aux mesures d'atténuation.

Dans le contexte de l'énergie, les politiques d'adaptation suivantes ont été intégrées dans le modèle T21-Burkina Faso :

- Remplacement d'énergie bois, soit, solutions alternatives dans la lutte contre la déforestation: subventions du gaz, efficacité d'énergie (foyer amélioré), cuiseur solaire,
- Augmentation d'efficacité des climatisations, soit, réduction de la demande d'énergie,
- Augmentation d'énergies renouvelables, soit, solutions pour promouvoir la génération d'électricité renouvelable : énergie hydraulique, énergie photovoltaïque.

Santé

La lutte contre les épidémies de méningite au Burkina est basée sur la surveillance épidémiologique. Au regard des insuffisances constatées dans la surveillance et la gestion des épidémies, les mesures d'adaptations suivantes sont proposées par les études qui se sont intéressées à cette thématique.

- Traiter précocement les cas dépistés.
- Vacciner.
- Renforcer la surveillance de la maladie par le système d'information géographique.
- Intensifier les campagnes de sensibilisation et d'information à l'endroit des populations.
- Financer les activités de recherche dans ce domaine.
- Accroître les financements pour la lutte contre les épidémies de méningite.

Pour la lutte contre le paludisme, les mesures d'adaptation suivantes peuvent être retenues :

- Traiter : correctement tout cas de paludisme simple avec les ACT.
- Prévenir : Traitement préventif intermittent du paludisme par la TPI chez les femmes enceintes et les enfants, distribution de moustiquaire imprégné d'insecticide à longue durée d'action en campagne de masse et en routine.
- Lutter contre les vecteurs du paludisme (Pulvérisation intra domiciliaire, communication pour un changement de comportement au niveau de masses médias et des relais communautaires, traitement des gîtes larvaires)
- Informer, éduquer, communiquer : communication pour un changement de comportement au niveau de masses médias et des relais communautaires.
- Surveillance épidémiologique, suivi, évaluation et recherche.

Le modèle T21-Burkina Faso combine toutes ces mesures de la manière suivante :

- Mesures de prévention (méningite et paludisme)
- Mesures de traitement (méningite et paludisme)

Environnement

Dans le contexte du secteur de l'environnement, on a identifié que les mesures d'adaptation doivent viser les forêts et les ressources en eau. Ils sont directement affectés par les changements climatiques : la forêt par la dégradation, la désertification, l'érosion et les ressources en eau par les changements de la pluviométrie et l'augmentation de l'évapotranspiration avec des conséquences importantes par exemple pour l'agriculture. En outre, ils sont interconnectés ainsi que la forêt joue un rôle important pour l'approvisionnement des ressources en eau, la purification de l'eau et de l'air et la séquestration du carbone. Plus général, elle est un facteur clé pour la régulation du climat. C'est pourquoi les mesures concernant la forêt ne sont pas seulement des mesures d'adaptation mais contiennent aussi des éléments d'atténuation.

Donc, pour améliorer la situation de la forêt et des ressources en eau, les politiques d'adaptation suivantes ont été intégrées dans le modèle T21-Burkina Faso :

- Reboisement :
- Construction de barrages :

Le reboisement augmente directement la forêt. Dans le modèle T21-Burkina Faso on prend en compte que ce reboisement doit être un reboisement suivi avec le coût approprié qui inclut le traitement de la surface, trouaison, plants, clôture, surveillant etc. pour assurer un taux de reprise élevé. C'est pourquoi

le coût appliqué basé sur les informations de DGFF/DiFOR est plus de 10 fois plus haute que le coût appliqué dans autres projets de PANA.

La construction des barrages augmente la possibilité d'irrigation et donc la productivité agricole.

Habitat humain / Infrastructure / Catastrophes naturelles

L'indicateur des changements climatiques qui affecte l'habitat humain et les infrastructures est celui de l'intensité des inondations. Les inondations dégradent les infrastructures et comme ça diminuent les infrastructures fonctionnelles. L'infrastructure a un effet direct sur la production économique (le PIB) en ce que le changement relatif de l'infrastructure au fil du temps affecte la productivité totale des facteurs.

Les stratégies d'adaptation des populations du Burkina Faso à la situation de risques de catastrophes naturelles et de vulnérabilité consistent à contourner les plans d'occupation des sols en milieu urbain comme en milieu rural. Dans le contexte de l'habitat humain, des infrastructures et les catastrophes naturelles, les politiques d'adaptation suivantes ont été intégrées dans le modèle T21-Burkina Faso :

- Réhabilitation d'infrastructures/ reconstruction des dommages,
- Actions de prévention : sensibiliser la population aux risques des changements climatiques, constructions de caniveaux.

Alors que la reconstruction n'est qu'une réaction aux dommages, la prévention peut réduire l'effet négatif des inondations. Les caniveaux assurent que l'eau peut facilement s'écouler sans effet destructeur par exemple sur les maisons et la sensibilisation peut aider à éviter que plus des gens logent dans les zones à risque des inondations.

4.4 Données

Pour le calage du modèle T21-Burkina Faso, une quantité considérable de données statistiques a été utilisée. Il y a des données dans deux catégories principales :

- Données historiques (1990 – 2010 avec de différents nombres d'ans d'entre les valeurs) pour des variables clés du modèle T21-Burkina Faso. Ces données historiques servent à caler le modèle de manière qu'on peut évaluer la qualité du modèle en comparant la simulation pour l'horizon historique avec les données statistiques pour cet horizon. Si le modèle reproduit les données historiques du à sa structure causale, ça donne de la confiance pour les simulations pour le futur. Les données historiques couvrent des variables dans tous les secteurs du modèle T21 (voir Tableau 1).
- Données quantifiant les forces d'un effet causal ou les coûts unitaires d'une politique. Ces données servent à estimer, par exemple, les impacts de différentes politiques et surtout celles d'adaptation aux changements climatiques.

Avec l'appui indispensable des beaucoup des individus, on a achevé de compiler une base de données pour plus de 400 variables qui se base sur de nombreuses sources nationales et internationales. Les données des sources nationales viennent par exemple de l'INSD, des enquêtes nationales comme RGPH 1985 et 1996, ED 1991, EDS 1993, 1998-99, 2003 et 2010, enquête annuelle sur les conditions de vie des ménages (EA/QUIBB 2005/2006/2007), enquête burkinabé sur les conditions de vie des ménages 2003 (EBCVM 2003), TOFE, BNDT/RGPH-INSD, DGT 2010, Source loi des Finances/DAF MMCE, SP/CONEDD

2008, MEF, BDOT 1992 + 2002, MECV 2009, Direction des Forêts 2010, Étude MEPRED-Juin 2008, RPTES/CEEF 2002, DGRE, DGE, CONASUR 2002, MEE/Programme GIRE 2000, Projet de gestion intégrée des ressources en eau 2000, DGFF/DiFOR, PANA DGM, Université de Ouagadougou, LAME, Ministère de la santé, annuaires ainsi que les estimations des experts nationaux. Les sources internationales sont en outre la Banque Mondiale (Indicateurs de développement mondiaux, World Development Indicators), Organisation des Nations Unies (ONU), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA), Fond Monétaire International (FMI), AQUASTAT, Administration d'information d'énergie (Energy Information Administration : EIA), et Programme des Nations unies pour le développement (PNUD).

En général, le niveau d'agrégation des données est national (ça veut dire, une valeur moyenne pour le pays entier) et annuel (ça veut dire, une valeur moyenne pour l'année entière). Il y a, quand même, des aspects qui sont représentés de manière plus détaillée :

- Variables climatiques : données pour les trois zones climatiques.
- Production agricole : céréales et reste.
- Carburants : pétrole, gaz, charbon.
- Population : classes d'âges annuelles de zéro à 100 et plus et distinction du sexe.
- Éducation : classes d'éducation annuelles de première à sixième classe.
- Répartition du revenu : 500 classes de revenu.

5 Impact multisectoriel des changements climatiques

Pour élaborer une stratégie d'adaptation aux changements climatiques cohérente et efficace, il faut d'abord estimer les risques liés aux changements climatiques. Pour cette raison, ce chapitre analyse l'impact des changements climatiques sur le développement en général et sur les différents secteurs qui sont au centre de l'étude PANA Programmatique. L'impact des changements climatiques est toujours montré de la même façon : en comparaison entre le scénario de base sans changements climatiques et les différents scénarii avec changements climatiques. Cette comparaison montre clairement que les changements climatiques auront un impact important sur le développement au Burkina Faso. Les résultats soulignent aussi que tous les secteurs au centre d'attention du projet PANA Programmatique deviendront encore plus vulnérables. Les paragraphes suivants vont évaluer cet impact de manière plus détaillée. Nous commençons avec l'impact sur le développement en général et continuons avec les secteurs PANA Programmatique.

5.1 Impact général

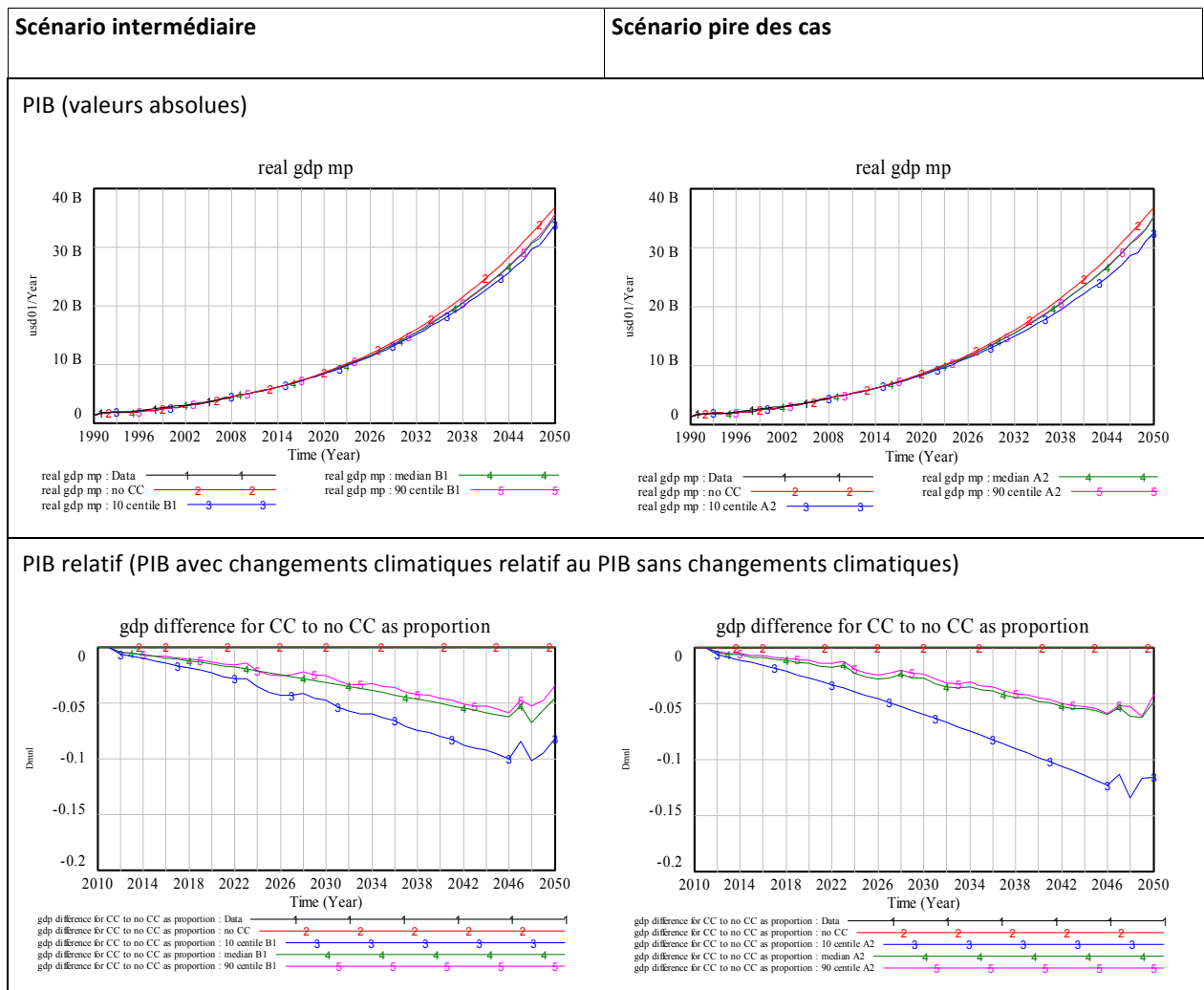
La Figure 19 montre les impacts des changements climatiques sur le développement économique, mesuré par le PIB en termes réels. La figure présente les résultats pour les deux grandes catégories de scénarii avec changements climatiques (A2 et B1), une fois en valeurs absolues, une fois en valeurs relatives, et une fois de manière accumulée pour les années 2010 à 2050. Les graphes supérieurs montrent le développement historique du PIB (ligne « data »), le développement du PIB en valeurs absolues pour le scénario de base sans changements climatiques et le développement du PIB dans les six scénarii avec changements climatiques. La partie intermédiaire de la figure représente ces résultats de manière différente en montrant la différence entre les scénarii avec changements climatiques et celui sans changements climatiques. Une valeur de -0,05 dans ces graphes, par exemple, indique que le PIB dans ce scénario est 5% plus bas que celui du scénario de base dans cet an. La partie inférieure, finalement, accumule les différences entre les scénarii avec changements climatiques et sans changements climatiques pour les années 2012 à 2050 pour calculer les pertes économiques causées par les changements climatiques. Donc, dans le scénario intermédiaire (médiane B1) la perte accumulée pendant ces années (2012-2050) due aux changements climatiques est d'environ 28 milliards US\$01 et dans le scénario pire des cas (10^{ème} centile A2) c'est environ 55 milliards US\$01. C'est un somme qui est égal à sept fois le PIB de l'année 2008 (environ 4 milliards US\$01) pour le scénario intermédiaire. Pour le scénario pire des cas (10^{ème} centile A2) cette perte accumulée est près de quatorze fois le PIB de l'année 2008.

La partie supérieure de la Figure 19, qui montre le développement historique et les projections du PIB au futur, indique que le modèle T21-Burkina Faso reproduit bien le comportement historique (voir la différence minimale entre la ligne « data » et les lignes des simulations). Les simulations révèlent que les changements climatiques auront un effet considérable sur le développement économique au Burkina Faso et qu'ils réduiront le PIB réel par 5% jusqu'à environ 12%.

Les différences entre les six scénarii sont assez petites. Les deux scénarii du 10^{ème} centile génèrent les réductions les plus grandes (le plus prononcé pour le A2 10^{ème} centile). Les médianes et les 90^{èmes} centiles ont des effets très similaires mêmes si les valeurs de leurs indicateurs de changements climatiques sont très différentes. L'explication pour ce résultat est qu'il y a des effets contraires et balançant dans le système. La baisse forte de la précipitation dans les scénarii du 10^{ème} centile réduit de manière directe l'offre d'eau et comme ça la production agricole et en suite la production économique. Dans les scénarii

du 90^{ème} centile, par contre, la réduction de l'offre d'eau est la conséquence de l'augmentation des températures qui, à travers l'évapotranspiration, surpassent l'effet de l'augmentation des pluies. Le stress hydrique semble donc être un levier important pour l'impact des changements climatiques et il est similaire pour les quatre scénarii 90^{ème} centile et médiane A2 et B1. C'est confirmé par les résultats montrés dans Figure 20. Parce que les résultats pour les quatre scénarii 90^{ème} centile et médiane A2 et B1 sont très similaires on facilitera les présentations suivantes et montre seulement des résultats pour la médiane B1 (qui constituera le scénario intermédiaire) et pour le 10^{ème} centile A2 (qui constituera le scénario pire des cas).

Figure 19: Impact des changements climatiques sur le développement économique (PIB en termes réels)



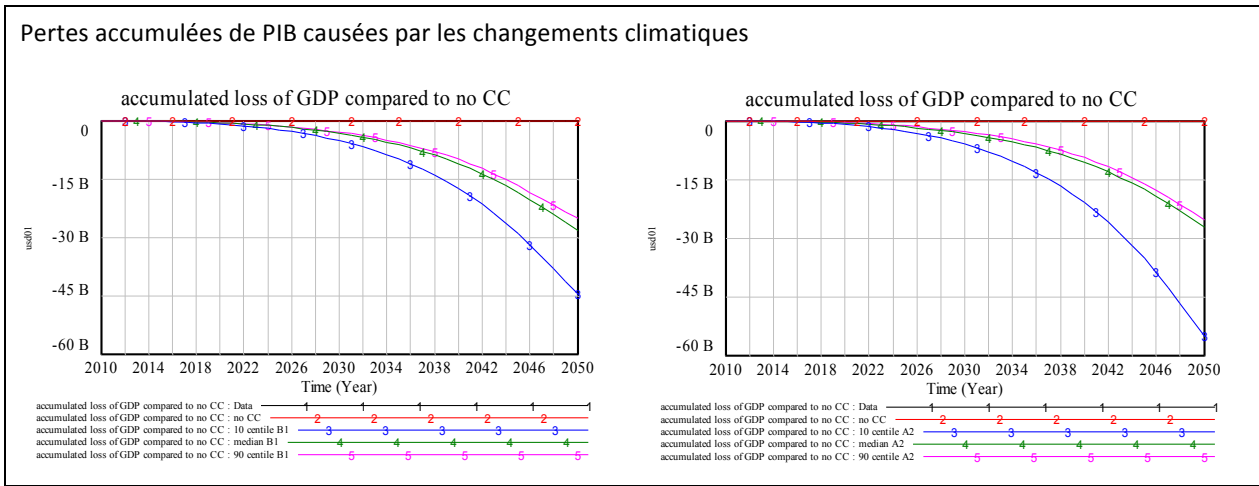
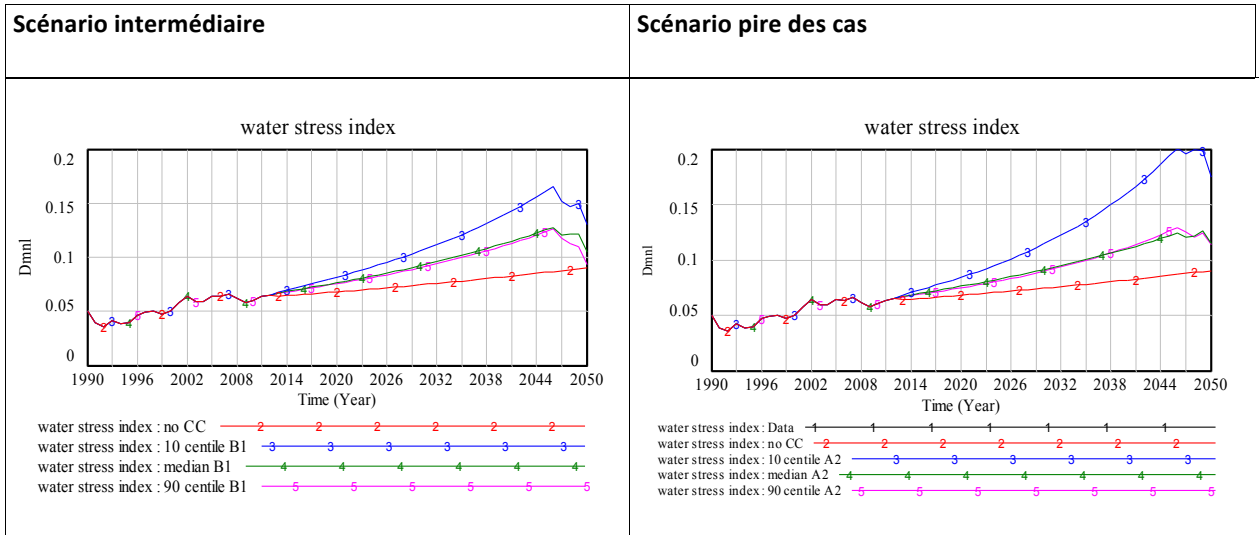
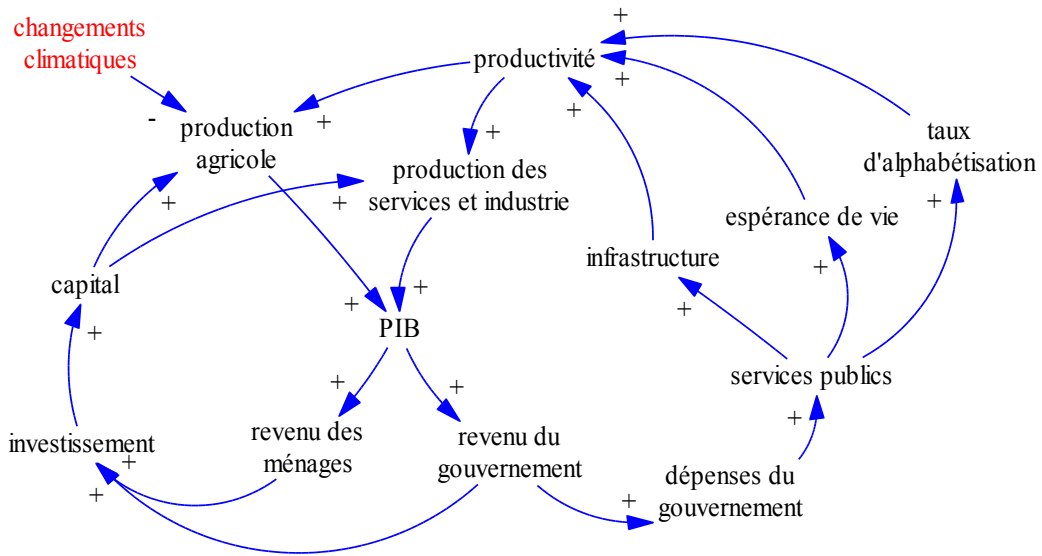


Figure 20: Indexe de stress hydrique dans les six scénarii



Les chiffres sont alarmants et illustrent l'importance des changements climatiques sur l'économie, mais comme on le verra plus tard, aussi sur le développement social et environnemental du Burkina Faso. Pour comprendre l'ampleur de l'impact c'est important de réaliser que les effets directs des changements climatiques, par exemple sur la production agricole, ne représentent qu'une explication partielle. En outre, la grande interconnexion des variables dans le système conduit à ce que les effets directs amorcent les boucles renforçantes du système et produisent l'impact dans toutes les parties du système. Ainsi, les changements climatiques réduisent la production agricole, ce qui réduit le PIB et par conséquent à la fois le revenu des ménages, mais aussi du gouvernement, qui à son tour affecte l'investissement et la consommation et éventuellement autres zones de production que l'agriculture. La Figure 21 visualise certaines de ces boucles de rétroaction clés qui sont responsables pour le fait que la différence entre une situation sans changements climatiques et avec changements augmente au fil du temps.

Figure 21: Diagramme des quelques boucles de rétroaction clés avec changements climatiques



Commentaires :

- Flèches avec un signe + : Description d'une relation causale qui va dans la même direction. Par exemple : Si le PIB augmente, le revenu des ménages augmente et si le PIB diminue, le revenu diminue.
- Flèches avec un signe - : Description d'une relation causale qui va dans des directions contraires. Par exemple : Si les changements climatiques augmentent, la production agricole diminue et si les changements climatiques diminuent, la production agricole augmente.

Le Tableau 5 fait un sommaire d'autres impacts généraux (soit, intersectoriels) des changements climatiques. Il compare la situation capturée par les différents indicateurs en 2050 par rapport à la situation 2050 sans changements climatiques.

Tableau 5: Sommaire des impacts intersectoriels des changements climatiques (pourcentages 2050 par rapport au scénario de base sans changements climatiques)

Indicateur	Médiane B1	10 ^{ème} centile A2
PIB	-5%	-12%
Production des services et industries	-5%	-9%
Population	-0,3%	-0,5%
Taux d'alphabétisation	-0,01%	-0,04%
Espérance de vie	-0,6%	-1%
Index de développement humain	-1%	-2%
Taux de pauvreté	+12%	+32%

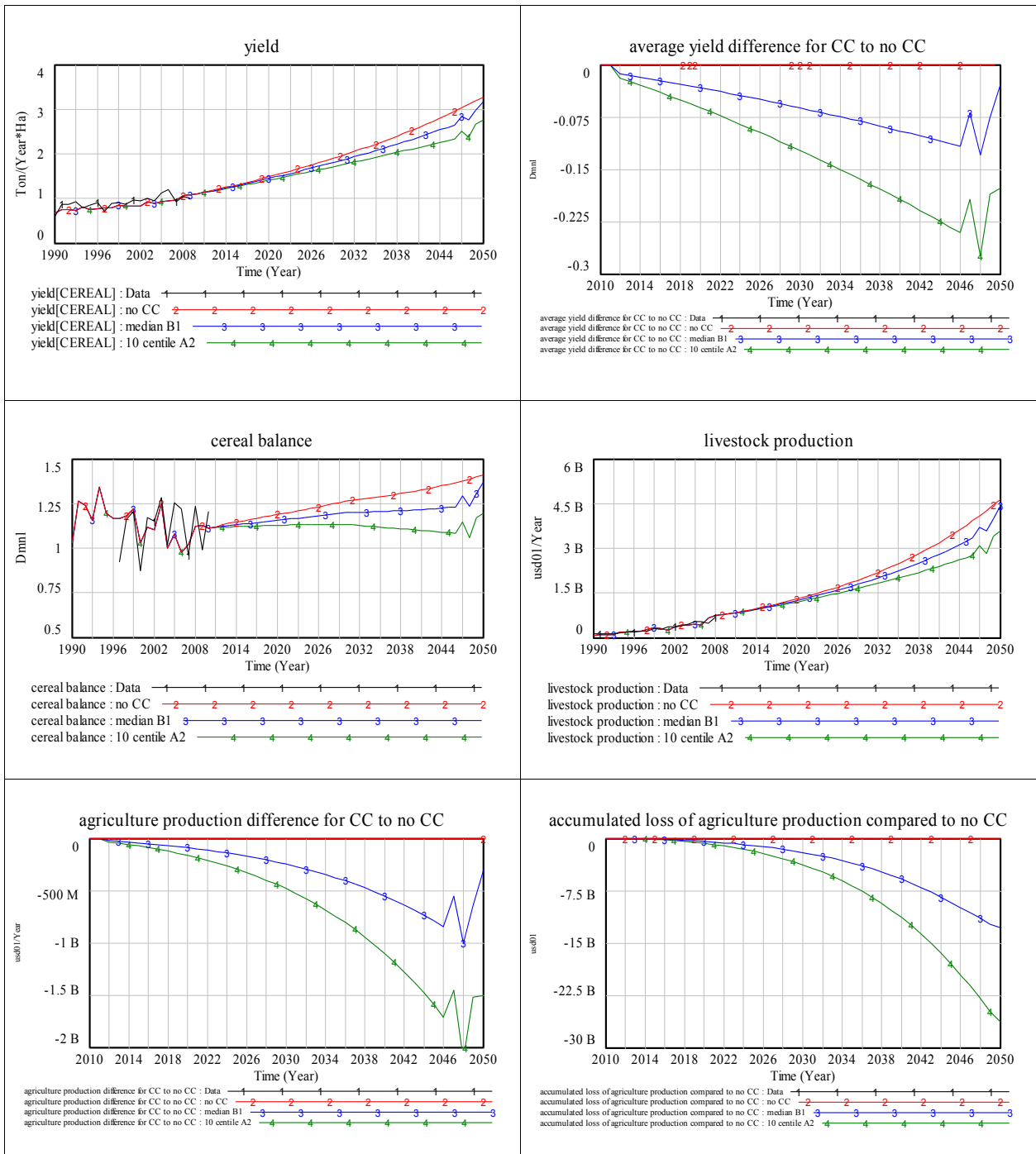
5.2 Impact multisectoriel

Agriculture et élevage

Figure 22 présente l'impact des changements climatiques sur les secteurs de l'agriculture et de l'élevage. Reflétant l'importance de ces deux secteurs, les impacts dans ces secteurs sont considérables : Les pertes

en production agricole forment plus de la moitié des pertes économiques totales (Figure 19). Dans le secteur de l'agriculture et de l'élevage, les impacts sont tous négatifs (réduction de rendements agricoles, réduction de la production de l'élevage et de l'agriculture) ce qui augmente encore plus la vulnérabilité des secteurs clés pour le Burkina Faso. Les résultats sont en ligne avec les résultats des autres études sur l'impact des changements climatiques à l'agriculture (Boko et al 2007, Gommès et al 2009).

Figure 22: Impact des changements climatiques sur l'agriculture et l'élevage

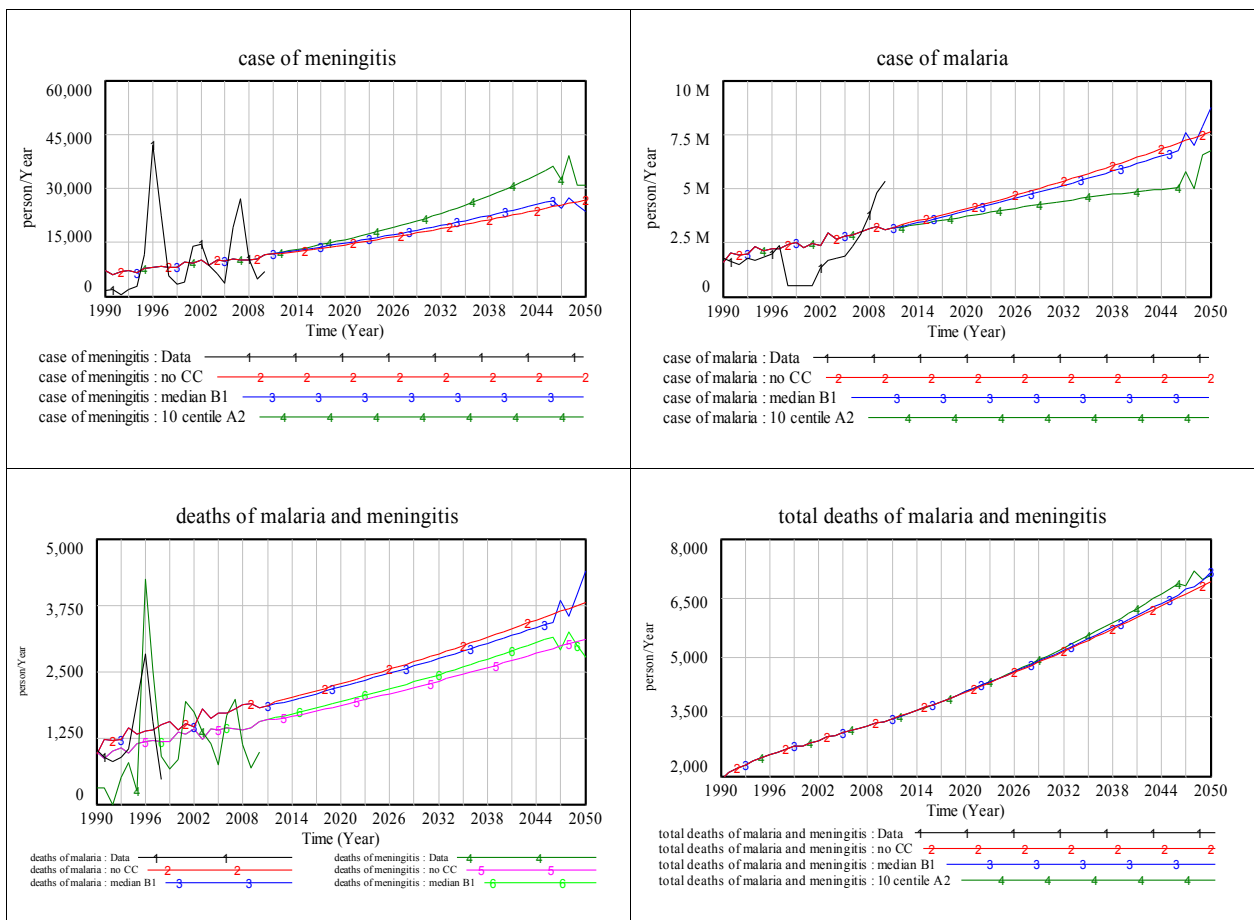


Santé

Les changements climatiques augmenteront les cas de la méningite à travers les températures et l'évapotranspiration augmentées. Dans le cas du paludisme, l'évapotranspiration augmentée réduira l'offre d'eau et comme ça le risque du paludisme (Figure 23). Si on comparait l'échelle des cas de méningite et du paludisme, on constate que la baisse des cas du paludisme affectera plus de gens que l'augmentation des cas de méningite.

Parce que la mortalité de la méningite est plus élevée que celle du paludisme, l'effet sur les décès totaux des deux maladies est quand même plus grand dans les scénarii avec changements climatiques que dans le scénario de base.

Figure 23: Impact des changements climatiques sur le secteur de la santé



Énergie

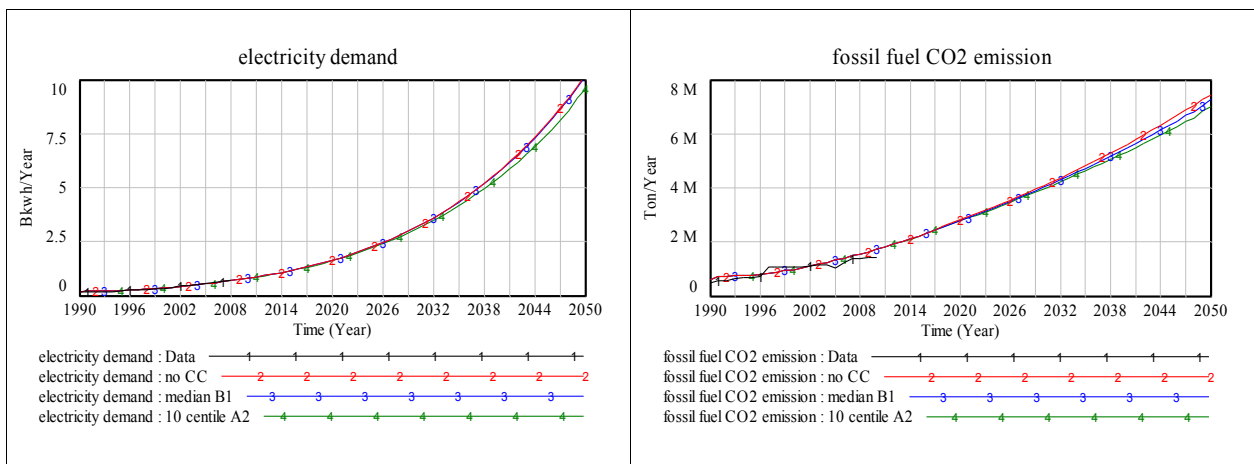
L'impact des changements climatiques dans le secteur de l'énergie concerne la demande d'électricité et la consommation des combustibles traditionnels.

La demande totale d'électricité dans tous les scénarii augmente en raison de la croissance démographique et la croissance du PIB. Puisque le PIB est plus élevé dans le scénario sans changement climatique, nous nous attendons à voir aussi une demande d'énergie élevée pour ce scénario. Ce n'est pas le cas, comme dans les scénarii avec des changements climatiques, c'est l'augmentation de la température qui augmente la demande en énergie. Cela explique pourquoi les scénarii avec et sans changements climatiques dans Figure 24 montrent un comportement similaire. Ainsi, dans les scénarii

avec changements climatiques, l'augmentation de la température est le principal déterminant de la demande énergétique croissante alors que dans le scénario sans changements climatiques, il est l'augmentation du PIB.

Bien que la consommation d'électricité dans le scénario médiane B1 et le scénario sans changements climatiques est presque la même, les émissions provenant des émissions des gaz à effet de serre diffèrent entre les deux scénarii. Les émissions plus élevées de gaz à effet de serre dans le scénario sans changements climatiques sont dues à l'augmentation du PIB et le fait que la production économique repose principalement sur les combustibles fossiles tandis qu'en climatisation, la demande d'électricité, par exemple, peut également être atteinte par d'autres sources d'électricité.

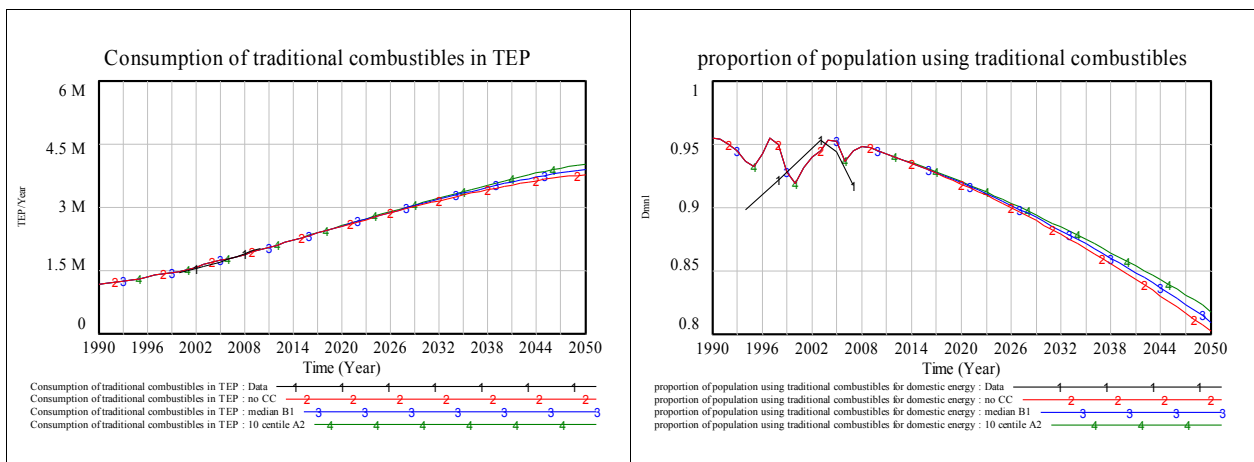
Figure 24: Effets des changements climatiques sur la demande d'électricité et l'émission des gaz à effet de serre



L'utilisation des combustibles traditionnels est élevée et en augmentation dans tous les scénarii (Figure 25). Cependant, il peut être remarqué que le scénario sans changements climatiques montre la plus faible consommation globale. Dans le scénario sans changements climatiques, le PIB est plus élevé, ce qui augmente les revenus du gouvernement et donc ses dépenses. Une partie de ces dépenses peut être investie dans la promotion d'alternatives telles que le gaz.

La forte consommation de combustibles traditionnels est un énorme problème car il est l'un des principaux facteurs des taux élevés de déforestation insupportable qui conduisent à une forte diminution de la superficie forestière comme on peut le voir dans le paragraphe suivant.

Figure 25: Effets des changements climatiques sur la consommation des combustibles traditionnels

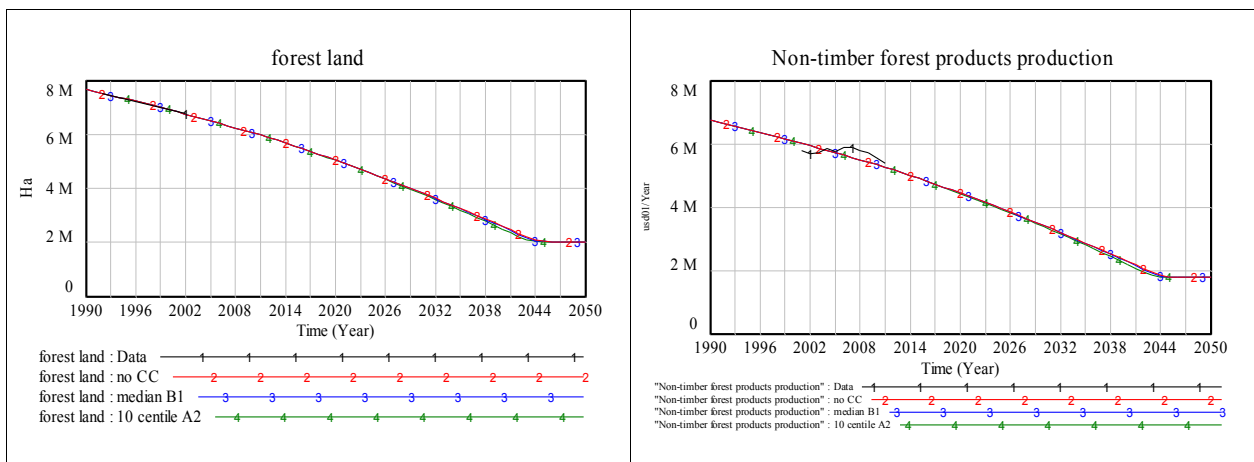


Environnement

Pour évaluer la vulnérabilité de l'environnement, cette section se penche sur les deux sous-secteurs des forêts et des ressources en eau. Comme on peut le voir clairement dans la Figure 26 (partie à la gauche), la tendance pour la zone forestière au Burkina Faso est alarmante. Les simulations montrent que la tendance à la baisse des dernières années continue dans tous les scénarii et n'est arrêté que vers 2045 lorsque la zone est réduite si bien que seules les zones protégées sont à gauche. En supposant que près de la moitié de l'aire protégée au Burkina Faso, ce qui représente environ 3,9 millions d'hectares en 2008 (MECV 2009), soit plus de forêt ou ne sont pas protégés de manière efficace, les simulations montrent une diminution allant jusqu'à 2 millions d'hectares de plus que l'origine de 7 millions d'hectares en 1992 (IGNFI, IGB 1992).³ La figure montre également que la forêt diminue de manière similaire pour les scénarii avec et sans changements climatiques, mais que la tendance est encore exacerbée dans les scénarii avec changements climatiques. Ceci est causé par deux faits. Tout d'abord, moins les dépenses du gouvernement sont disponibles pour la promotion des sources d'énergie alternatives ou d'une utilisation plus efficace des combustibles traditionnels. D'autre part, la dégradation des terres est augmentée en raison de l'érosion et de la désertification.

La diminution de la forêt a plusieurs autres effets graves sur le système. Juste pour visualiser un exemple, Figure 26 (partie à la droite) présente la valeur ajoutée des produits forestiers non ligneux qui suit la tendance de la forêt diminue. Cependant, le graphique ne montre que l'effet monétaire. En outre, il y aurait aussi des effets non-monnaïres comme les gibiers, animaux à fourrure, les noix et les graines, les baies, les champignons, les huiles, le feuillage, les plantes médicinales, la tourbe, le fourrage, etc. – qui sont tous des sources importantes de non-revenu monétaire en particulier pour les plus pauvres. D'autres services écosystémiques fournis par la forêt comprennent par exemple la séquestration du carbone, la régulation du climat, l'approvisionnement en eau, la purification de l'eau et de l'air, et la fourniture de moyens de subsistance pour la vie animale et végétale, dont le manque diminue la biodiversité avec d'autres conséquences pour l'écosystème, mais également sur des secteurs tels que le tourisme et la découverte scientifique.

Figure 26: Effets des changements climatiques sur les forêts

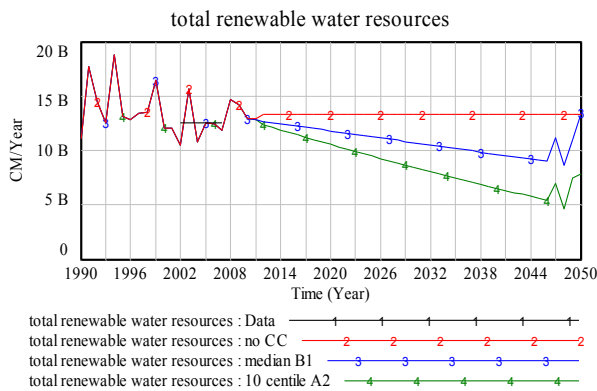


L'impact des changements climatiques sur les ressources en eau est très direct. Comme on peut le voir dans la Figure 27, la diminution des précipitations associée à l'augmentation de la température entraîne

³ La superficie de la forêt utilisée par T21-Burkina Faso contient la savane arbustive, forêt galerie et forêt claire comme définit dans le BDOT (IGNFI, IGB 1992 et 2002).

une diminution des ressources en eau renouvelables entraînant une augmentation du stress hydrique. Cela a des conséquences graves pour l'écosystème et les êtres humains comme par exemple l'impact négatif sur les rendements agricoles présenté auparavant.

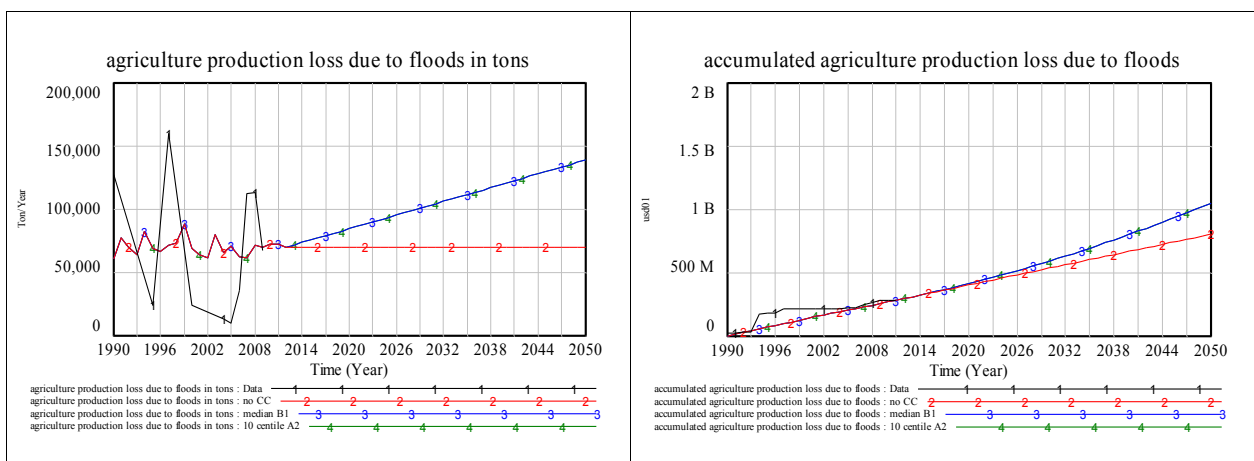
Figure 27: Effets des changements climatiques sur les ressources en eau



Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles

L'impact principal des changements climatiques sur l'habitat humain et l'infrastructure est causé par des catastrophes naturelles, et au Burkina Faso en particulier par les inondations. La Figure 28 montre les résultats de simulation pour la perte annuelle de la production agricole en tonnes sur le côté gauche et la perte accumulée sur le côté droit. Les chiffres montrent que, en moyenne, il y a déjà une destruction d'environ 70.000 tonnes par an. Avec l'augmentation supposée de l'intensité des inondations, cela double presque jusqu'en 2050 à plus de 130.000 tonnes par an pour les scénarios avec changements climatiques. Ajout de toute la production agricole détruite depuis 1990, la perte achèvent à une valeur d'environ 800 millions US\$01 pour le scénario sans changements climatiques et plus d'un milliard de US\$01 pour les scénarii avec changements climatiques.

Figure 28: Effets des changements climatiques sur les pertes agricoles causées par les inondations

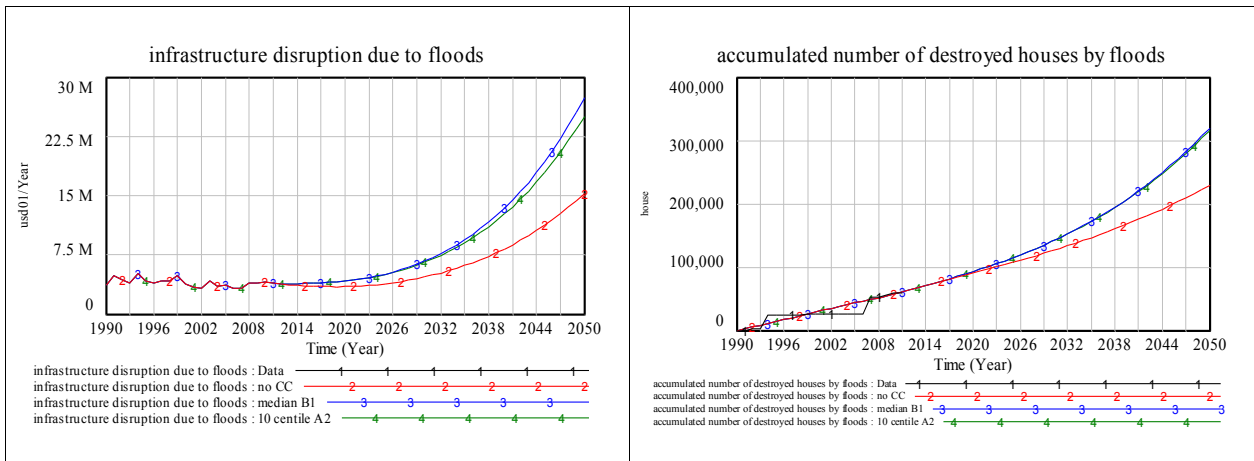


De même, la Figure 29 présente la destruction de maisons et d'infrastructures. Le graphique à gauche montre la perte annuelle estimée de l'infrastructure à cause des inondations mesurée en termes monétaires (US\$01). La simulation montre une tendance croissante de la destruction dans tous les scénarii en raison du fait que la croissance démographique et la croissance du PIB augmentent la construction des infrastructures et des habitations. En plus de l'infrastructure existe, d'autres peuvent être détruites par les inondations. C'est aussi la raison pour la différence entre le scénario intermédiaire

et pire des cas où la hausse de la production dans le scénario B1 (le scénario intermédiaire) conduit à davantage d'investissements et une plus grande densité de l'infrastructure par rapport au scénario A2 (scénario pire des cas).

Le graphique à droite permet de visualiser que, entre 1990 et 2011, déjà environ 60.000 maisons ont été détruites et pour l'avenir avec les changements climatiques, ce nombre pourrait augmenter jusqu'à 300.000 maisons. Ainsi, en supposant qu'en moyenne, 19 personnes vivent dans une maison, les inondations détruisent chaque année environ 0,4% des maisons au Burkina Faso.

Figure 29: Effets des changements climatiques sur l'infrastructure



6 Coûts d'adaptation

Ce chapitre calcule l'impact des politiques d'adaptation qui étaient décrites au chapitre 4.3. Il est important de souligner que cette analyse ne pouvait pas élaborer ces politiques en détail. Le but était plutôt d'arriver à un aperçu sur ce qui peut être achevé avec ces politiques et sur les coûts nécessaires pour réaliser ses effets. Cette analyse peut donc informer l'élaboration d'une stratégie d'adaptation détaillée mais elle ne peut pas la remplacer. Les paragraphes suivants calculent la somme nécessaire pour compenser les effets des changements climatiques et ils décrivent l'impact des politiques d'adaptation dans les différents secteurs. Les coûts unitaires des mesures d'adaptation intégrées dans cette étude sont listés dans l'annexe 3 et les investissements additionnels pour compenser les effets des changements climatiques par an et secteur se trouvent dans l'annexe 4. Le total des dépenses publiques par secteur, y compris les dépenses normales du gouvernement et de l'investissement adaptation supplémentaire, peut être trouvé dans l'annexe 5.

Dans ce chapitre, nous utilisons les mêmes scénarii illustratifs comme dans le chapitre précédent (médiane B1 pour un scénario intermédiaire, 10^{ème} centile A2 pour un scénario pire des cas). Nous comparons le scénario de base sans changements climatiques, les scénarii avec changements et les effets des mesures d'adaptation dans ce scénario de changements climatiques.

Pour le financement des mesures d'adaptation, on assume un investissement additionnel d'un certain pourcentage du PIB chaque an entre 2014 et 2050. Ce pourcentage est calculé en utilisant des algorithmes d'optimisation qui permettent de minimiser l'écart entre le PIB dans le scénario de base sans changements climatiques et le PIB dans les scénarii avec changements climatiques.

L'hypothèse est que cette somme vient de l'étranger en forme de dons. Ces hypothèses sont en ligne avec d'autres études comme les études sur l'économie verte (UNEP 2011) ou d'autres projets d'adaptation aux changements climatiques (Bassi et al. 2011). Cette hypothèse a une conséquence importante dans le modèle. Comme l'investissement additionnel est ajouté aux dons pour le gouvernement, ils n'influencent pas seulement leurs secteurs cibles mais ils augmentent aussi l'investissement total et la consommation totale du gouvernement ce qui augmente la production dans les secteurs primaires, secondaires et tertiaires.

6.1 Coûts d'adaptation

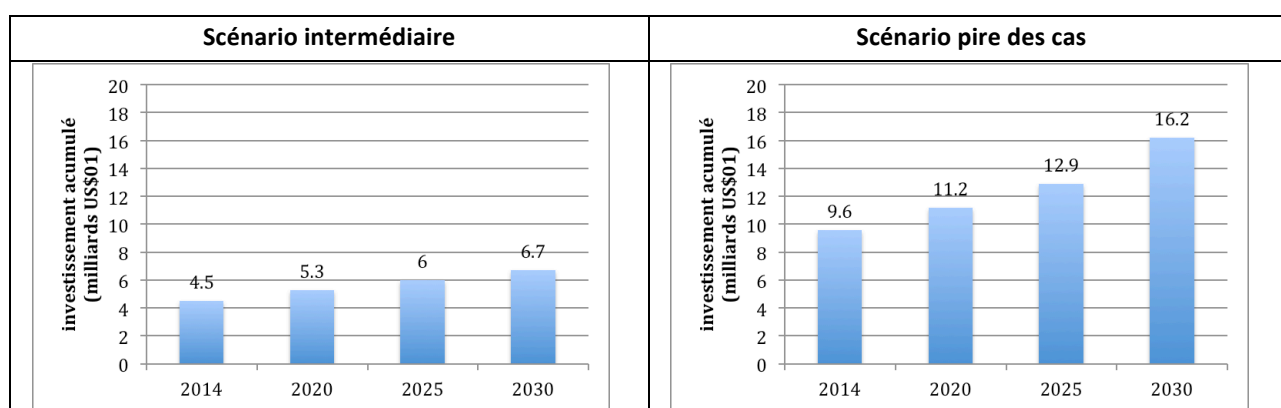
Pour le scénario intermédiaire (médiane B1), les simulations d'optimisation ont montré que 0,7% du PIB chaque année est nécessaire pour compenser les impacts négatifs des changements climatiques. Dans le scénario pire des cas (10^{ème} centile A2), ce sont même 1,5% du PIB chaque année. Le Tableau 6 indique le coût total de ces investissements, c'est-à-dire, les coûts accumulés pour la période entre 2014 et 2050. Il montre également la répartition optimale de ces investissements entre les secteurs de l'agriculture, de l'élevage, de l'énergie, de la santé, de l'environnement et de l'habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles. La dernière ligne dans le tableau indique les bénéfices de l'adaptation. Les bénéfices de l'adaptation sont les pertes en PIB causées par les changements climatiques et évitées par l'adaptation. Les bénéfices totaux sont les pertes accumulées entre 2014 et 2050 (voir aussi chapitre 5.1).

Tableau 6: Coûts et bénéfices de l'adaptation

	Scénario intermédiaire	Scénario pire des cas
Coûts		
Coûts totaux (2014 – 2050)	4,5 milliards US\$01	9,6 milliards US\$01
Agriculture : 35% des investissements	1,58 milliards US\$01	3,36 milliards US\$01
Élevage : 10% des investissements	450 millions US\$01	960 millions US\$01
Énergie : 30% des investissements	1,35 milliards US\$01	2,88 milliards US\$01
Photovoltaïque (50%)	675 millions US\$01	1,44 milliards US\$01
Cuseur solaire (15%)	203 millions US\$01	432 millions US\$01
Efficacité de climatisation (6%)	81 millions US\$01	173 millions US\$01
Hydroélectricité (5%)	68 millions US\$01	144 millions US\$01
Foyer amélioré (1%)	14 millions US\$01	29 millions US\$01
Autres (23%)	311 millions US\$01	662 millions US\$01
Santé : 5% des investissements	225 millions US\$01	480 millions US\$01
Environnement : 10% des investissements	450 millions US\$01	960 millions US\$01
Reboisement (50%)	225 millions US\$01	480 millions US\$01
Construction de barrages (50%)	225 millions US\$01	480 millions US\$01
Habitat humain / infrastructure /catastrophes naturelles : 10% des investissements	450 millions US\$01	960 millions US\$01
Reconstruction (60%)	270 millions US\$01	576 millions US\$01
Prévention – construction de caniveaux (20%)	90 millions US\$01	192 millions US\$01
Prévention – sensibilisation (20%)	90 millions US\$01	192 millions US\$01
Bénéfices		
Pertes en PIB évitées (2014 – 2050)	28 milliards US\$01	55 milliards US\$01

Le Tableau 6 montre que les coûts de l'adaptation sont modérés par rapport aux bénéfices, ça veut dire, par rapport aux pertes économiques évitées. Néanmoins, ces coûts augmentent de manière considérable si la mise en œuvre de l'adaptation est retardée. La Figure 30 compare le coût d'adaptation pour quatre différents point de départ, soit, pour quatre différentes années en lesquelles les investissements d'adaptation sont mis en œuvre (2014 ce qui est l'année utilisée pour toutes autres simulations, et 2020/ 2025/ 2030).

Figure 30: Coûts d'adaptation en fonction du point de départ (année en laquelle les investissements d'adaptation sont mis en œuvre)



Le Tableau 7 présente les chiffres exacts et le pourcentage d'investissement nécessaire par rapport aux investissements nécessaires si la réalisation commence en 2014. Ces chiffres montrent que les coûts accumulés (la somme de l'investissement qui est nécessaire pour compenser la perte en PIB par rapport au scénario sans changements climatiques) est environ 20% plus grand si l'investissement commence en 2020 par rapport au début en 2014 ; environ 35% plus grand avec le début en 2025 ; et entre 50% et 70% plus grand si on commence en 2030.

Tableau 7: Coûts de l'adaptation dépendant de début de l'investissement

	Investissements accumulés (milliards US\$01)		Investissements accumulés (pourcentage par rapport au début en 2014)	
	Scénario intermédiaire	Scénario pire des cas	Scénario intermédiaire	Scénario pire des cas
2014	4,5	9,6	100%	100%
2020	5,3	11,2	118%	117%
2025	6,0	12,9	133%	134%
2030	6,7	16,2	149%	169%

Les différences remarquables causées par le début de l'investissement additionnel dans les années différentes peuvent s'expliquer par plusieurs raisons. Tout d'abord, un début plus tard de l'investissement supplémentaire signifie que dans les années précédents du début, l'impact négatif des changements climatiques déjà réduit le pouvoir économique avec le résultat que plus tard, un écart plus grand doit être compensé (voir Figure 31). Deuxièmement, les boucles de renforcement clés du système ont plus de temps à se développer lorsque l'investissement commence plus tôt et donc peuvent développer plus de force de sorte que moins d'investissement est nécessaire (voir Figure 32).

Figure 31: PIB relatif (PIB des scénarios avec changements climatiques et mesures d'adaptation avec les débuts différents relatif au PIB sans changements climatiques)

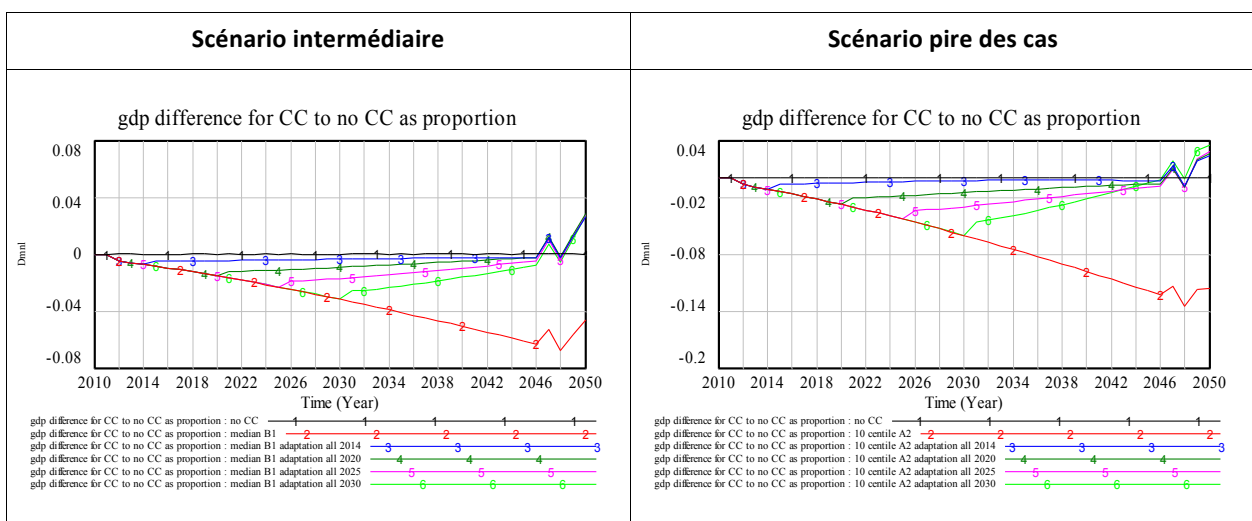
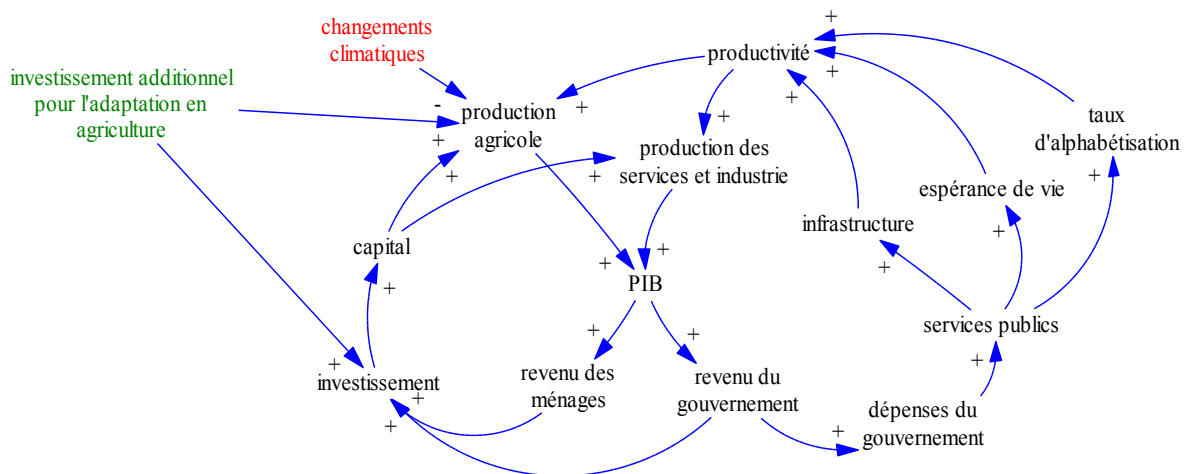


Figure 32: Diagramme des quelques boucles de rétroaction clés avec changements climatiques et adaptation



Commentaires :

- Flèches avec un signe + : Description d'une relation causale qui va dans la même direction. Par exemple : Si le PIB augmente, le revenu des ménages augmente et si le PIB diminue, le revenu diminue.
- Flèches avec un signe - : Description d'une relation causale qui va dans des directions contraires. Par exemple : Si les changements climatiques augmentent, la production agricole diminue et si les changements climatiques diminuent, la production agricole augmente.

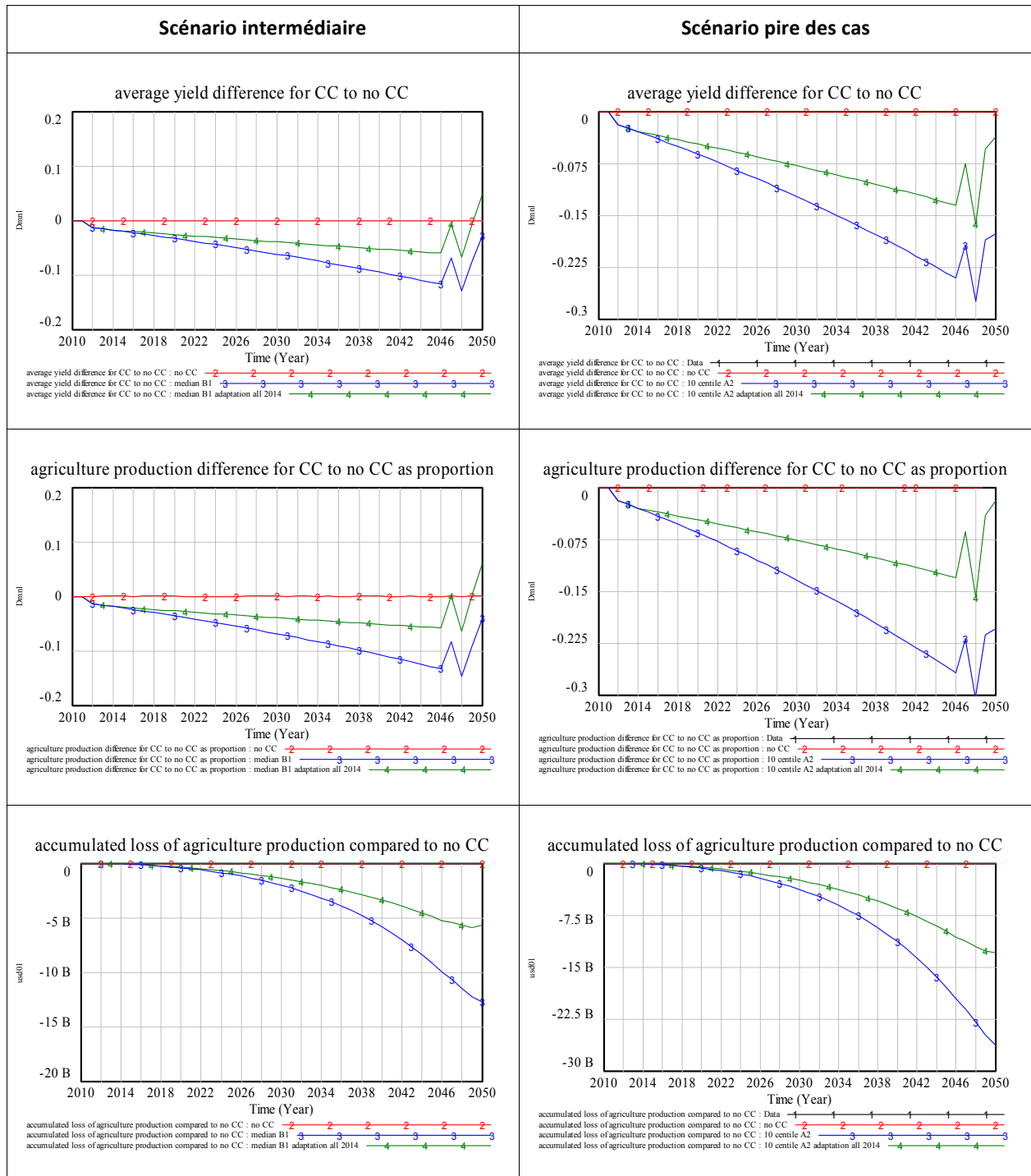
6.2 Effets des politiques d'adaptation sur les secteurs individuels

Agriculture et élevage

Le chapitre sur les impacts des changements climatiques a bien montré la vulnérabilité de ce secteur. Les mesures d'adaptation dans le secteur de l'agriculture sont sommées dans les services de vulgarisation à travers lesquels les paysages reçoivent les connaissances et les technologies nécessaires pour augmenter les rendements de leurs cultures.

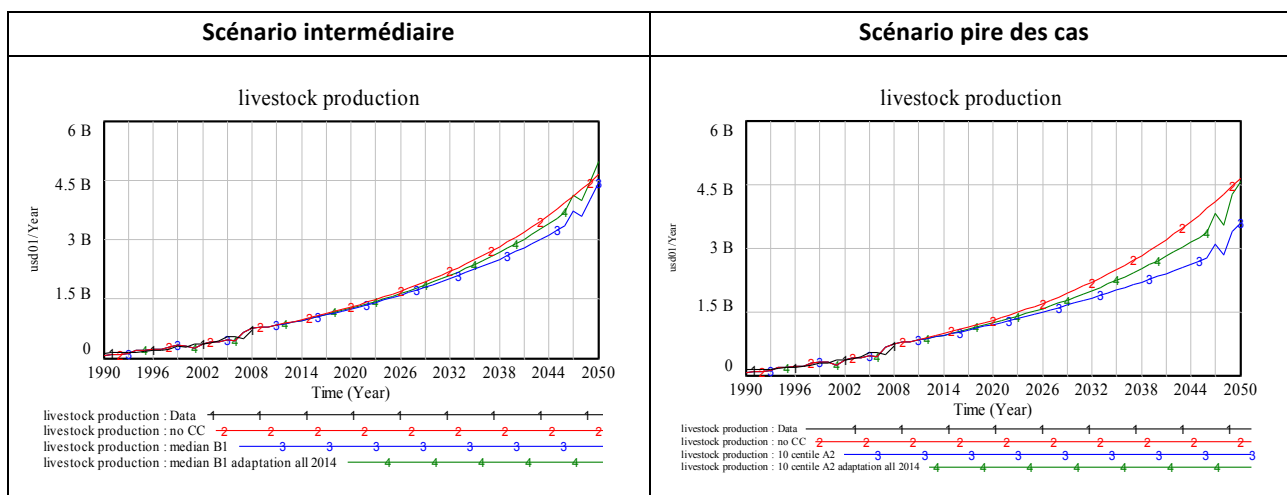
La Figure 33 montre que les investissements d'adaptation n'achèvent pas de compenser tous les effets néfastes des changements climatiques. Le rendement agricole reste plus bas de ce qu'il aurait été sans changements climatiques. Dans le scénario intermédiaire, la différence est seulement très petite. Pour compenser la réduction en rendements entière, il faudrait un investissement seulement dans le secteur de l'agriculture d'environ 0,6% du PIB au cas du scénario intermédiaire et de 2% du PIB au cas du scénario pire des cas.

Figure 33: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de l'agriculture



La Figure 34 montre les effets des mesures d'adaptation dans le secteur de l'élevage. Contraire au secteur de l'agriculture, les investissements d'adaptation dans ce secteur suffisent pour compenser presque tous les impacts négatifs des changements climatiques pour le scénario intermédiaire. Comme pour le secteur de l'agriculture, l'impact négatif des changements climatiques dans le scénario pire des cas ne peut pas être compensé complètement même avec les mesures d'adaptation.

Figure 34: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de l'élevage

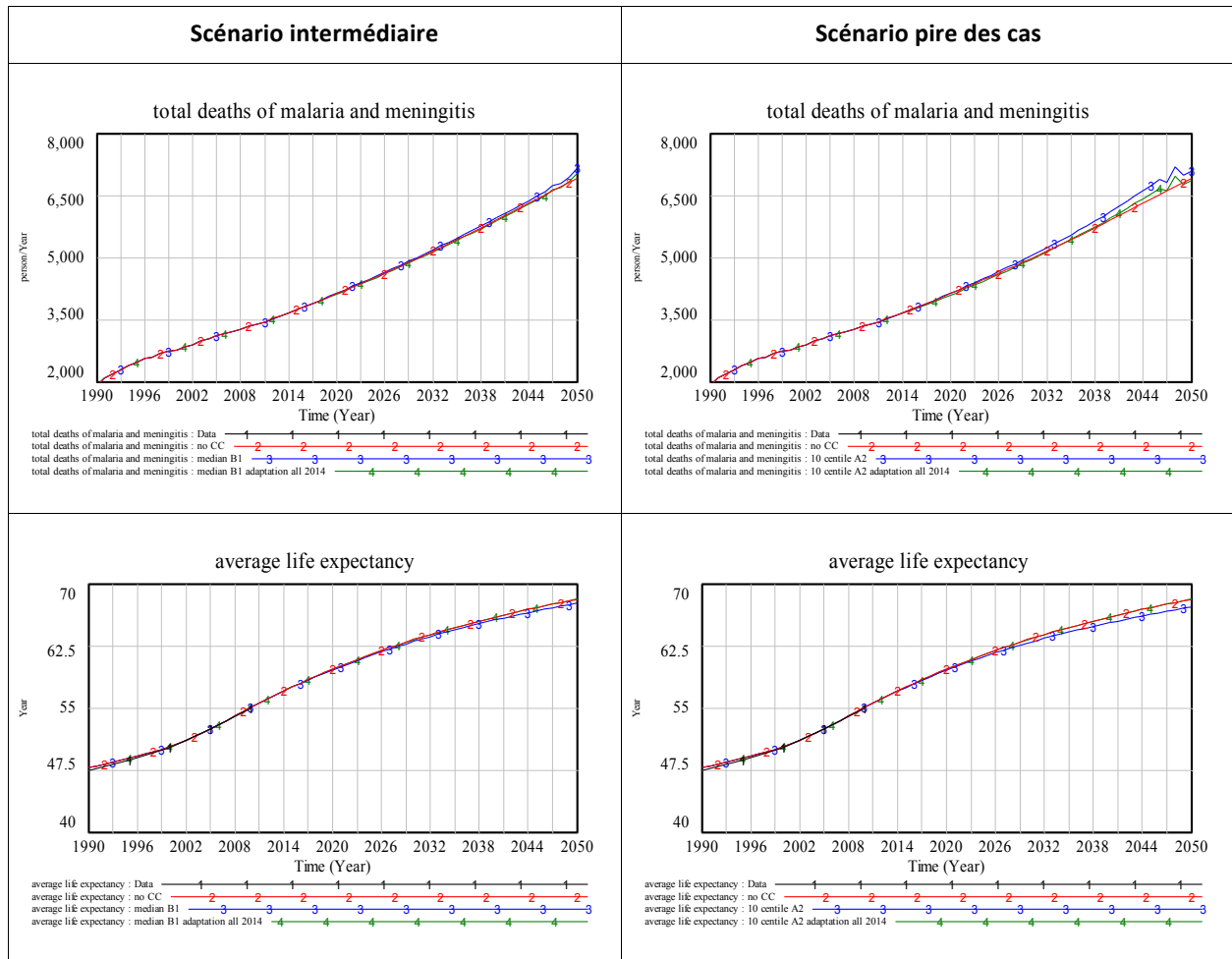


Santé

L'analyse de la vulnérabilité a montré que les changements climatiques pourraient entraîner une augmentation des décès, à la fois dus au paludisme et à la méningite. Pour éviter ces décès, il faut des investissements à la fois pour le traitement et la prévention. Avec ces investissements, les impacts néfastes des changements climatiques peuvent être compensés (Figure 35). La prévention est particulièrement importante parce que des mesures très simples et pas chères comme le beurre de Karité peuvent réduire de manière considérable les cas de méningite. Les investissements au secteur de la santé sont aussi importants parce que l'impact économique du paludisme est estimé à une réduction annuelle moyenne de la croissance économique de 1,3% pour les pays africains les plus touchés (Gallup et Sachs, 2001 ; cité en Boko et al, 2007).

Il est important de noter que T21-Burkina Faso ne représente explicitement que les deux maladies du paludisme et de la méningite. D'autres maladies telles que la dengue ainsi que les hantavirus, la leishmaniose, la maladie de Lyme et la schistosomiase ne sont pas inclus. D'autres impacts des changements climatiques sur la santé pourraient inclure les blessures et les décès dus à des événements météorologiques extrêmes. Des niveaux de chaleur amplifiés du smog pourraient aggraver les troubles respiratoires et les maladies du cœur et des vaisseaux sanguins, tandis que dans certaines régions climatiques induites par le changement des augmentations des concentrations d'aéroallergènes (pollens, spores) pourraient amplifier les taux de maladies allergiques respiratoires (World Bank 2012). Du aux manques de données et au temps limité dans cette étude on n'a pas intégré tous ces maladies. Donc, les investissements nécessaires pour traiter tous les effets des changements climatiques à la santé pourraient être plus élevés que les chiffres montrés dans cette étude.

Figure 35: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de la santé



Énergie

Les défis d'adaptation et d'atténuation dans le secteur de l'énergie sont de deux ordres: à la fois, le secteur de l'électricité et de l'utilisation des combustibles traditionnels doit être transformé de sorte que la consommation d'énergie sera durable. Cette section montre combien on peut faire dans ce domaine avec les investissements dans les énergies décrites au Tableau 6.

En ce qui concerne l'électricité, les mesures suivantes accroissent la durabilité: Tout d'abord, 6% des investissements dans l'énergie pour augmenter l'efficacité de climatisations conduisent à une couverture de plus de 90% de tous les climatisations. Cela permet de réduire la demande d'énergie pour la climatisation de 44% et la demande d'électricité totale de plus de 8% (Figure 36, graphiques pour la demande de l'électricité dans les deux scénarii avec changements climatiques).

Deuxièmement, l'investissement dans le secteur de l'énergie est utilisé pour augmenter la production d'électricité à partir de ressources renouvelables (Figure 36, graphiques sur la génération des énergies renouvelables, la proportion de l'énergie renouvelable de la génération totale d'électricité et sur les importations de l'électricité). Cet investissement est urgent, car la demande d'électricité augmente considérablement au fil du temps. L'argent est investi de deux façons différentes:

- Hydroélectricité: Les études burkinabés montrent qu'il y a une limite à la production d'hydroélectricité à environ 674GWh (Sonabel 1999). Les investissements dans l'hydroélectricité

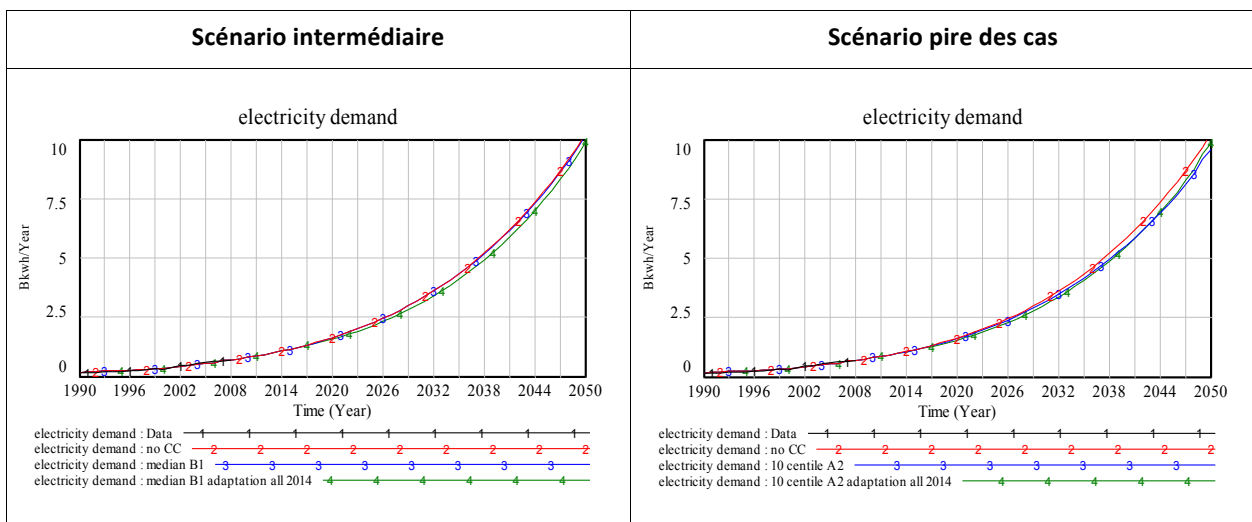
ne peuvent donc pas dépasser 5% des investissements énergétiques. À la fin des années 2030, le potentiel de production peut être exploitée avec ces investissements.

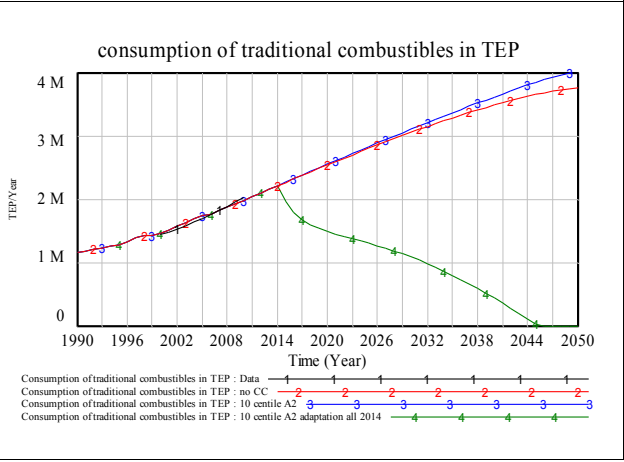
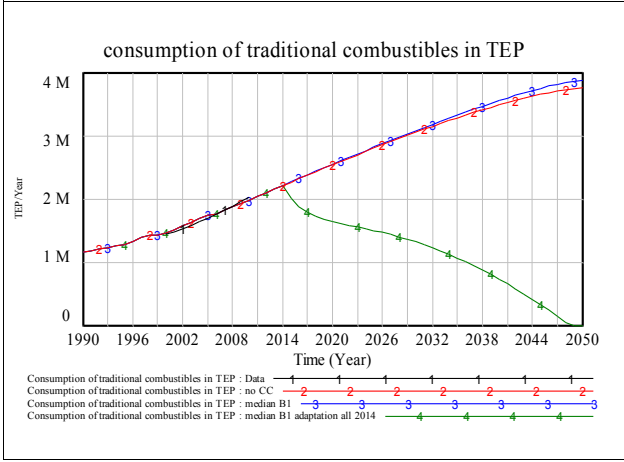
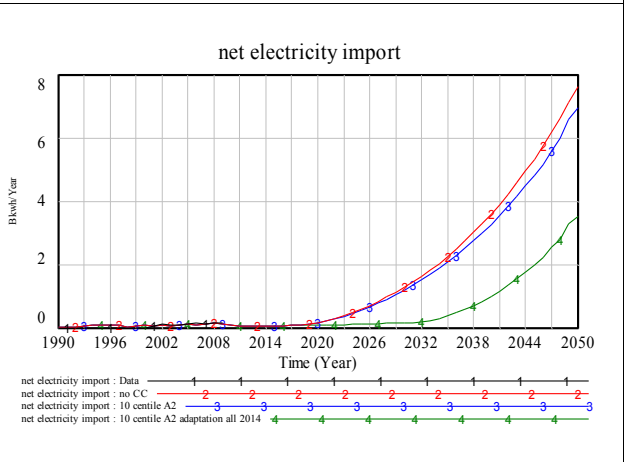
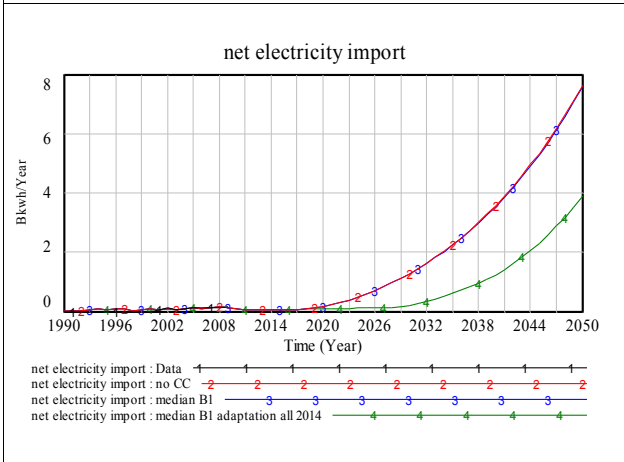
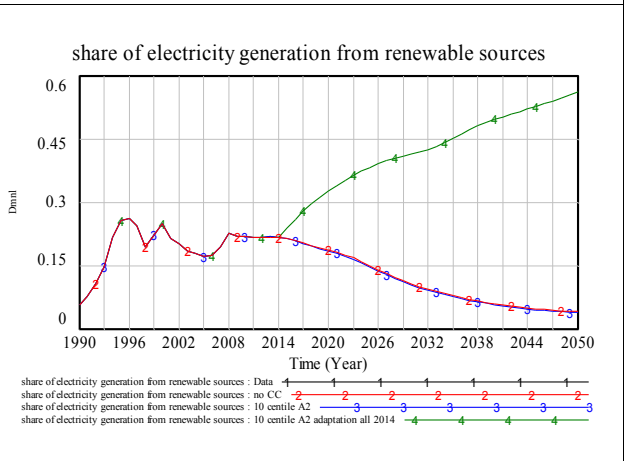
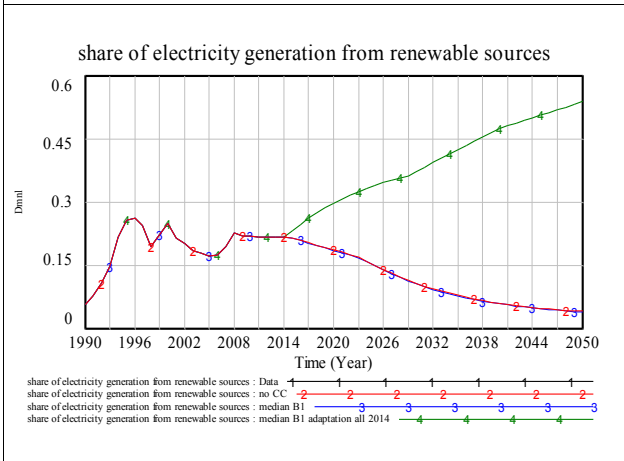
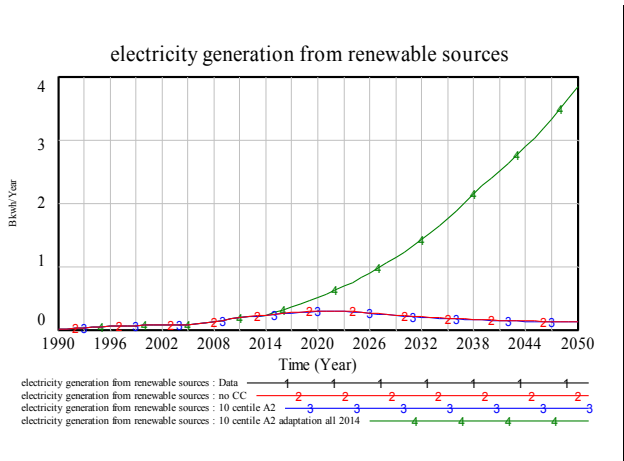
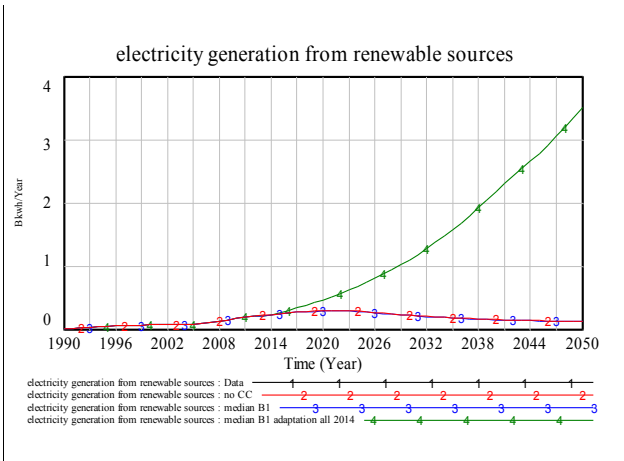
- L'énergie solaire: 50% des investissements d'adaptation énergétiques sont suffisantes pour produire jusqu'à 3000GWh (3 milliards de kWh) d'électricité photovoltaïque en 2050 et donc d'augmenter la part de production d'électricité à partir de ressources renouvelables par rapport à la production totale à plus de 50%. Cependant, par rapport à la demande totale d'électricité en 2050 de plus d'environ 10.000GWh (10 milliards de kWh) la production d'électricité à partir de ressources renouvelables ne fournit qu'entre 36 et 39% en 2050.

Pour diminuer la consommation de combustibles traditionnels (Figure 36, derniers graphiques) afin de diminuer la déforestation, les mesures suivantes sont nécessaires: Foyer amélioré: il suffit d'investir environ 0,01% du PIB pour atteindre la couverture de 100% en 2045. Cependant, l'utilisation des foyers améliorés ne résout pas vraiment le problème de la déforestation, parce que même l'utilisation plus efficace n'empêchera pas la déforestation à cause de la quantité de personnes qui utilisent cette forme d'énergie comme toujours plus de 90% de la population utilise les combustibles traditionnels par exemple pour la cuisine (MECV 2009). Donc, la consommation des combustibles traditionnels qui augmente d'environ 2 millions TEP en 2010 (LAME 2012 – énergie) à environ 4 millions TEP en 2050 dans les scénarios sans adaptation par la croissance de la population pourrait avec cette mesure - même avec une couverture de 100% des foyers améliorés et l'hypothèse que les foyers améliorés peuvent réduire la consommation de 50% –peut seulement être maintenue stable à 2 millions TEP en 2050.

C'est pourquoi un moyen plus efficace pour réduire l'utilisation des combustibles traditionnels et par conséquent la déforestation est le cuisinier solaire: avec environ 0,15% du PIB d'ici à 2050 il n'y aurait plus besoin de cuisiner avec du bois ou du charbon de bois.

Figure 36: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur de l'énergie

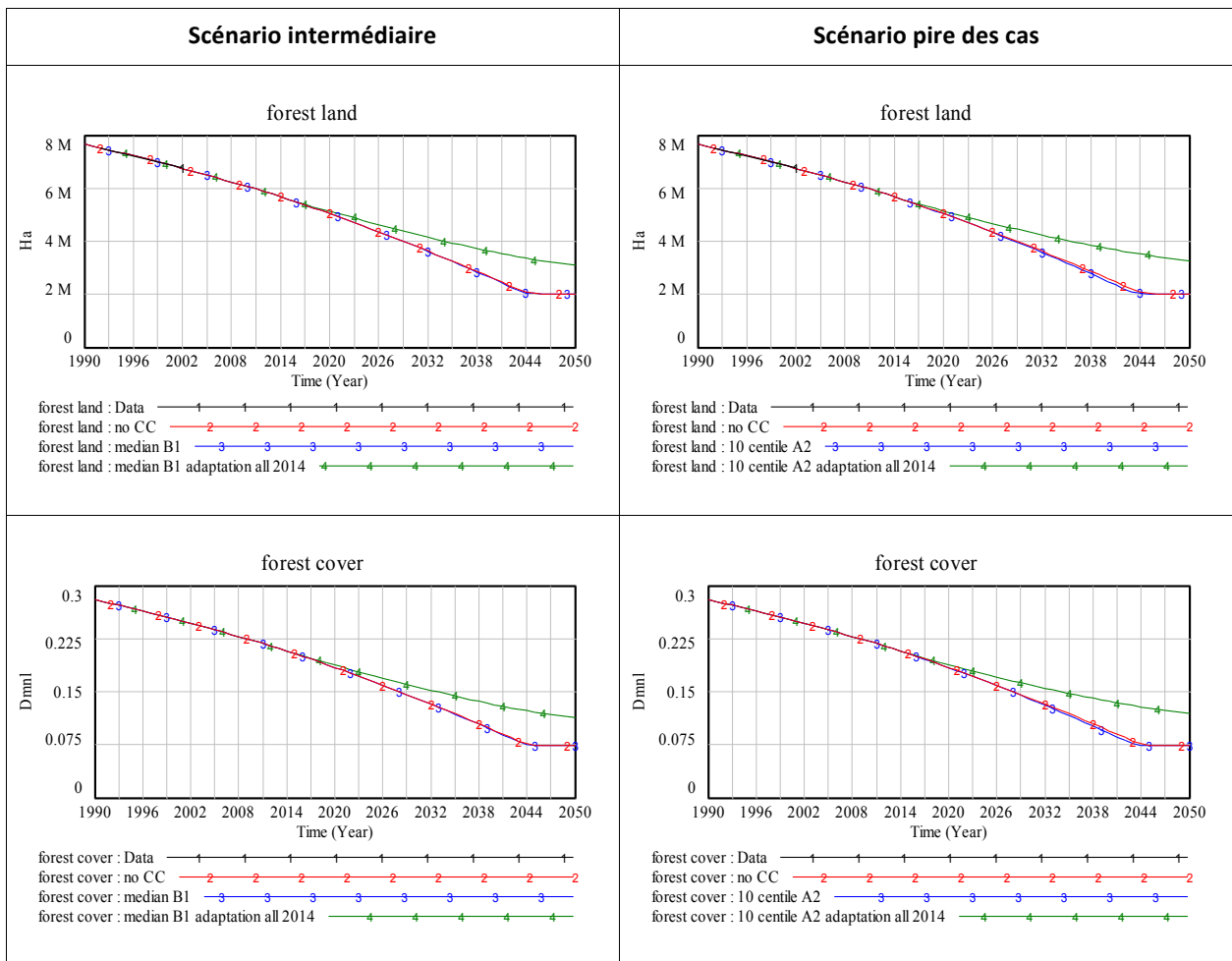




Environnement

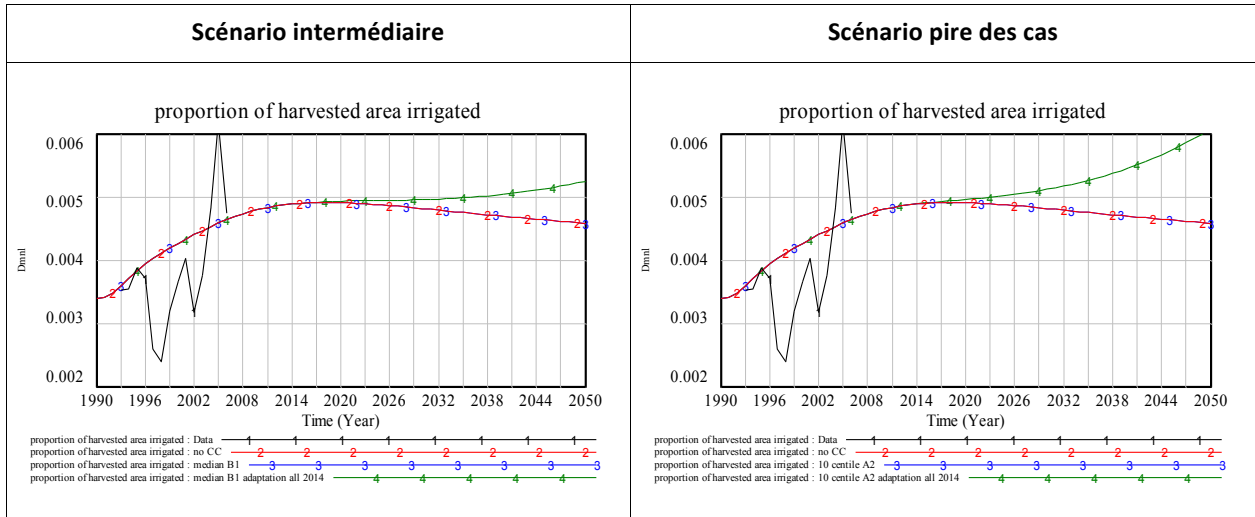
Même les investissements dans le secteur de l'énergie et la recherche des alternatives aux combustibles traditionnels ne sont pas en mesure de renverser la tendance à la baisse des forêts (Figure 37). En combinaison avec la réduction de la consommation de combustibles traditionnels, le reboisement est nécessaire pour compléter ces politiques. Avec tous ces investissements, la zone forestière peut être stabilisée vers 2040 mais pas sans une réduction remarquable dans les années précédentes. Le reboisement n'est pas seulement une stratégie d'atténuation importante, mais c'est aussi important dans le contexte de l'adaptation car des études ont montré l'importance de la couverture végétale terrestre et les rétroactions dynamiques associés sur le climat physique (Boko et al., 2007).

Figure 37: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur des forêts



Pour réduire le stress hydrique et la pénurie d'eau, les investissements pour augmenter la capacité des barrages sont nécessaires. Ces investissements ont d'autres effets positifs, tels que l'augmentation possible des terres agricoles irriguées (Figure 38).

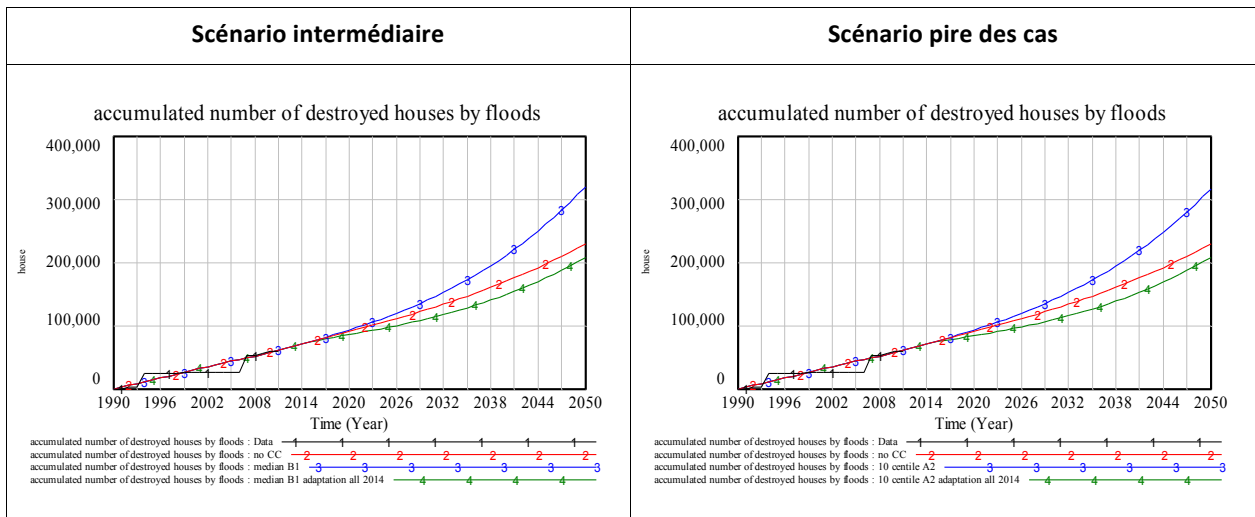
Figure 38: Effets des mesures d'adaptation sur le secteur des ressources en eau

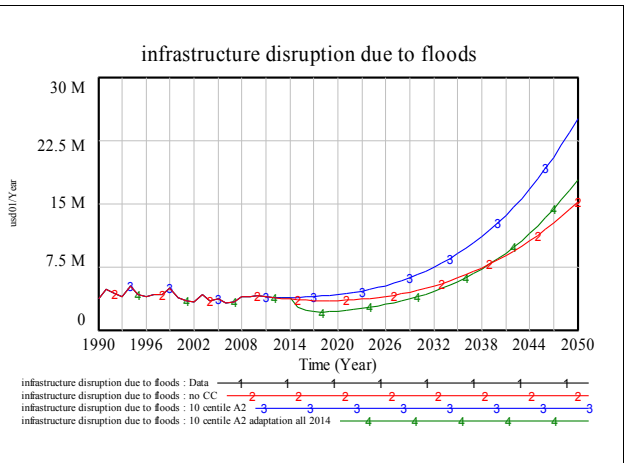
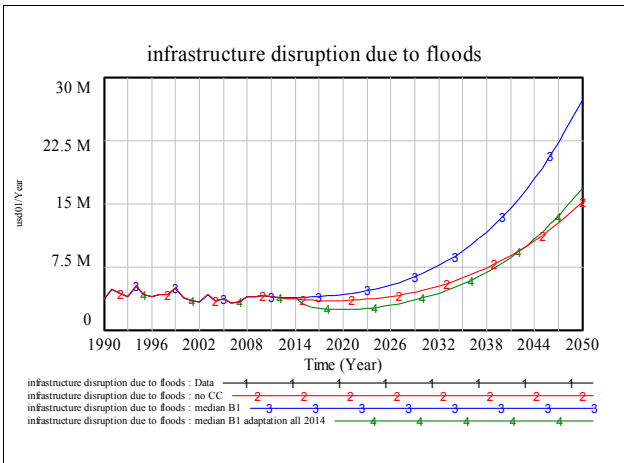


Habitat humain / infrastructure / catastrophes naturelles

La Figure 39 visualise que les investissements d'adaptation, ça veut dire, les investissements pour la reconstruction de l'infrastructure et des maisons, pour la construction de caniveaux et pour la sensibilisation de la population, sont en mesure de compenser l'impact négatif des inondations.

Figure 39: Effets des mesures d'adaptation combinées sur le secteur de l'habitat humain / infrastructures / catastrophes naturelles





7 Implications pour la formulation d'une stratégie nationale d'adaptation et pour le processus de planification

Cette étude développait un modèle de simulation dynamique, le T21-Burkina Faso, pour analyser l'impact multisectoriel des changements climatiques et pour estimer les coûts d'adaptation. Car il y a des incertitudes considérables en ce qui concerne la direction et la dimension des changements climatiques, on travaillait avec deux principaux scénarii : un scénario intermédiaire et un scénario pire des cas.

Par rapport aux impacts des changements climatiques nos analyses ont montré que l'impact est à la fois multisectoriel et grave. Il est multisectoriel parce que les effets directs des changements climatiques, soit l'augmentation de la pluviométrie, des températures et des catastrophes naturelles, ont des effets multiples qui passent par des chaînes causales à travers les secteurs économiques, sociaux et environnementaux. L'impact des changements climatiques est grave car les changements climatiques causent des pertes considérables, soit des pertes économiques comme les réductions au PIB, soit des pertes sociales comme les maladies et la réduction dans la provision des services sociaux (éducation, santé), soit des pertes environnementales comme la réduction des forêts ou la dégradation de la terre. Des boucles renforçantes comme par exemple des processus renforçants entre la production économique, le revenu du gouvernement, les dépenses publiques, les investissements et de nouveau la production économique, sont responsables pour le fait que la différence entre une situation sans changements climatiques et avec changements augmente au fil du temps et elles sont visibles dans presque toutes les variables et secteurs même s'il n'existe pas un lien direct avec les changements climatiques (voir aussi l'explication dans la Figure 21).

Selon les scénarii, les impacts généraux des changements climatiques sont (voir aussi la Figure 40):

- Une réduction de la performance économique tel que le PIB en 2050 est entre 5% et 12% plus bas de ce qu'il pourrait être sans changements climatiques.
- Une perte accumulée des PIB entre 2012 et 2050 entre environ 28 et 55 milliards US\$01 dans les scénarii avec changements climatiques par rapport au scénario sans changements climatiques. C'est la somme de la différence du PIB entre le scénario avec et sans changements climatiques de toutes les années de 2012 jusqu'à 2050.
- Une réduction de la diminution du taux de pauvreté de la sorte que la proportion de la population vivant dessous le seuil de pauvreté en 2050 est 12% et 32% plus haute de ce qu'il pourrait être sans changements climatiques.

Ces impacts, calculés avec notre approche intégrée et multisectorielle, sont en ligne avec d'autres études sur les changements climatiques et leurs effets multiplicatifs (Stern, 2006 ; Dell et al, 2012). Les analyses avec le T21-Burkina Faso ont aussi montré que pour une compensation des effets des changements climatiques (ça veut dire, pour compenser la différence en PIB entre un scénario sans changements climatiques et des scénarii avec changements climatiques), le Burkina Faso a besoin d'entre 0,7% jusqu'à 1,5% du PIB annuel en addition. Les coûts accumulés de tel investissement de 2014 jusqu'à 2050 sont entre environ 5 et 10 milliards US\$01. Si la mise en œuvre des stratégies d'adaptation est retardée, ces coûts augmentent de manière non-linéaire (Figure 40). Ça veut dire que la somme de l'investissement qui est nécessaire pour compenser la perte en PIB par rapport au scénario sans changements climatiques est environ 50% plus élevée si l'investissement commence en 2030 que s'il commence en 2014 dans le scénario intermédiaire et environ 70% dans le scénario pire des cas.

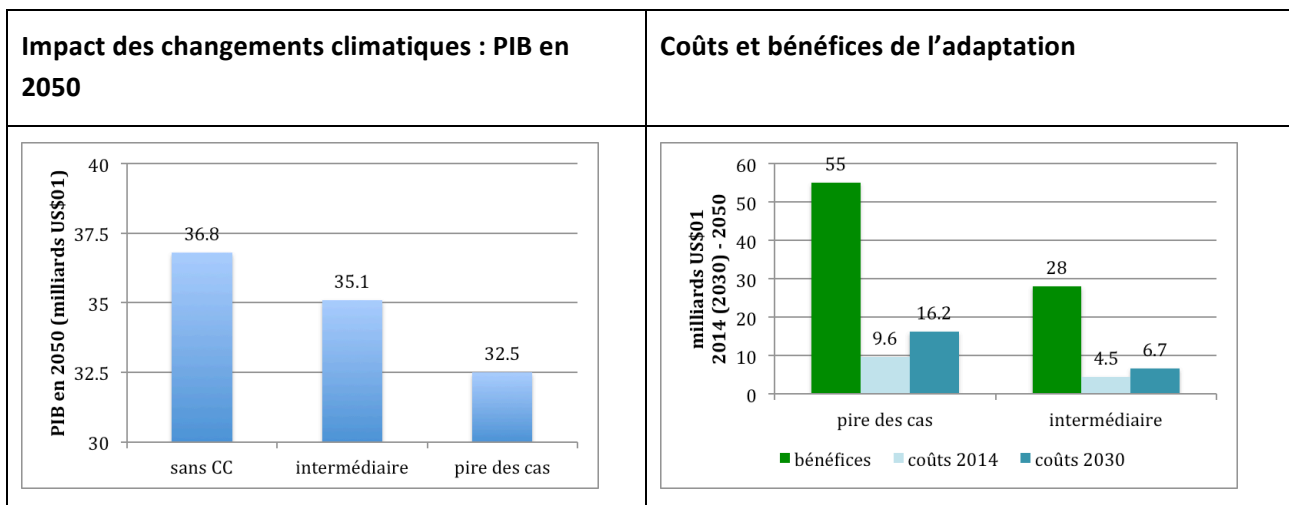
Les investissements de l'adaptation se repartent avec les priorités suivantes:

1. Agriculture
2. Énergie
3. Élevage ; environnement ; infrastructure / habitat humain / catastrophes naturelles
4. Santé

Les investissements dans l'adaptation ont plusieurs avantages :

- La somme de l'investissement pour l'adaptation par rapport à la somme des pertes en PIB sans adaptation est assez petite, soit, à environ 16% de la somme des pertes en PIB si la réalisation de l'investissement commence en 2014. Ça veut dire que même si les coûts de l'adaptation sont considérables, ils ont néanmoins des bénéfices (les pertes qui sont évitées) encore beaucoup plus considérables.
- La compensation de la différence en PIB est possible sans compenser toutes les pertes sectorielles, par exemple, les pertes potentielles en agriculture parce que les mesures d'adaptation qui étaient testées dans cette étude résultent dans une diversification modérée de l'économie du Burkina Faso.
- Les investissements testés permettent aussi la réalisation des effets d'atténuation comme ceux dans le secteur de l'énergie.

Figure 40: Sommaire des impacts des changements climatiques et des coûts d'adaptation



Commentaires :

- Bénéfices sont la somme des pertes potentielles dues aux changements climatiques évitées par l'investissement d'adaptation
- Coûts sont la somme de l'investissement nécessaire pour compenser les pertes potentielles dues aux changements climatiques. Toute la somme est investie pendant la période entre l'année du début de l'investissement (2014 ou 2030) et 2050.
- L'année pour les coûts indique le début de l'investissement.

Tous nos résultats illustrent qu'une stratégie efficace d'adaptation doit résulter d'une collaboration multisectorielle car ce ne sont pas seulement les impacts des changements climatiques qui passent par des chaînes causales à travers les différents secteurs mais aussi les politiques. C'est seulement une collaboration multisectorielle qui permet une gestion des changements climatiques intégrée, cohérente et coordonnée.

Une collaboration multisectorielle permettra aussi de formuler une stratégie d'adaptation aux changements climatiques qui est en cohérence avec les politiques sectorielles et avec des stratégies de développement à moyen et long terme. Même si cette étude se concentrait seulement sur les effets des changements climatiques et les coûts d'adaptation, elle montrerait les interconnexions entre les changements climatiques et le développement socio-économique et environnemental. Des stratégies de développement à moyen long terme ne peuvent donc pas ignorer les changements climatiques telle comme une stratégie d'adaptation aux changements climatiques ne peut pas ignorer les processus généraux de développement.

Le projet T21-Burkina Faso se situe dans le cadre du PANA Programmatique au Burkina Faso (voir chapitre 1.1). Les objectifs généraux de l'étude PANA Programmatique sont les suivants :

1. Présenter la situation du pays particulièrement en matière d'adaptation aux CC
2. Présenter le cadre politique et réglementaire du PANA
3. Identifier des domaines prioritaires d'adaptation aux CC
4. Présenter les principaux avantages attendus de l'adaptation
5. Identifier et justifier les projets et les composantes qui seront soumis au financement
6. Ressortir les capacités déployées en œuvre et l'évaluation des risques
7. Formuler un plan de financement et un dispositif financier
8. Formuler une stratégie d'investissement

Parmi ces objectifs, le T21-Burkina Faso est particulièrement dessiné pour les objectifs 3 et 4.

L'identification des domaines prioritaires d'adaptation et la présentation des principaux avantages de l'adaptation fournissent la base surtout pour les objectifs 5, 7, et 8. Bien que les projets et composantes qui seront soumis au financement doivent forcément être plus détaillés de ce qui peut être inclus dans un modèle comme celui du T21-Burkina Faso, ces projets peuvent néanmoins être agrégés et testés pour leurs impacts à moyen et long terme. Cela assure qu'il n'y aura pas d'effets inattendus résultants des interactions entre les secteurs économiques, sociaux et environnementaux.

L'équipe étroite du T21-Burkina Faso a participé à de multiples formations sur le modèle T21 et la méthodologie de la simulation dynamique. Avec la capacité formée dans ces séminaires, le T21-Burkina Faso peut maintenant être utilisé pour de différentes applications :

- Analyse multisectorielle et dynamique de nouvelles mesures d'adaptation qui seront discutées au cours de la formulation d'une stratégie nationale d'adaptation.
- Comme dans d'autres pays, le modèle T21 peut être utilisé chaque an pour tester l'impact à moyen-long terme du budget annuel.

Même si l'approche intégrée et multisectorielle rend le T21 un outil idéal pour l'analyse des questions d'allocation des ressources entre les divers ministères, il est important de souligner que le T21 est conçu pour servir de complément aux modèles budgétaires et à d'autres outils de planification à court, moyen et long terme à travers l'apport d'une perspective de développement global.

La combinaison d'une approche de modélisation intégrée et multisectorielle et de la formation des acteurs clés au Burkina Faso contribue à des conditions importantes pour la mise en œuvre d'un processus d'adaptation aux changements climatiques réussit (voir Burton 1996) : Une gestion efficace des changements climatiques exigera une augmentation considérable des mesures d'atténuation et d'adaptation à tous les niveaux afin de parvenir à des faibles émissions de carbone, et un développement résilient aux changements climatiques. Pour une telle transition il faudra plusieurs conditions favorables, y compris, entre autres: (i) une compréhension approfondie des impacts actuels et futurs de la variabilité des changements climatiques, (ii) une combinaison coordonnée des instruments de politique et financiers, (iii) l'intégration des changements climatiques dans les stratégies et plans de développement, (iv) le renforcement des capacités aux niveaux centralisés et décentralisés pour la formulation et la mise en œuvre de mesures d'adaptation, (v) la conception des institutions qui peuvent répondre efficacement et de manière coordonnée aux nouveaux défis et opportunités des changements climatiques.

8 Références

- Bassi A., T21-Kenya core team, Deenapanray P.N.K., Tan Z. 2011. Strengthening Institutional Capacity for Integrated Climate Change Adaptation & Comprehensive National Development Planning in Kenya. Final Report July 2011. Millennium Institute, Washington DC.
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., . . . Yanda, P. 2007. Africa. In M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden & C. E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 433-467). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Burton, I. 1996. The growth of adaptation capacity: practice and policy. In J. Smith, N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M. Budyko, M. Campos, et al., *Adapting to Climate Change: An International Perspective* (pp. 55-67). NY: Springer-Verlag.
- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton, 2007: Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- CONEDD. 2010. Bonnes pratiques de gestion durable des terres au Burkina Faso. MEDD.
- CRDI. 2004. Leçons tirées des expériences de lutte contre la désertification au Sahel.
- Dell, M., Jones, B. F., Olken, B. A. 2012. Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, Volume 4, Number 3, pp. 66-95.
- GIEC. 2007. Résumé à l'intention des décideurs. In: *Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA.
- Gommes, R., El Hairech, T., Rosillon, D., Balaghi, R. & Kanamaru, H. 2009. Impacts of Climate Change on Agriculture in Morocco. World Bank – FAO.
- IGNFI (Institut Géographique National France International), IGB (Institut Géographique du Burkina Faso) 1992. Base de Données de l'occupation des terres (BDOT). 1992. Ouagadougou. Secrétariat Général Deuxième Programme National de Gestion des Terroirs (PNGT 2).
- IGNFI (Institut Géographique National France International), IGB (Institut Géographique du Burkina Faso) 2002. Base de Données de l'occupation des terres (BDOT). 1992. Ouagadougou. Secrétariat Général Deuxième Programme National de Gestion des Terroirs (PNGT 2).
- INERA. 2000. Rapport d'activités.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – tendances. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Tendances climatiques 1980 -2010. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – projections. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Les projections de climat futur au Burkina Faso. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – agriculture. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Agriculture. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – élevage. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Elevage. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – énergie. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Secteur de l'énergie. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – environnement. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Environnement. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – santé. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Etat des lieux : Tendances des indicateurs climatiques, secteurs de la santé. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – infrastructure. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Infrastructure. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

LAME (Laboratoire d'analyses mathématiques des équations) 2012 – catastrophes. Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Analyse sociologique des catastrophes

naturelles et gouvernance locale au Burkina Faso. LAME, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées, Université de Ouagadougou.

MAHRHA 2008. Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au Burkina Faso.

MECV (Ministère de l'environnement et du cadre de vie) 2009. L'annuaire des statistiques sur l'environnement 2009.

PANA (Rapport annuel 2010)

Sonabel 1999. Inventaire des sites hydroélectriques des du Burkina Faso. EDF.

SP/CONEDD (Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable) 2006. Programme d'Action National d'Adaptation à la Variabilité et aux Changements Climatiques (PANA du Burkina Faso). Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Ouagadougou.

Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change : The Stern Review. Cambridge Univ. Press. UK.

Taonda, S. JB. 2010. Technologies agricoles au Burkina Faso. UA-SAFGRAD.

UICN 2011. Catalogue de bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso.

UNEP (United Nations Environment Programme) 2011. Towards a Green Economy. Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. UNEP, Genève.

World Bank 2012. Turn down the heat – why a 4°C warmer world must be avoided. World Bank, Washington DC.

Annexes

Annexe 1 : Étapes du projet pour élaborer cette étude

	activités	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	Identification des questions clés									
2	Collecte de données, personnalisation du modèle en intégrant les CC									
3	Renforcement de capacités et discussion des mesures d'adaptation									
4	Intégration des mesures d'adaptation									
5	Révision des résultats préliminaires et renforcement de capacités									
6	Révision du modèle et des scénarii, analyse des résultats									
7	Finalisation de l'analyse, présentation des résultats finaux									
8	Rapport final									

Commentaires :

- Activités en bleu: phases de travail au Burkina Faso avec le groupe des experts nationaux et l'équipe restreinte (ateliers)
- Activités en blanc: phases de travail (MI étant à l'étranger) avec échange intensif par e-mail (en particulier à propos de la collecte des données)

Annexe 2 : Acteurs nationaux considérés par cette étude

L'équipe en charge de l'étude conduisait les travaux en étroite collaboration avec :

- le Laboratoire d'Analyse Mathématique des Équations (LAME) de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées (UFR-SEA) à l'Université de Ouagadougou ;
- la Direction Générale de la Météorologie du Burkina Faso (DGMET) ;
- la Division du Développement des Compétences, de l'Information et du Monitoring de l'Environnement au SP/CONEDD (DCIME) ;
- le Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable (SP/CONEDD) ;
- l'Unité Énergie et Environnement du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) ;
- l'Unité de la coordination African Adaptation Programme (AAP)/Dakar ;
- l'Unité de la Coordination des Projets du PANA. l'équipe d'experts nationaux en charge de la formulation du document de projet du PANA programmatique.

Les acteurs nationaux de l'équipe restreinte du modèle T21 étaient les représentants de structures suivantes :

- Le Laboratoire d'Analyse Mathématique des Équations (LAME) de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées (UFR-SEA) à l'Université de Ouagadougou ;
- Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) ;
- Institut national de la statistique et de la démographie (INSD) ;
- Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable (SP/CONEDD) ;
- Division du Développement des Compétences, de l'Information et du Monitoring en Environnement au SP/CONEDD (DCIME) ;
- Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) ;
- Direction générale de la promotion de l'économie rurale (DGPER) / Direction de la prospective et des statistiques agricoles et alimentaires (DPSAA) ;
- Ministère des Ressources Animales (MRA) / Direction générale de la prévision et des statistiques de l'élevage (DGPSE) ;
- Direction des études et de la planification (DEP) / Ministère des Mines des Carrières et de l'Énergie (MMCE)

En plus des experts de l'équipe restreinte, les experts nationaux considérés par cette étude étaient les représentants de structures suivantes :

- Direction Générale de la Météorologie du Burkina Faso (DGMET)
- Direction générale Ressource en Eau
- Conseil National de Secours d'Urgence et de Réhabilitation du Ministère de l'action sociale et de la solidarité nationale (CONASUR du MASSN)
- Direction Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Ministère des transports, des Postes et de l'Économie Numérique ;
- Équipe de la CEDAO de T21 (SP/Comité national de politique économique, CNPE) ;
- Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique ;
- Ministère de l'Économie et des Finances ;
- Ministère des Enseignements Secondaires, Supérieur ;
- Ministère des Infrastructures ;
- Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme ;
- Ministère de la Santé ;
- Ministère de l'Environnement et du Développement Durable ;
- Ministère des Ressources Animales ;
- Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation ;
- Ministères des Mines des Carrières de l'Énergie ;
- Ministère du Transport.

Annexe 3 : Coût unitaire des mesures d'adaptation

Secteur	Mesure d'adaptation	Coût unitaire moyen	Durée de vie moyenne	Note
Agriculture	Adoption des techniques d'adaptation en agriculture	477 634 F CFA / ha ≈ 501 US\$01 / ha	30 ans	Ce coût est basé sur les informations pour le coût de conservation des eaux et des sols (CES)
Élevage	La transition du système extensif au système intensif	477 634 F CFA / ha ≈ 501 US\$01 / ha	30 ans	Dues aux manques des données on a appliquées les données pour l'adoption des techniques en agriculture
Énergie – Remplacement d'énergie bois	Foyer amélioré	3 500 F CFA / foyer amélioré ≈ 4 US\$01 / foyer amélioré	3 ans	On a fait l'hypothèse qu'un foyer améliorer peut réduire la consommation de 50%
	Cuiseur solaire	65 000 F CFA / cuiseur solaire ≈ 69 US\$01 / cuiseur	3 ans	On a fait l'hypothèse qu'un cuiseur solaire est utilisé en moyenne par 8 personne.
Énergie – Augmentation d'efficacité énergétique	Installation des climatisations plus efficace	750 000 F CFA / kW ≈ 790 US\$01 / kW	15 ans	C'est le coût pour un kW de Climatiseur Inverter DC qui réduit la consommation d'énergie pour la climatisation de 44%.
Énergie – Énergies renouvelables	Installation de la capacité pour la génération d'hydroélectricité	1 250 000 FCFA / kW ≈ 1 300 US\$01 / kW	20 ans	Le coût est basé sur l'information de coût pour un mini centrale hydroélectrique
	Installation de la capacité pour la génération d'électricité photovoltaïque	2 500 000 – 2 750 000 F CFA / kW ≈ 2 750 US\$01 / kW	27 ans	
Santé	Vaccination réactive (polyosidiques) contre la méningite ⁴ :	1 600 F CFA / personne ≈ 1,7 US\$01 / personne	3 ans	Les vaccins polyosidiques ne protègent pas les enfants de moins de 2 ans et ils ne sont efficaces que pour une durée maximale de 3 ans

⁴ Les données pour la prévention contre la méningite et le paludisme et le traitement du paludisme n'étaient pas disponibles.

Environnement	Reboisement	1,400,000 F CFA / ha ≈ 1 470 US\$01 / ha		Cette valeur se rapporte à un reboisement suivi. Elle inclut donc tous les prix : traitement de la surface, trouaison, plants, clôture, surveillance etc. (DGFF/DiFOR) pour assurer un taux de reprise élevé. C'est pourquoi le coût est plus de 10 fois plus haut que le coût appliqué dans d'autres projets de PANA (e.g. Rapport annuel 2010 : 150,000 F CFA / ha ≈ 165 US\$01 / ha).
	Construction de barrages	95 F CFA / m ³ ≈ 0,13 US\$01 / m ³	30 ans	Le coût est basé sur l'information pour le barrage Ziga: capacité de 200 millions m ³ avec un coût de 19 milliards de francs CFA
Habitat humain / Infrastructure / Catastrophes naturelles	Reconstruction des dommages – Construction des logements sociaux	5 – 7 000 000 F CFA / logement social ≈ 6 300 US\$01 / logement social 8 – 10 000 000 F CFA / logement économique ≈ 9 450 US\$01 / logement économique	30 ans	Ce coût est la moyenne entre le coût pour un logement (300 000 000 F CFA / km) et à l'extérieur de la cité (250 000 000 F CFA / km).
	Reconstruction des dommages – Construction des routes	275 000 000 F CFA / km route bitumée ≈ 290 000 US\$01 / km route bitumée	25 ans	Ce coût est la moyenne entre le coût dans la cité (300 000 000 F CFA / km) et à l'extérieur de la cité (250 000 000 F CFA / km).
	Sensibilisation de la population aux risques des changements climatiques	50 000 F CFA / personne ≈ 53 US\$01 / personne	Espérance de vie	Ce coût est basé sur les informations de PANA (Rapport annuel 2010)
	Construction de caniveaux	180 000 F CFA / km ≈ 190 US\$01 / km	20 ans	Ce coût est la moyenne pour les caniveaux non couverts (80,000-200,000 F CFA / km) et couverts (plus 60%, donc 128-320,000 F CFA / km)

Annexe 4: Investissements additionnels d'adaptation par an et secteur

Coût d'adaptation par an et secteur pour le scénario intermédiaire (médian B1) en millions US\$01

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Investissement d'adaptation aux CC agriculture	14.98	15.84	16.73	17.67	18.68	19.74	20.83	21.99	23.20	24.47	25.81	27.21
Investissement d'adaptation aux CC éleage	4.28	4.53	4.78	5.05	5.34	5.64	5.95	6.28	6.63	6.99	7.37	7.77
Investissement d'adaptation aux CC énergie	12.83	13.68	14.34	15.15	16.01	16.92	17.86	18.85	19.88	20.97	22.12	23.32
Investissement d'adaptation aux CC énergie – efficacité de climatisation	0.77	0.81	0.88	0.91	0.98	1.02	1.07	1.13	1.19	1.26	1.33	1.40
Investissement d'adaptation aux CC énergie – électricité des sources renouvelable	7.05	7.47	7.89	8.33	8.81	9.30	9.82	10.37	10.94	11.54	12.17	12.83
Investissement d'adaptation aux CC énergie – remplacement d'énergie bois	2.49	2.63	2.78	2.94	3.11	3.28	3.46	3.65	3.86	4.07	4.29	4.52
Investissement d'adaptation aux CC santé	2.14	2.26	2.39	2.53	2.67	2.82	2.98	3.14	3.31	3.50	3.69	3.89
Investissement d'adaptation aux CC environnement	4.28	4.53	4.78	5.05	5.34	5.64	5.95	6.28	6.63	6.99	7.37	7.77
Investissement d'adaptation aux CC environnement – construction des barrages	2.14	2.26	2.39	2.53	2.67	2.82	2.98	3.14	3.31	3.50	3.69	3.89
Investissement d'adaptation aux CC environnement – reboisement	2.14	2.26	2.39	2.53	2.67	2.82	2.98	3.14	3.31	3.50	3.69	3.89
Investissement d'adaptation aux CC habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	4.28	4.53	4.78	5.05	5.34	5.64	5.95	6.28	6.63	6.99	7.37	7.77
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – sensibilisation	0.88	0.91	0.96	1.01	1.07	1.13	1.19	1.26	1.33	1.40	1.48	1.56
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – construction des caniveaux	0.88	0.91	0.96	1.01	1.07	1.13	1.19	1.26	1.33	1.40	1.48	1.56
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – reconstruction	2.57	2.72	2.87	3.03	3.20	3.38	3.57	3.77	3.98	4.20	4.42	4.66
2026	30.21	31.82	33.50	35.26	37.09	39.00	40.99	43.07	45.23	47.48	49.81	52.23
Investissement d'adaptation aux CC agriculture	28.67	30.21	31.82	33.50	35.26	37.09	39.00	40.99	43.07	45.23	47.48	49.81
Investissement d'adaptation aux CC éleage	8.19	8.63	9.09	9.57	10.07	10.60	11.14	11.71	12.31	12.92	13.57	14.23
Investissement d'adaptation aux CC énergie	24.58	25.89	27.27	28.71	30.22	31.79	33.43	35.14	36.92	38.77	40.70	42.69
Investissement d'adaptation aux CC énergie – efficacité de climatisation	1.48	1.55	1.64	1.72	1.81	1.91	2.01	2.11	2.22	2.33	2.44	2.56
Investissement d'adaptation aux CC énergie – électricité des sources renouvelable	13.52	14.24	15.00	15.79	16.62	17.48	18.39	19.33	20.30	21.32	22.38	23.48
Investissement d'adaptation aux CC énergie – remplacement d'énergie bois	4.77	5.02	5.28	5.57	5.88	6.18	6.48	6.81	7.16	7.52	7.89	8.28
Investissement d'adaptation aux CC santé	4.10	4.32	4.55	4.79	5.04	5.30	5.57	5.86	6.15	6.46	6.78	7.12
Investissement d'adaptation aux CC environnement	8.19	8.63	9.09	9.57	10.07	10.60	11.14	11.71	12.31	12.92	13.57	14.23
Investissement d'adaptation aux CC environnement – construction des barrages	4.10	4.32	4.55	4.79	5.04	5.30	5.57	5.86	6.15	6.46	6.78	7.12
Investissement d'adaptation aux CC environnement – reboisement	4.10	4.32	4.55	4.79	5.04	5.30	5.57	5.86	6.15	6.46	6.78	7.12
Investissement d'adaptation aux CC habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	8.19	8.63	9.09	9.57	10.07	10.60	11.14	11.71	12.31	12.92	13.57	14.23
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – sensibilisation	1.64	1.73	1.82	1.91	2.02	2.12	2.23	2.34	2.46	2.59	2.71	2.85
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – construction des caniveaux	1.64	1.73	1.82	1.91	2.02	2.12	2.23	2.34	2.46	2.59	2.71	2.85
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – reconstruction	4.92	5.18	5.46	5.74	6.04	6.36	6.69	7.03	7.38	7.75	8.14	8.54
2028	54.75	57.37	60.09	62.92	65.88	68.91	72.08	75.37	78.88	82.29	85.28	88.20
Investissement d'adaptation aux CC agriculture	52.24	54.75	57.37	60.09	62.92	65.88	68.91	72.08	75.37	78.88	82.29	85.28
Investissement d'adaptation aux CC éleage	14.92	15.64	16.39	17.17	17.98	18.82	19.69	20.59	21.53	22.52	23.51	24.93
Investissement d'adaptation aux CC énergie	44.77	48.03	51.51	55.03	58.45	61.78	65.07	68.40	71.68	74.93	78.20	81.50
Investissement d'adaptation aux CC énergie – efficacité de climatisation	2.69	2.82	2.95	3.09	3.24	3.39	3.54	3.71	3.88	4.11	4.23	4.46
Investissement d'adaptation aux CC énergie – électricité des sources renouvelable	24.83	25.81	26.73	27.29	28.29	29.47	30.74	32.09	33.49	35.40	36.44	38.56
Investissement d'adaptation aux CC énergie – remplacement d'énergie bois	8.68	9.10	9.54	9.99	10.46	10.95	11.45	11.98	12.53	13.27	13.68	14.50
Investissement d'adaptation aux CC santé	7.46	7.82	8.20	8.59	8.99	9.41	9.85	10.30	10.77	11.41	11.76	12.47
Investissement d'adaptation aux CC environnement	14.92	15.64	16.39	17.17	17.98	18.82	19.69	20.59	21.53	22.52	23.51	24.93
Investissement d'adaptation aux CC environnement – construction des barrages	7.46	7.82	8.20	8.59	8.99	9.41	9.85	10.30	10.77	11.41	11.76	12.47
Investissement d'adaptation aux CC environnement – reboisement	7.46	7.82	8.20	8.59	8.99	9.41	9.85	10.30	10.77	11.41	11.76	12.47
Investissement d'adaptation aux CC habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	14.92	15.64	16.39	17.17	17.98	18.82	19.69	20.59	21.53	22.52	23.51	24.93
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – sensibilisation	2.99	3.13	3.28	3.43	3.60	3.76	3.94	4.12	4.31	4.56	4.70	4.99
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – construction des caniveaux	2.99	3.13	3.28	3.43	3.60	3.76	3.94	4.12	4.31	4.56	4.70	4.99
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – reconstruction	8.68	9.39	9.84	10.30	10.79	11.29	11.81	12.36	12.92	13.69	14.11	14.96

Coût d'adaptation par an et secteur pour le scénario pire des cas (10 centile A2) en millions US\$01

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Investissement d'adaptation aux CC agriculture	31.92	33.90	35.80	37.83	40.00	42.27	44.63	47.11	49.71	52.45	55.32	58.33
Investissement d'adaptation aux CC élevage	9.12	9.89	10.23	10.81	11.43	12.08	12.75	13.46	14.20	14.98	15.81	16.67
Investissement d'adaptation aux CC énergie	27.36	29.06	30.69	32.43	34.29	36.23	38.25	40.38	42.61	44.98	47.42	50.00
Investissement d'adaptation aux CC énergie – efficacité de climatisation	1.84	1.74	1.84	1.95	2.08	2.17	2.30	2.42	2.56	2.70	2.85	3.00
Investissement d'adaptation aux CC énergie – électricité des sources renouvelable	15.05	15.98	16.88	17.84	18.86	19.93	21.04	22.21	23.44	24.73	26.08	27.50
Investissement d'adaptation aux CC énergie – remplacement d'énergie bois	5.31	5.64	5.95	6.29	6.65	7.03	7.42	7.83	8.26	8.72	9.19	9.70
Investissement d'adaptation aux CC santé	4.58	4.84	5.12	5.41	5.72	6.04	6.38	6.73	7.10	7.49	7.90	8.33
Investissement d'adaptation aux CC environnement	9.12	9.89	10.23	10.81	11.43	12.08	12.75	13.46	14.20	14.98	15.81	16.67
Investissement d'adaptation aux CC environnement – construction des barrages	4.58	4.84	5.12	5.41	5.72	6.04	6.38	6.73	7.10	7.49	7.90	8.33
Investissement d'adaptation aux CC environnement – reboisement	4.58	4.84	5.12	5.41	5.72	6.04	6.38	6.73	7.10	7.49	7.90	8.33
Investissement d'adaptation aux CC habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	9.12	9.89	10.23	10.81	11.43	12.08	12.75	13.46	14.20	14.98	15.81	16.67
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – sensiblisation	1.82	1.94	2.05	2.16	2.29	2.42	2.55	2.69	2.84	3.00	3.16	3.33
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – construction des caniveaux	1.82	1.94	2.05	2.16	2.29	2.42	2.55	2.69	2.84	3.00	3.16	3.33
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – reconstruction	5.47	5.81	6.14	6.49	6.88	7.25	7.65	8.08	8.52	8.99	9.48	10.00
Investissement d'adaptation aux CC agriculture	61.49	64.79	68.25	71.87	75.64	79.57	83.67	87.94	92.40	97.03	101.84	106.84
Investissement d'adaptation aux CC élevage	17.57	18.51	19.50	20.53	21.61	22.73	23.91	25.13	26.40	27.72	29.10	30.53
Investissement d'adaptation aux CC énergie	52.71	56.54	58.50	61.60	64.83	68.20	71.72	75.38	79.20	83.17	87.30	91.58
Investissement d'adaptation aux CC énergie – efficacité de climatisation	3.16	3.33	3.51	3.70	3.89	4.09	4.30	4.52	4.75	4.99	5.24	5.50
Investissement d'adaptation aux CC énergie – électricité des sources renouvelable	28.99	30.55	32.18	33.88	35.66	37.51	39.44	41.46	43.56	45.74	48.01	50.37
Investissement d'adaptation aux CC énergie – remplacement d'énergie bois	10.22	10.77	11.34	11.94	12.57	13.22	13.91	14.62	15.38	16.13	16.93	17.78
Investissement d'adaptation aux CC santé	8.78	9.26	9.75	10.27	10.81	11.37	11.95	12.56	13.20	13.88	14.55	15.26
Investissement d'adaptation aux CC environnement	17.57	18.51	19.50	20.53	21.61	22.73	23.91	25.13	26.40	27.72	29.10	30.53
Investissement d'adaptation aux CC environnement – construction des barrages	8.78	9.26	9.75	10.27	10.81	11.37	11.95	12.56	13.20	13.88	14.55	15.26
Investissement d'adaptation aux CC environnement – reboisement	8.78	9.26	9.75	10.27	10.81	11.37	11.95	12.56	13.20	13.88	14.55	15.26
Investissement d'adaptation aux CC habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	17.57	18.51	19.50	20.53	21.61	22.73	23.91	25.13	26.40	27.72	29.10	30.53
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – sensiblisation	3.51	3.70	3.90	4.11	4.32	4.55	4.78	5.03	5.28	5.55	5.82	6.11
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – construction des caniveaux	3.51	3.70	3.90	4.11	4.32	4.55	4.78	5.03	5.28	5.55	5.82	6.11
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – reconstruction	10.54	11.11	11.70	12.32	12.97	13.64	14.34	15.08	15.84	16.63	17.46	18.32
Investissement d'adaptation aux CC agriculture	112.03	117.43	123.02	128.94	134.87	141.13	147.63	154.39	161.35	171.31	175.36	182.22
Investissement d'adaptation aux CC élevage	32.01	33.85	35.15	36.81	38.54	40.32	42.18	44.10	46.10	48.95	50.10	53.78
Investissement d'adaptation aux CC énergie	98.03	100.65	105.45	110.43	115.61	120.97	126.54	132.31	138.30	143.84	150.31	156.42
Investissement d'adaptation aux CC énergie – efficacité de climatisation	5.78	6.04	6.33	6.63	6.94	7.26	7.59	7.94	8.30	8.81	9.02	9.88
Investissement d'adaptation aux CC énergie – électricité des sources renouvelable	52.38	53.38	55.32	57.65	60.17	62.82	65.58	68.46	71.44	75.69	77.42	82.81
Investissement d'adaptation aux CC énergie – remplacement d'énergie bois	18.62	19.52	20.45	21.41	22.42	23.46	24.54	25.66	26.82	28.47	29.14	31.28
Investissement d'adaptation aux CC santé	16.00	16.78	17.57	18.41	19.27	20.16	21.09	22.05	23.05	24.47	25.05	26.89
Investissement d'adaptation aux CC environnement	32.01	33.85	35.15	36.81	38.54	40.32	42.18	44.10	46.10	48.95	50.10	53.78
Investissement d'adaptation aux CC environnement – construction des barrages	16.00	16.78	17.57	18.41	19.27	20.16	21.09	22.05	23.05	24.47	25.05	26.89
Investissement d'adaptation aux CC environnement – reboisement	16.00	16.78	17.57	18.41	19.27	20.16	21.09	22.05	23.05	24.47	25.05	26.89
Investissement d'adaptation aux CC habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	32.01	33.85	35.15	36.81	38.54	40.32	42.18	44.10	46.10	48.95	50.10	53.78
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – sensiblisation	6.40	6.71	7.03	7.36	7.71	8.07	8.44	8.82	9.22	9.79	10.02	10.78
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – construction des caniveaux	6.40	6.71	7.03	7.36	7.71	8.07	8.44	8.82	9.22	9.79	10.02	10.78
Investissement d'adaptation aux CC catastrophes naturelles – reconstruction	19.21	20.13	21.09	22.09	23.12	24.19	25.31	26.46	27.86	29.37	30.06	32.27

Annexe 5: Dépenses publiques par an et secteur

Les tableaux montrent le total des dépenses publiques par secteur, y compris les dépenses normales du gouvernement et l'investissement d'adaptation supplémentaire.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Dépenses publiques par an et secteur pour le scénario intermédiaire (médian B1) en millions US\$14												
Dépenses publiques agriculture	51,78	56,86	59,59	63,81	68,37	73,17	78,19	83,50	89,12	95,06	101,33	107,65
Dépenses publiques élevage	16,16	17,39	18,82	21,38	22,80	24,47	26,14	27,91	29,76	31,76	33,85	36,05
Dépenses publiques énergie	86,65	104,26	111,83	120,22	128,17	138,59	148,46	158,92	169,69	181,71	194,10	207,18
Dépenses publiques énergie – électricité photovoltaïque	48,33	52,13	55,97	60,11	64,59	69,30	74,23	79,48	85,00	90,86	97,05	103,59
Dépenses publiques énergie – hydroélectricité	4,83	5,21	5,60	6,01	6,46	6,93	7,42	7,95	8,50	9,09	9,71	10,38
Dépenses publiques énergie – efficacité de climatisation	5,80	6,28	6,72	7,21	7,75	8,32	8,91	9,54	10,20	10,90	11,65	12,43
Dépenses publiques énergie – curseur solaire	14,50	15,64	16,79	18,03	19,38	20,79	22,27	23,84	25,50	27,28	29,12	31,08
Dépenses publiques énergie – foyer amélioré	0,97	1,04	1,12	1,20	1,29	1,39	1,48	1,59	1,70	1,82	1,94	2,07
Dépenses publiques énergie – subvention de gaz	3,28	3,53	3,79	4,08	4,38	4,70	5,03	5,39	5,78	6,16	6,58	7,02
Dépenses publiques énergie – autres	18,95	20,46	21,95	23,58	25,33	27,18	29,11	31,10	33,34	35,83	38,06	40,63
Dépenses publiques santé	130,20	140,80	151,48	163,03	175,63	188,70	202,50	217,12	232,62	249,04	266,41	284,77
Dépenses publiques environnement	4,28	4,63	4,78	5,05	5,34	5,64	5,95	6,28	6,63	6,99	7,37	7,77
Dépenses publiques environnement – construction des barrages	2,14	2,28	2,39	2,53	2,67	2,82	2,98	3,14	3,31	3,50	3,69	3,89
Dépenses publiques environnement – reboisement	2,14	2,28	2,39	2,53	2,67	2,82	2,98	3,14	3,31	3,50	3,69	3,89
Dépenses publiques habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	4,28	4,63	4,78	5,05	5,34	5,64	5,95	6,28	6,63	6,99	7,37	7,77
Dépenses publiques catastrophes naturelles – sensibilité	0,88	0,91	0,96	1,01	1,07	1,13	1,19	1,26	1,33	1,40	1,48	1,56
Dépenses publiques catastrophes naturelles – construction des caniveaux	0,86	0,91	0,96	1,01	1,07	1,13	1,19	1,26	1,33	1,40	1,48	1,56
Dépenses publiques catastrophes naturelles – reconstruction	2,57	2,72	2,87	3,03	3,20	3,38	3,57	3,77	3,98	4,20	4,42	4,66
Dépenses publiques infrastructure	62,45	67,56	72,71	78,28	84,30	90,85	97,30	104,35	111,83	119,75	128,13	136,98
Dépenses publiques éducation	381,21	412,40	443,82	477,80	514,58	553,32	593,94	636,97	682,60	730,95	782,09	836,13
Dépenses publiques agriculture	114,92	122,26	129,88	138,00	146,60	155,50	164,82	174,57	184,77	195,42	206,52	218,09
Dépenses publiques élevage	38,04	38,38	40,79	43,35	46,03	48,83	51,77	54,85	58,06	61,42	64,92	68,57
Dépenses publiques énergie	220,98	235,52	250,81	266,88	283,70	301,43	319,94	339,32	359,60	380,78	402,87	425,89
Dépenses publiques énergie – électricité photovoltaïque	110,48	117,78	125,41	133,45	141,88	150,72	159,97	169,66	179,80	190,39	201,44	212,95
Dépenses publiques énergie – hydroélectricité	11,05	11,78	12,54	13,34	14,19	15,07	16,00	16,97	17,98	19,04	20,14	21,29
Dépenses publiques énergie – efficacité de climatisation	13,26	14,13	15,05	16,01	17,03	18,09	19,20	20,36	21,58	22,85	24,17	25,55
Dépenses publiques énergie – curseur solaire	33,15	35,33	37,62	40,03	42,56	45,21	47,96	50,90	53,94	57,12	60,43	63,88
Dépenses publiques énergie – foyer amélioré	2,21	2,38	2,51	2,67	2,84	3,01	3,20	3,39	3,60	3,81	4,03	4,26
Dépenses publiques énergie – subvention de gaz	7,49	7,98	8,50	9,07	9,62	10,22	10,85	11,50	12,19	12,91	13,66	14,44
Dépenses publiques énergie – autres	43,33	46,19	48,18	52,34	55,85	59,11	62,74	66,54	70,52	74,87	78,00	83,52
Dépenses publiques santé	304,14	324,55	346,03	368,63	392,36	417,21	443,26	470,55	499,10	528,94	560,06	592,51
Dépenses publiques environnement	8,19	8,63	9,09	9,57	10,07	10,60	11,14	11,71	12,31	12,92	13,57	14,23
Dépenses publiques environnement – construction des barrages	4,10	4,32	4,55	4,79	5,04	5,30	5,57	5,88	6,15	6,46	6,78	7,12
Dépenses publiques environnement – reboisement	4,10	4,32	4,55	4,79	5,04	5,30	5,57	5,86	6,15	6,46	6,78	7,12
Dépenses publiques habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	8,19	8,63	9,09	9,57	10,07	10,60	11,14	11,71	12,31	12,92	13,57	14,23
Dépenses publiques catastrophes naturelles – sensibilité	1,64	1,73	1,82	1,91	2,02	2,12	2,23	2,34	2,46	2,59	2,71	2,85
Dépenses publiques catastrophes naturelles – construction des caniveaux	1,64	1,73	1,82	1,91	2,02	2,12	2,23	2,34	2,46	2,59	2,71	2,85
Dépenses publiques catastrophes naturelles – reconstruction	4,92	5,18	5,46	5,74	6,04	6,38	6,69	7,03	7,38	7,75	8,14	8,54
Dépenses publiques infrastructure	146,32	158,17	169,54	177,44	188,89	200,88	213,45	226,82	240,40	254,80	269,82	285,48
Dépenses publiques éducation	893,17	953,27	1017,00	1083,00	1153,00	1228,00	1303,00	1383,00	1467,00	1555,00	1647,00	1743,00
Dépenses publiques agriculture	230,14	242,70	255,79	269,43	283,65	298,47	313,90	329,96	346,68	370,24	381,95	408,18
Dépenses publiques élevage	72,37	76,34	80,46	84,77	89,26	93,93	98,80	103,87	109,15	116,59	120,28	128,56
Dépenses publiques énergie	446,89	474,91	501,00	528,21	556,57	586,14	616,94	649,01	682,42	729,69	762,92	805,58
Dépenses publiques énergie – électricité photovoltaïque	224,95	237,46	250,50	264,11	278,29	293,07	308,47	324,51	341,21	364,65	376,46	402,79
Dépenses publiques énergie – hydroélectricité	22,49	23,75	25,04	26,38	27,76	29,18	30,64	32,14	33,68	35,26	36,88	38,54
Dépenses publiques énergie – efficacité de climatisation	28,98	29,49	30,08	31,69	33,30	35,17	37,02	38,94	40,95	43,78	46,18	48,33
Dépenses publiques énergie – curseur solaire	87,48	94,24	101,24	108,51	116,04	123,84	131,92	140,30	149,08	158,26	167,84	176,84
Dépenses publiques énergie – foyer amélioré	4,50	4,75	5,01	5,28	5,57	5,88	6,17	6,49	6,82	7,30	7,63	8,00
Dépenses publiques énergie – subvention de gaz	15,25	16,10	16,98	17,91	18,87	19,87	20,91	22,00	23,13	24,74	25,52	27,31
Dépenses publiques énergie – autres	88,22	93,13	101,45	114,30	123,39	131,35	139,18	147,20	155,46	167,10	172,80	185,77
Dépenses publiques santé	626,34	661,63	698,43	736,81	776,64	816,59	862,07	907,38	954,56	1022,00	1054,00	1126,00
Dépenses publiques environnement	14,92	15,64	16,39	17,17	17,98	18,82	19,69	20,59	21,53	22,82	23,51	24,93
Dépenses publiques environnement – construction des barrages	7,46	7,82	8,20	8,59	8,99	9,41	9,85	10,30	10,77	11,41	11,76	12,47
Dépenses publiques environnement – reboisement	7,46	7,82	8,20	8,59	8,99	9,41	9,85	10,30	10,77	11,41	11,76	12,47
Dépenses publiques habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	14,92	15,64	16,39	17,17	17,98	18,82	19,69	20,59	21,53	22,82	23,51	24,93
Dépenses publiques catastrophes naturelles – sensibilité	2,865	3,129	3,278	3,434	3,596	3,764	3,938	4,119	4,307	4,594	4,702	4,986
Dépenses publiques catastrophes naturelles – construction des caniveaux	2,865	3,129	3,278	3,434	3,596	3,764	3,938	4,119	4,307	4,594	4,702	4,986
Dépenses publiques catastrophes naturelles – reconstruction	8,855	8,387	8,835	10,3	10,79	11,29	11,81	12,36	12,92	13,69	14,11	14,96
Dépenses publiques infrastructure	301,81	318,85	338,61	355,14	374,47	394,82	415,62	437,49	460,28	482,63	506,38	544,44
Dépenses publiques éducation	1842,00	1946,00	2055,00	2166,00	2286,00	2409,00	2537,00	2670,00	2810,00	3007,00	3103,00	3233,00
												3651,00

Dépenses publiques par an et secteur pour le scénario pire des cas (10 centile A2) en millions US\$01

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Dépenses publiques agriculture	68.42	73.64	78.57	83.89	88.83	95.64	101.94	108.60	115.83	123.06	130.90	138.16
Dépenses publiques électricité	20.81	22.52	24.04	25.68	27.45	29.31	31.26	33.32	35.49	37.79	40.21	42.77
Dépenses publiques énergie	110.48	119.54	128.08	137.32	147.30	157.78	168.77	180.41	192.73	205.76	219.52	234.05
Dépenses publiques énergie – électricité photovoltaïque	55.24	59.77	64.04	68.86	73.65	78.89	84.39	90.21	96.37	102.88	109.78	117.03
Dépenses publiques énergie – hydroélectricité	5.52	5.98	6.40	6.87	7.37	7.89	8.44	8.92	9.44	10.26	10.88	11.70
Dépenses publiques énergie – efficacité de climatisation	6.63	7.17	7.68	8.24	8.84	9.49	10.13	10.82	11.56	12.35	13.17	14.04
Dépenses publiques énergie – chauffe solaire	16.57	17.93	19.21	20.80	22.10	23.67	25.32	27.08	28.91	30.88	32.93	35.11
Dépenses publiques énergie – foyer amélioré	1.10	1.20	1.28	1.37	1.47	1.58	1.69	1.80	1.93	2.06	2.20	2.34
Dépenses publiques énergie – subvention de gaz	3.75	4.05	4.34	4.66	4.99	5.35	5.72	6.12	6.53	6.98	7.44	7.93
Dépenses publiques énergie – autres	21.67	23.44	25.12	26.93	28.99	30.94	33.10	35.38	37.79	40.35	43.05	45.90
Dépenses publiques santé	131.54	143.07	153.90	178.36	178.36	191.72	205.77	220.65	238.43	253.14	270.82	289.49
Dépenses publiques environnement	9.12	9.69	10.23	10.81	11.43	12.08	12.75	13.46	14.20	14.99	15.81	16.67
Dépenses publiques environnement – construction des barrages	4.56	4.84	5.12	5.41	5.72	6.04	6.38	6.73	7.10	7.50	7.91	8.34
Dépenses publiques environnement – reboisement	4.56	4.84	5.12	5.41	5.72	6.04	6.38	6.73	7.10	7.50	7.91	8.34
Dépenses publiques habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	9.12	9.69	10.23	10.81	11.43	12.08	12.75	13.46	14.20	14.99	15.81	16.67
Dépenses publiques catastrophes naturelles – sensibilisation	1.82	1.94	2.05	2.16	2.29	2.42	2.55	2.69	2.84	3.00	3.16	3.33
Dépenses publiques catastrophes naturelles – construction des caniveaux	1.82	1.94	2.05	2.16	2.29	2.42	2.55	2.69	2.84	3.00	3.16	3.33
Dépenses publiques catastrophes naturelles – reconstruction	5.47	5.81	6.14	6.49	6.88	7.25	7.65	8.08	8.52	8.99	9.49	10.00
Dépenses publiques infrastructure	61.92	67.41	72.56	78.14	84.19	90.55	97.24	104.32	111.84	119.80	128.22	137.12
Dépenses publiques éducation	377.99	411.48	442.90	478.97	513.91	552.75	593.55	636.79	682.66	731.26	782.66	836.98
Dépenses publiques agriculture	147.84	156.98	166.57	176.63	187.17	198.18	209.70	221.74	234.32	247.45	261.12	275.35
Dépenses publiques électricité	45.45	48.28	51.25	54.37	57.63	61.04	64.60	68.33	72.23	76.30	80.53	84.94
Dépenses publiques énergie	249.35	265.45	282.39	300.19	318.52	338.30	358.71	380.07	402.39	425.71	450.00	475.30
Dépenses publiques énergie – électricité photovoltaïque	124.68	132.73	141.20	150.09	159.41	169.15	179.36	190.04	201.20	212.86	225.00	237.65
Dépenses publiques énergie – hydroélectricité	12.47	13.27	14.12	15.01	15.94	16.92	17.94	19.00	20.12	21.28	22.50	23.77
Dépenses publiques énergie – efficacité de climatisation	14.66	15.93	16.64	17.46	18.33	19.23	20.16	21.12	22.00	22.94	23.92	24.94
Dépenses publiques énergie – chauffe solaire	37.40	39.82	42.36	45.03	47.82	50.75	53.81	57.01	60.36	63.88	67.50	71.30
Dépenses publiques énergie – foyer amélioré	2.49	2.65	2.82	3.00	3.19	3.38	3.59	3.80	4.02	4.26	4.50	4.75
Dépenses publiques énergie – subvention de gaz	8.45	9.00	9.57	10.18	10.81	11.47	12.16	12.88	13.64	14.43	15.28	16.11
Dépenses publiques énergie – autres	48.90	52.05	55.38	58.97	62.52	66.34	70.34	74.53	78.91	83.48	88.25	93.21
Dépenses publiques santé	308.19	328.93	351.77	374.73	398.80	423.98	450.37	478.02	506.93	537.14	568.64	601.45
Dépenses publiques environnement	17.57	18.51	19.50	20.53	21.61	22.73	23.91	25.13	26.40	27.72	29.10	30.53
Dépenses publiques environnement – construction des barrages	8.79	9.26	9.75	10.27	10.81	11.37	11.96	12.57	13.20	13.86	14.55	15.27
Dépenses publiques environnement – reboisement	8.79	9.26	9.75	10.27	10.81	11.37	11.96	12.57	13.20	13.86	14.55	15.27
Dépenses publiques habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	17.57	18.51	19.50	20.53	21.61	22.73	23.91	25.13	26.40	27.72	29.10	30.53
Dépenses publiques catastrophes naturelles – sensibilisation	3.51	3.70	3.90	4.11	4.32	4.55	4.78	5.03	5.28	5.54	5.82	6.11
Dépenses publiques catastrophes naturelles – construction des caniveaux	3.51	3.70	3.90	4.11	4.32	4.55	4.78	5.03	5.28	5.54	5.82	6.11
Dépenses publiques catastrophes naturelles – reconstruction	10.54	11.11	11.70	12.32	12.97	13.84	14.35	15.08	15.84	16.63	17.46	18.32
Dépenses publiques infrastructure	148.50	159.39	168.80	177.74	189.22	201.22	213.81	226.99	240.78	255.19	270.22	285.87
Dépenses publiques éducation	804.25	854.60	901.80	955.00	1005.00	1055.00	1105.00	1155.00	1205.00	1255.00	1305.00	1355.00
Dépenses publiques agriculture	290.16	305.57	321.61	338.31	355.68	373.74	392.51	412.02	432.30	452.06	472.86	494.18
Dépenses publiques électricité	89.63	94.31	99.28	104.45	109.84	115.44	121.26	127.31	133.60	140.17	146.97	153.96
Dépenses publiques énergie	501.85	529.09	557.67	587.43	618.42	650.69	684.18	719.05	755.31	808.92	827.78	868.51
Dépenses publiques énergie – électricité photovoltaïque	250.83	264.55	278.94	293.72	309.21	325.33	342.09	359.53	377.66	404.46	413.89	474.26
Dépenses publiques énergie – hydroélectricité	22.83	16.03	13.72	12.92	12.68	12.66	12.52	12.51	12.54	12.54	12.50	12.49
Dépenses publiques énergie – efficacité de climatisation	30.10	31.75	33.46	35.25	37.11	39.04	41.05	43.14	45.32	48.54	48.67	55.90
Dépenses publiques énergie – chauffe solaire	75.25	79.36	83.65	88.11	92.78	97.60	102.63	107.86	113.30	121.34	124.17	134.74
Dépenses publiques énergie – foyer amélioré	5.02	5.29	5.58	5.87	6.18	6.51	6.84	7.19	7.55	8.09	8.28	8.98
Dépenses publiques énergie – subvention de gaz	17.01	17.94	18.91	19.91	20.96	22.06	23.19	24.38	25.61	27.42	28.08	30.45
Dépenses publiques énergie – autres	100.63	114.18	123.52	131.64	139.52	147.57	155.86	164.45	173.34	186.54	191.22	208.58
Dépenses publiques santé	635.65	671.28	708.41	747.10	787.39	829.34	872.98	918.38	965.62	1036.00	1080.00	1218.00
Dépenses publiques environnement	32.01	33.55	35.15	36.81	38.54	40.32	42.16	44.10	46.10	48.95	50.10	53.78
Dépenses publiques environnement – construction des barrages	16.01	16.78	17.58	18.41	19.27	20.16	21.09	22.05	23.05	24.48	25.05	26.89
Dépenses publiques environnement – reboisement	16.01	16.78	17.58	18.41	19.27	20.16	21.09	22.05	23.05	24.48	25.05	26.89
Dépenses publiques habitat humain, infrastructure, catastrophes naturelles	32.01	33.55	35.15	36.81	38.54	40.32	42.16	44.10	46.10	48.95	50.10	53.78
Dépenses publiques catastrophes naturelles – sensibilisation	6.402	6.71	7.03	7.362	7.708	8.064	8.436	8.82	9.22	9.79	10.02	10.756
Dépenses publiques catastrophes naturelles – construction des caniveaux	6.402	6.71	7.03	7.362	7.708	8.064	8.436	8.82	9.22	9.79	10.02	10.756
Dépenses publiques catastrophes naturelles – reconstruction	19.206	20.13	21.09	22.088	23.124	24.192	25.308	26.46	27.66	29.37	30.06	32.268
Dépenses publiques infrastructure	302.19	319.19	338.61	355.37	374.60	394.62	415.45	437.12	459.67	483.26	504.72	540.02
Dépenses publiques éducation	1846.00	1948.00	2056.00	2168.00	2287.00	2409.00	2536.00	2668.00	2800.00	3011.00	3081.00	3543.00