

République du Niger



MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT,
DE LA SALUBRITE URBAINE
ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE



CONSEIL NATIONAL DE
L'ENVIRONNEMENT POUR UN
DEVELOPPEMENT DURABLE



HAUT-COMMISSARIAT
A L'INITIATIVE
3N



MINISTERE DE
L'AGRICULTURE
ET DE L'ELEVAGE

Facilité Adapt'Action

NIGER – Appui à la formulation concertée de la SPN2A (Axe 2)

Elaboration de projections climatiques désagrégées pour le Niger



LIVRABLE N°1 – Version finale

01/11/2019

Avec l'appui technique et financier de :



Cette opération d'assistance technique est financée par l'Agence Française de Développement (AFD) dans le cadre de la Facilité Adapt'Action. Cette Facilité, démarrée en mai 2017, appuie les pays africains, les PMA et les PEID dans la mise en œuvre de leurs engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le Climat, par le financement d'études, d'activités de renforcement des capacités et d'assistance technique, dans le secteur de l'adaptation en particulier. Les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu du présent document. Les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement celle de l'AFD ni de ses partenaires.

NIGER – Appui à la formulation concertée de la SPN2A (Axe 2)
Elaboration de projections climatiques désagrégées pour le Niger
Rapport technique n°1 - version finale
01/11/2019

Mentions

Auteurs du rapport : Mouhamed LY, Nazirou TOUNE

Citation suggérée : Ly M., Touné N. (2019). Appui à la formulation concertée de la SPN2A pour la République du Niger : Elaboration des projections climatiques désagrégées pour le Niger. Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable. Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable. Haut-Commissariat à l'Initiative 3N. AFD. Facilité Adapt'Action. Niamey, Niger. Baastel - BRL - ONFI. Bruxelles, Belgique.

Table des matières

Liste des figures.....	2
Liste des tableaux.....	4
Résumé exécutif.....	6
Introduction.....	7
1. Préambule : notions de modèles climatiques et de trajectoires / scénarios RCP.....	8
1.1. Modèles climatiques.....	8
1.2. Scénarios globaux RCP d'évolution de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre.....	8
2. Démarche méthodologique.....	9
2.1. Analyse de la variabilité climatique historique au Niger.....	9
2.2. Analyse des projections climatiques issues des 29 modèles du GIEC et de leur consensus pour l'ensemble du territoire du Niger.....	9
2.3. Mobilisation d'une base de données d'observations journalières corrigées.....	10
2.3.1. Etat des lieux des données d'observation mobilisables.....	10
2.3.2. Echantillonnage des données historiques d'observation prises en compte.....	11
2.3.3. Contrôle qualité des données d'observation et comblement des données manquantes.....	11
2.4. Elaboration des scénarios climatiques désagrégés pour chacune des stations synoptiques du Niger.....	12
2.4.1. Trajectoires globales d'évolution de la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre considérées dans les projections (RCP 4.5 et RCP 8.5).....	12
2.4.2. Principes de la démarche.....	13
2.4.3. Sélection de 5 modèles climatiques pour chaque station synoptique.....	13
2.4.4. Génération des projections climatiques après correction de biais.....	14
3. Résultats.....	15
3.1. Analyse de la variabilité du climat du Niger.....	15
3.1.1. Rappel des caractéristiques du climat nigérien.....	15
3.1.2. Evolution historique des précipitations et des températures moyennes observées au niveau national.....	15
3.1.3. Evolution des précipitations et des températures observées sur la période 1980-2010 au niveau de certaines localités.....	16
3.2. Tendances d'évolution du climat à court et à moyen terme sur l'ensemble du territoire nigérien ; d'après la représentation médiane des 29 modèles du GIEC.....	18
3.2.1. Tendances d'évolution des températures.....	18
3.2.2. Tendances d'évolution des précipitations.....	19
3.3. Scénarii désagrégés de changement climatique à court terme et à moyen terme pour chacune des 15 stations synoptiques opérées par la Direction de la Météorologie Nationale du Niger.....	21
3.3.1. Modèles climatiques retenus pour les projections de changement climatique de moyen terme sur chaque station synoptique, selon le scénario RCP considéré.....	21
3.3.2. Projections climatiques désagrégées (données ouvertes, libres d'accès).....	23
3.3.3. Interprétation des scénarios climatiques désagrégés.....	24
4. Conclusion.....	39
Références bibliographiques.....	40
Annexe 1 : Présentations effectuées lors de la restitution technique du 16.05.2019 des projections climatiques désagrégées pour la République du Niger.....	41
Annexe 2. Compte-rendu de l'atelier de restitution des projections climatiques désagrégées et du comité ad hoc de suivi et de pilotage du processus de formulation concertée de la SPN2A .	49

Liste des figures

Figure 1. Réseau d'observation de la Direction de la Météorologie Nationale Niger	10
Figure 2. Evolution des températures moyennes de 1950 à 2100 sur l'ensemble du Niger pour les scénarios RCP 2.6, RCP 4.5, et RCP 8.5 par comparaison à la période de référence 1950-2010.....	12
Figure 3. Exemple de classification du comportement de moyen terme des 29 modèles climatiques globaux par la méthode des quadrants sur la saison JJAS – cas de la station de Zinder, pour le RCP 8.5. Chaque lettre représente un modèle climatique global. Sa couleur représente son quadrant. Le carré central rassemble les modèles au comportement intermédiaire (comportement similaire à la moyenne observée). Dans chaque quadrant, les points représentent la moyenne des modèles classés dans le quadrant.	14
Figure 4. Evolution de l'indice pluviométrique au Sahel de 1950 à 2005.....	15
Figure 5. Evolution annuelle des précipitations observées sur la station synoptique d'Agadez de 1980 à 2010	17
Figure 6. Evolution annuelle des températures minimales (Tmin) et maximales (Tmax) observées sur les stations synoptiques d'Agadez, Bilma et Zinder de 1980 à 2010.....	17
Figure 7. Différences de températures moyennes de surface au Niger durant la saison des pluies (JJAS), simulées sur le court terme et le moyen terme par comparaison avec la période de référence 1981- 2010. Ces résultats sont la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'intercomparaison de de modèles globaux (CMIP5) pour les scénarios RCP4.5 et RCP 8.5.....	18
Figure 8. Simulation de l'évolution des cumuls moyens de précipitations durant la saison des pluies (JJAS) pour le court et le moyen terme, comparés à la période de référence 1981- 2010. Ces résultats sont la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'intercomparaison de modèles globaux (CMIP5) pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Les valeurs représentées correspondent au pourcentage de variation par rapport au cumul de précipitations de référence.....	19
Figure 9. Evolution simulée du nombre de jours pluvieux durant la saison des pluies JJAS pour le court terme, puis pour le moyen terme, comparé à la période de référence 1981- 2010. Ces résultats sont la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'intercomparaison de de modèles globaux (CMIP5) en considérant les scénarios RCP 4.5 (à gauche) et RCP 8.5 (à droite). Les valeurs représentées correspondent au pourcentage de variation par rapport au nombre de jours pluvieux de référence.....	20
Figure 10. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles), simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique d'Agadez.	24
Figure 11. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Bilma.....	25
Figure 12. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Diffa.....	26



Figure 13. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Maine Soroa.....	27
Figure 14. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Nguimi.	28
Figure 15. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Dosso.	29
Figure 16. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Gaya.	30
Figure 17. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Maradi.....	31
Figure 18. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Niamey.	32
Figure 19. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Konni.	33
Figure 20. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Tahoua aéro.	34
Figure 21. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Tillabéri.....	35
Figure 22. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Gouré.	36
Figure 23. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Magaria.....	37
Figure 24. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Zinder.	38

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des 15 stations synoptiques du Niger ayant servi à l'évaluation et la génération des scénarii désagrégés de changement climatique sur le Niger	11
Tableau 2. Equation et coefficient de détermination R^2 des droites de régression en fonction du temps, pour les variables « cumul annuel de précipitations » (Rain), « températures maximales » (Tx) et « températures minimales » (Tn) entre 1980 à 2010 pour chaque station synoptique du Niger.	16
Tableau 3. Liste des modèles retenus par la méthode AgMIP à l'horizon moyen-terme pour chacune des stations synoptiques du NIGER) selon la trajectoire RCP considérée et le type de comportement du modèle.	21
Tableau 4. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station d'Agadez pour la période de référence 1981-2010.....	24
Tableau 5. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme, par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Bilma pour la période de référence 1981-2010.....	25
Tableau 6. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Diffa pour la période de référence 1981-2010.....	26
Tableau 7. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme, par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Maine Soroa pour la période de référence 1981-2010.	27
Tableau 8. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Nguimi pour la période de référence 1981-2010.....	28
Tableau 9. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Dosso pour la période de référence 1981-2010.....	29
Tableau 10. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et pour le moyen terme, par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Gaya pour la période de référence 1981-2010.....	30
Tableau 11. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le	

RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Maradi pour la période de référence 1981-2010.....	31
Tableau 12. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Niamey pour la période de référence 1981-2010.....	32
Tableau 13. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Konni pour la période de référence 1981-2010.....	33
Tableau 14. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Tahoua aéro pour la période de référence 1981-2010.....	34
Tableau 15. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Tillabéri pour la période de référence 1981-2010.....	35
Tableau 16. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Gouré pour la période de référence 1981-2010.....	36
Tableau 17. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Magaria pour la période de référence 1981-2010.....	37
Tableau 18. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Zinder aéro pour la période de référence 1981-2010.....	38

Résumé exécutif

Au Niger, l'aridité du milieu et la très forte variabilité spatio-temporelle des précipitations contribuent à la vulnérabilité d'une population dont les moyens d'existence dépendent du secteur agricole. L'adaptation face aux changements climatiques constitue une clé du développement durable du secteur agricole et de la sécurité alimentaire des populations.

Le Gouvernement du Niger bénéficie d'un appui de l'AFD dans le cadre de la Facilité Adapt'action, dont l'objectif est de contribuer à l'intégration de l'adaptation aux effets attendus des changements climatiques dans la planification et la mise en œuvre du développement du secteur agricole. C'est à ce titre qu'est appuyée la formulation concertée d'une stratégie et d'un plan national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur agricole (SPN2A).

La première activité réalisée dans le cadre du processus SPN2A est l'élaboration de projections climatiques désagrégées à court (2030) et moyen termes (2050), qui sont nécessaires à l'identification d'options d'adaptation appropriées.

Les projections climatiques issues de la médiane de 29 modèles climatiques du GIEC, pour deux scénarios globaux contrastés d'évolution des concentrations atmosphériques de gaz à effets de serre (RCP 4.5 et 8.5) montrent que les populations du Niger vont devoir s'adapter :

- à une augmentation significative des températures dans une gamme de 1,5 à 3 degrés d'ici 2050 ;
- à une probable intensification des pluies caractérisée par une augmentation de la pluviométrie, en particulier dans les régions de l'Est et du Nord-Est, s'accompagnant d'une réduction du nombre de jours de pluie.

Ces projections s'inscrivent en continuité de la tendance observée au Niger au cours de la période de référence 1981-2010, caractérisée par une hausse des températures de l'ordre de 1 degré et une augmentation des précipitations (de l'ordre de 100 mm dans le cas d'Agadez, par exemple). Elles sont cohérentes avec d'autres travaux de caractérisation des changements climatiques futurs à une échelle nationale.

Dans le cadre d'un partenariat avec la Direction de la Météorologie Nationale du Niger, nous nous sommes appuyés sur les données historiques d'observation disponibles pour réaliser des projections désagrégées de changements climatiques au pas de temps journalier sur chacune des 15 stations synoptiques du Niger.

Six variables sont décrites (températures minimum et maximum, précipitations, humidité relative, vent, radiation solaire) aux horizons 2030, 2050, et 2100, pour les RCP 4.5 et les RCP 8.5.

Ce travail permet de disposer de scénarios de changement climatique à une résolution locale, plus fine que ce qui était disponible jusqu'ici.

Les projections climatiques désagrégées ainsi générées sont à la libre disposition des acteurs souhaitant les mobiliser. Elles sont téléchargeables à partir du lien suivant :

<https://www.dropbox.com/sh/411p6p816b4fc6n/AAAJyd1kzfs6g6hlqiTFjipa?dl=0>

Les projections de changement climatiques réalisées sur chacune des 15 stations synoptiques montrent une hausse significative des températures pour chacune des 15 stations du Niger. L'évolution projetée de la pluviométrie à court et à moyen termes dépend de la station synoptique. Les résultats suggèrent une intensification des précipitations sur certaines stations s'accompagnant d'une augmentation de la fréquence et de la durée des épisodes secs.

Dans le cadre du processus de formulation concertée de la SPN2A, les données produites vont alimenter une évaluation désagrégée d'impact du CC sur les productions agro-sylvo-pastorales.

Indépendamment du processus SPN2A, les données générées sont susceptibles de contribuer à la planification du futur développement du Niger, y compris dans d'autres secteurs que l'agriculture.



Introduction

Le Niger compte parmi les pays les plus vulnérables au monde face au changement climatique en raison de son aridité, son économie et son environnement. Dans un contexte caractérisé par une forte exposition des producteurs et des populations pastorales à des risques de diverses natures (climatiques, économiques, sanitaires, voire sécuritaires), l'adaptation du secteur agricole face aux effets des changements climatiques constitue un enjeu majeur pour le développement économique du pays.

Appuyée par la Facilité Adapt'Action (AFD), la formulation d'une stratégie et d'un plan national d'adaptation face au changement climatique dans le secteur agricole (SPN2A) constitue à cet égard une opportunité pour anticiper les changements à venir dès aujourd'hui, en déterminant de façon concertée et inclusive les priorités d'investissement pour développer une agriculture intelligente face au climat.

Ce processus nécessite de disposer d'informations fiables concernant les changements climatiques et leurs impacts sur les productions agro-sylvo-pastorales. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette première activité du processus de formulation concertée de la SPN2A, qui concerne la génération de projections climatiques désagrégées aux horizons 2030 et 2050. Le travail mené avait pour objectif d'améliorer la qualité des projections de changement climatique disponibles pour le Niger, en vue de faciliter l'adaptation aux changements climatiques en cours, à une échelle la plus précise possible.

Le présent rapport restitue les résultats du travail mené au cours de cette première étape. Il est structuré autour de trois parties :

- La première partie rappelle les principes de base de la modélisation climatique et les différents types de modèles existants (e.g. RCM et GCM). Ce rappel s'accompagne d'informations sur les tendances actuelles d'émissions de gaz à effet de serre qui sont au cœur de la modélisation climatique ;
- La seconde partie présente la démarche méthodologique mise en œuvre avec le concours de la Direction de la Météorologie Nationale du Niger. Cette démarche comporte une analyse des tendances climatiques résultant du consensus des modèles climatiques disponibles, une analyse des données d'observation mobilisables, la constitution d'une base de données climatiques permettant d'évaluer la situation climatologique de référence, le choix des modèles climatiques pour chaque station synoptique selon le RCP considéré, et l'élaboration de projections climatiques désagrégées, qui ont été corrigées de leurs biais ;
- La troisième partie est constituée d'une présentation et d'une interprétation des résultats obtenus pour les variables climatologiques analysées sur l'ensemble du territoire du Niger, puis sur chaque station synoptique disposant de données d'observations historiques.

1. Préambule : notions de modèles climatiques et de trajectoires / scénarios RCP

1.1. Modèles climatiques

Les scientifiques ont développé des modèles informatiques de simulation du climat permettant de représenter l'ensemble des processus physiques régissant le climat terrestre, en tenant compte des forçages naturels et ou anthropiques.

Ces modèles climatiques constituent des outils incontournables pour estimer la vulnérabilité des populations et définir en conséquence les mesures d'adaptation appropriées.

La modélisation climatique se définit comme une discrétisation sur le globe des équations mathématiques représentant la circulation générale atmosphérique.

Les projections de climat futur se basent sur les scénarios d'émissions de CO₂ et de méthane, principales sources d'émission de gaz à effet de serre. En réponse à un doublement du CO₂ atmosphérique, les modèles prédisent un réchauffement global du climat de 3°C en moyenne par rapport à l'ère préindustrielle, dans une gamme de variations allant de 2 et 4 °C selon les modèles.

La modélisation a permis de comprendre comment l'homme a pu changer son environnement par le passé. Elle constitue un outil d'anticipation des changements climatiques à venir. Les projections issues des modèles du climat représentent une connaissance précieuse, qu'il est nécessaire d'intégrer dans la planification des stratégies sectorielles de développement afin de s'assurer que les objectifs à atteindre soient bien compatibles et alignés avec les modèles validés par la science.

Modèles globaux et modèles régionaux

Deux catégories de modèles sont distinguées en modélisation climatique : les modèles globaux (GCM pour Global Climate Model) et les modèles régionaux (RCM pour Regional Climate Model). Les RCM visent à affiner la qualité de l'information issue des modèles globaux. La résolution des modèles globaux varie de 100 à 300 km contre 10 à 50 km pour les modèles régionaux. Des techniques dites « de descente d'échelle » permettent de passer des GCM aux RCM, lesquels constituent un développement au niveau régional, tenant compte finement de l'effet de l'orographie. Ces modèles régionaux sont obtenus en forçant les conditions aux limites régionales par un modèle global, afin de prendre en compte au niveau régional des informations sur la circulation générale atmosphérique et l'influence des températures de surface des océans.

La résolution spatiale des modèles a été significativement améliorée. Au niveau régional comme global, la prise en compte des progrès dans la connaissance et la représentation des mécanismes qui régissent le climat, et l'amélioration des techniques de calcul numérique, ont permis d'aboutir récemment à une nouvelle génération de modèles planétaires (ESM pour Earth System Model).

Les études de vulnérabilité et d'impact sont influencées à la fois par la nature des modèles retenus et par la manière dont l'information climatique est utilisée dans les modèles d'impact (cas de la modélisation des systèmes de culture, par exemple). La sélection de modèles climatiques (GCM ou RCM) pour l'élaboration de projections climatiques doit être justifiée au regard de la nature des variables évaluées. **Dans le cas du processus SPN2A, les variables clés pour évaluer l'impact des changements climatiques sur le secteur agricole sont les changements projetés de température et de précipitations (la concentration de gaz à effet de serre tels que le CO₂ pouvant être déduite du scénario RCP retenu).**

1.2. Scénarios globaux RCP d'évolution de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre

Les projections de changement climatique sont basées sur des scénarios globaux d'évolution de la concentration des gaz à effet de serre (CO₂, méthane principalement) dans l'atmosphère, résultant de l'évolution de paramètres socio-économiques tels que la population, le niveau de développement économique et les innovations technologiques. Les scientifiques utilisent actuellement des scénarios appelés RCP (Representative Concentration Pathway), associés à des trajectoires d'évolution globale des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre.



Quatre types de RCP distincts sont considérés RCP2.6, RCP 4.5, RCP6.0, et RCP 8.5 (Moss et al., 2010) :

- Le scénario le plus optimiste RCP 2.6 anticipe de très fortes mesures d'atténuation. Il intègre les effets de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre, permettant de limiter le réchauffement planétaire à 2°C à l'horizon 2100 ;
- Le scénario médian RCP 4.5 anticipe la mise en œuvre de politiques publiques permettant une forte atténuation de l'émission de gaz à effet de serre, permettant d'en stabiliser la concentration atmosphérique, sans toutefois empêcher une augmentation de la température à l'échelle du globe de plus de 2 degrés ;
- Le scénario RCP 6.0 postule une croissance économique très rapide et répartie de façon homogène sur la planète, avec une population mondiale qui atteint un maximum de 9 milliards d'individus au milieu du siècle pour décliner ensuite. Il anticipe la mobilisation de nouvelles technologies énergétiquement efficaces ainsi que l'une utilisation de différentes sources énergétiques sans en privilégier une en particulier ;
- Le scénario le plus pessimiste RCP 8.5 anticipe une croissance continue des émissions globales de gaz à effet de serre, et l'absence de mesures efficaces d'atténuation. Il se traduit par un réchauffement continu pouvant aller jusqu'à 12 degrés Celsius à l'horizon 2100.

Les RCP ont été prolongés jusqu'à 2300, ce qui constitue un progrès significatif par comparaison aux anciens scénarios SRES (Special Report on Emission Scenario) du GIEC (Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du Climat) dont l'horizon était limité à 2100. L'horizon temporel de très long terme considéré par les scénarios RCP est pertinent pour la recherche dans la mesure où il permet d'étudier les processus physiques à la base de la hausse prévue des concentrations de gaz à effet de serre et leurs impacts sur les systèmes biophysiques (e.g. élévation du niveau de la mer, cycle du carbone etc.).

2. Démarche méthodologique

2.1. Analyse de la variabilité climatique historique au Niger

La Direction de la Météorologie Nationale du Niger a procédé à l'analyse des tendances historiques d'évolution des températures (minimum et maximum) et des cumuls annuels de précipitations au cours de la période de référence 1980-2000 sur chacune des 15 stations synoptiques¹ du pays. Les tendances ainsi mises en évidence ont été confrontées aux éléments de capitalisation bibliographique traitant de l'évolution récente de la climatologie du Niger.

2.2. Analyse des projections climatiques issues des 29 modèles du GIEC et de leur consensus pour l'ensemble du territoire du Niger

Nous avons effectué une première analyse des tendances d'évolution du climat sur l'ensemble du territoire du Niger à court terme et à moyen terme pour 3 paramètres : températures annuelles (minimum – moyenne – maximum), cumul annuel de précipitations, et nombre de jours pluvieux au cours de la saison pluvieuse, de Juin à Septembre (JJAS).

Pour ce faire, nous avons représenté les projections de chacun des modèles pris isolément, puis nous nous sommes appuyés sur une approche multi-modèles pour représenter la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'inter comparaison de modèles globaux (CMIP5) pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Les données climatiques de référence utilisées par les 29 modèles globaux des simulations CMIP 5 sont issues des bases de données climatiques internationales du GIEC.

Les projections de changement de températures issues de cette médiane sont calculées en différence de valeur absolue (projection futures – données moyennes de référence).

¹ Une station synoptique est une station d'observation météorologique de référence pour la prévision météorologique, qui mesure des paramètres représentatifs des phénomènes atmosphériques d'amplitude.

Les projections de futures précipitations ainsi que les projections de nombre de jours pluvieux dans le futur sont calculées en tant que variation, exprimée en pourcentage, de la période future par comparaison aux données moyennes de référence (simulations futures / données moyennes de référence * 100).

Les données moyennes de référence ont été calculées à partir de la climatologie récente 1981-2010, en moyennant les valeurs journalières pour chaque paramètre (i.e. 30 ans).

Les projections sont données pour le court terme (évolution moyenne projetée sur la période 2010-2039) et le moyen terme (évolution moyenne projetée sur la période 2040-2069).

Les modèles climatiques convergent généralement dans les projections de températures car celles-ci sont influencées en grande partie par la circulation atmosphérique à grande échelle, laquelle est généralement bien simulée / restituée par les modèles climatiques.

En revanche, les modèles présentent fréquemment des divergences significatives sur les projections de précipitations. La paramétrisation physique à la base des précipitations simulée dans le modèle climatique constitue l'une des principales causes d'incertitude, appelée « biais systématique ».

Pour réduire l'incertitude associée aux prévisions de précipitations, les scientifiques se basent sur une méthode d'analyse multi-modèles, qui rend plus robuste les informations produites comparativement à chaque modèle pris isolément. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes appuyés sur une représentation de la médiane des projections issues de 29 modèles climatiques, pouvant être comprise comme un « consensus » entre les projections de changement climatique issues de différents modèles.

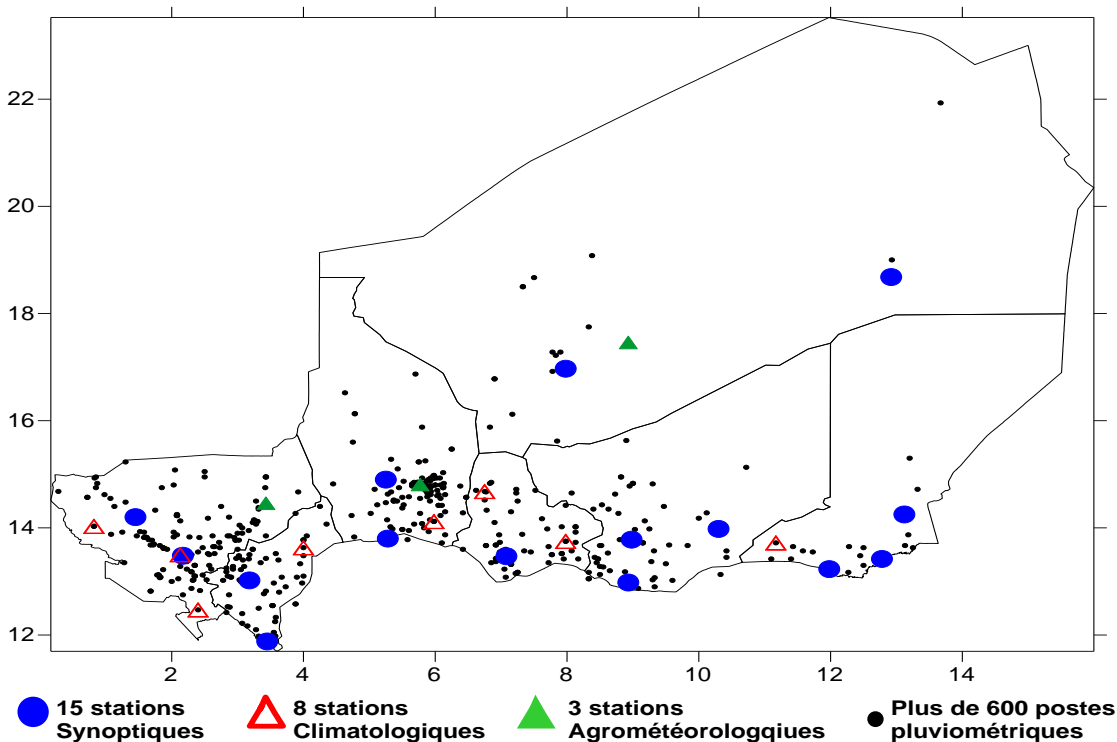
Le lecteur peut néanmoins accéder aux cartes de projections pour chaque modèle pris individuellement dans la dropbox développée à cet effet (cf. ci-après).

2.3. Mobilisation d'une base de données d'observations journalières corrigées

2.3.1. Etat des lieux des données d'observation mobilisables

Le réseau d'observations météorologiques du Niger se compose de 650 stations, tous types confondus (figure 1 ci-dessous).

Figure 1. Réseau d'observation de la Direction de la Météorologie Nationale Niger



Source : Direction de la Météorologie Nationale du Niger, 2019



Il comprend 15 stations synoptiques, 21 stations climatologiques, 3 stations agrométéorologiques et plus de 600 postes pluviométriques. Si certaines stations enregistrent jusqu'à 40 paramètres observés (y compris leurs dérivés), seuls 12 paramètres étaient saisis jusqu'en 2004, prioritairement dans les stations synoptiques gérées par des professionnels, correspondant aux variables les plus demandées par les usagers.

Il s'agit de la pluviométrie, des températures journalières (minimale, moyenne et maximale), de l'humidité relative (minimale et maximale), de la vitesse moyenne du vent à 10 m, de la tension de vapeur d'eau moyenne, de l'évaporation Piche et Bac classe A, de la durée totale d'ensoleillement et de l'évapotranspiration potentielle. Par ailleurs, l'humidité minimale et maximale ainsi que l'évaporation Piche et Bac classe A n'ont été saisies au quotidien qu'à partir de l'année 1990.

2.3.2. Echantillonnage des données historiques d'observation prises en compte

L'état des lieux des données d'observation disponibles et accessibles nous a conduit à ne retenir que les stations synoptiques pour élaborer les scénarios climatiques désagrégés (tableau 1 ci-dessous).

Ce travail nécessite en effet de disposer de données d'observation complètes (i.e. variables enregistrées au pas de temps journalier, pouvant servir par la suite aux études de vulnérabilité et aux analyses d'impacts du climat sur les systèmes agricoles), de bonne qualité (le moins possible de valeurs manquantes ou erronées) et recoupant la variabilité des zones agro-climatiques.

Tableau 1. Liste des 15 stations synoptiques du Niger ayant servi à l'évaluation et la génération des scénarii désagrégés de changement climatique sur le Niger

STATIONS	CODE	LONG	LAT	ID
Tillabéry	320004	1,45	14,2	NGTI
Niamey/Aéro	320009	2,17	13,48	NGNI
Dosso	320017	3,18	13,02	NGDO
Gaya	320018	3,45	11,88	NGGA
Tahoua Aéro	320023	5,25	14,9	NGTA
Konni	320025	5,28	13,8	NGKO
Maradi Aéro	320047	7,08	13,47	NGMA
Agadez/Aéro	320048	7,98	16,97	NGAG
Zinder/Aéro	320062	8,98	13,78	NGZI
Magaria	320064	8,93	12,98	NGMG
Gouré	320070	10,3	13,98	NGGO
Mainé Soroa	320072	11,98	13,23	NGMS
Diffa	320074	12,78	13,42	NGDI
Bilma	320075	12,92	18,68	NGBI
N'Guigmi	320077	13,12	14,25	NGNG

Source : Direction de la Météorologie Nationale du Niger

2.3.3. Contrôle qualité des données d'observation et comblement des données manquantes

Un contrôle qualité a été effectué sur cette base de données à l'aide de méthodes conventionnelles utilisées dans la détection des extrêmes climatiques (Ly et al., 2013). Il s'agit essentiellement de détecter les valeurs manquantes, les traces de pluie indiquées par des «*» ou «TR», et les valeurs erronées (pluies négatives).

Les stations présentant le plus de données manquantes pour la période 1980 – 2010 sont les stations de Dosso et Diffa, suivies de Magaria, Gouré, Mainé Soroa et Nguigmi (plus de détails dans la présentation de la DMN en annexe 1). Les données de précipitation manquantes ont été comblées en utilisant la méthode du plus proche voisin (station climatologique ou poste pluviométrique disponible le plus proche) afin de tenir compte au mieux de la forte variabilité spatiale des pluies dans cette région. Les données manquantes au niveau des températures de surface ont été comblées à partir des valeurs observées au niveau de la station synoptique la plus proche, dans la même zone climatologique, ce qui reste acceptable dans la mesure où les températures de surface présentent une variabilité spatiale plus faible que les précipitations.

Enfin, nous avons pu disposer d'une base de données journalières corrigées sur la période 1980-2010, avec les variables requises au niveau des 15 stations synoptiques du Niger



2.4. Elaboration des scénarios climatiques désagrégés pour chacune des stations synoptiques du Niger

L'élaboration de scénarios désagrégés de changement climatique s'appuie sur l'évaluation de tendances d'évolution du climat pour une localité donnée. Les scénarios désagrégés offrent une information de meilleure « qualité » que la médiane des simulations issus des 29 modèles globaux dans la mesure où ils sont évalués à partir des données historiques d'observation sur la localité considérée. L'objectif recherché est de développer une information pertinente pour les besoins des populations locales, et de nature à faciliter l'élaboration de stratégie d'adaptation dans les secteurs prioritaires de développement. Nous avons mobilisé pour ce travail la méthode AgMiP décrite par Rune et al. (2017).

2.4.1. Trajectoires globales d'évolution de la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre considérées dans les projections (RCP 4.5 et RCP 8.5)

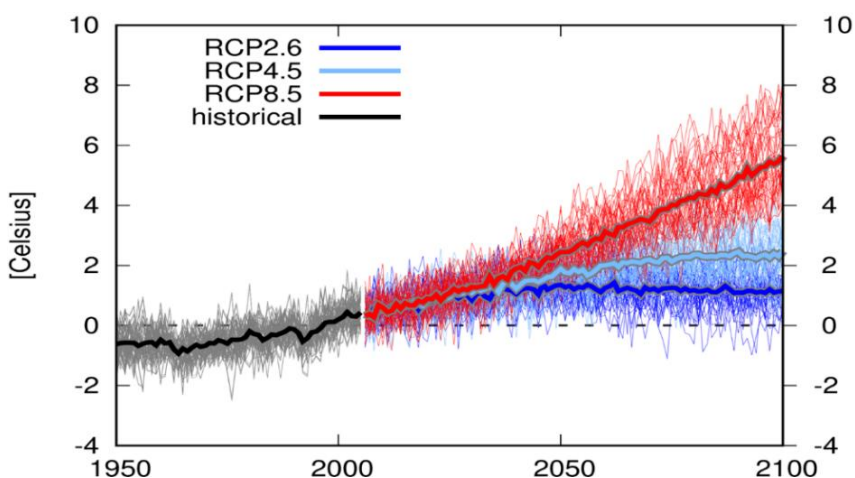
Notre analyse à court et moyen terme s'est basée sur 2 trajectoires contrastées de changement climatique global (RCP 4.5 et RCP 8.5) représentant la gamme de tendances globales d'évolution de la concentration de gaz à effet de serre la plus probable à ce stade.

Le scénario RCP 4.5 correspond à une trajectoire de stabilisation des émissions de gaz à effet de serre, tandis que le scénario RCP 8.5 correspond à une trajectoire de forte augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre, se traduisant par une augmentation de la température moyenne du globe supérieure à 3 degrés sur le moyen terme (2050).

La trajectoire RCP 2.6, correspondant à une atténuation de la concentration de gaz à effets de serre, n'a pas été retenue dans cette analyse pour les raisons suivantes :

- Elle correspond à un scénario d'atténuation conduisant à un niveau de forçage radiatif très bas, considéré comme trop optimiste au regard des actions nécessaires au niveau global pour limiter la hausse de la concentration de gaz à effets de serre ;
- Si l'on considère les [Contributions déterminées au niveau National du Niger](#), le pays a déjà atteint un niveau de réchauffement dépassant les prévisions du scénario RCP2.6 ;
- A moyen terme, les trajectoires globales RCP 2.6 et RCP 4.5 diffèrent peu en matière d'amplitude de la hausse des températures moyennes globales simulées (figure 2 ci-dessous) ;
- Les bases de données climatiques accessibles disposent de toutes les informations nécessaires à l'analyse des trajectoires RCP 4.5 et RCP 8.5, ce qui n'est pas le cas pour l'analyse de la trajectoire RCP 2.6 ;
- Les trajectoires RCP 4.5 et RCP 8.5 font consensus pour l'étude du changement climatique dans la plupart des pays en Afrique de l'Ouest. Elles correspondent respectivement à un scénario intermédiaire (RCP4.5) et à un scénario pessimiste (RCP8.5).

Figure 2. Evolution des températures moyennes de 1950 à 2100 sur l'ensemble du Niger pour les scénarios RCP 2.6, RCP 4.5, et RCP 8.5 par comparaison à la période de référence 1950-2010



Source : climat explorer <http://climexp.knmi.nl/>



2.4.2. Principes de la démarche

La démarche d'élaboration de scénarios climatiques désagrégés correspond à une réduction d'échelle statistique (« downscaling ») permettant de projeter l'évolution du climat au point considéré à partir de données observées (moyenne, variabilité et extrêmes).

Elle se déroule en 3 phases successives :

- Caractérisation et analyse du climat de la localité (i.e. climat « moyen », variabilité et extrêmes climatiques) à partir des données d'observation disponibles sur la station d'observation considérée ;
- Sélection des 5 modèles climatiques les plus performants au point considéré, d'après l'évaluation des performances de 29 modèles climatiques sur la base de leur capacité à reproduire les données observées et leur variabilité, après correction de biais) ;
- Elaboration des projections journalières au point considéré pour chacun des 5 modèles retenus.

L'approche retenue pour cette réduction d'échelle repose sur la méthode AgMIP -pour Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project <http://www.agmip.org/> - (Ruane at al., 2017).

Cette méthode a été largement développée dans le cadre de projets internationaux de comparaison de modèles de cultures, avec pour objectifs de :

- Construire des scénarios représentatifs des températures et des précipitations ;
- Restreindre le nombre de modèles à considérer sur le point d'observation pour simplifier les évaluations au niveau régional, tout en réduisant les incertitudes sur différents modèles climatiques ;
- Centrer le processus de sélection et d'évaluation du modèle sur la saison agricole pluviale ;
- Eviter la sélection de valeurs aberrantes pouvant influencer sur les résultats d'évaluation ;
- Conserver les informations sur les incertitudes globales dans les projections climatiques.

Comment cela fonctionne-t-il ?

La méthode se base sur une analyse intégrée/combinée, au niveau sous régional, des variables températures et précipitations extraites des modèles climatiques. Elle permet de conserver les propriétés du modèle au niveau régional tout en réduisant les incertitudes physico-statistiques sur les projections climatiques.

La 1^{ère} étape consiste à évaluer, au point considéré, la capacité de 29 modèles globaux à reproduire les valeurs moyennes observées durant la période 1981-2010 (soit 30 ans). Le changement projeté en moyenne par le modèle climatique sur la saison pluvieuse est évalué à partir des informations historiques du climat de la saison pluvieuse au cours de la période « actuelle » de référence (1981-2010).

Pour chaque station synoptique et pour chaque scénario RCP, ceci permet de retenir 5 modèles corrigés des biais parmi les 29 considérés.

Des projections au pas de temps journalières sont ensuite réalisées pour 3 périodes futures définies comme suit : court terme (2010-2039) ; moyen terme (2040-2069) et long terme (2070-2099)

2.4.3. Sélection de 5 modèles climatiques pour chaque station synoptique

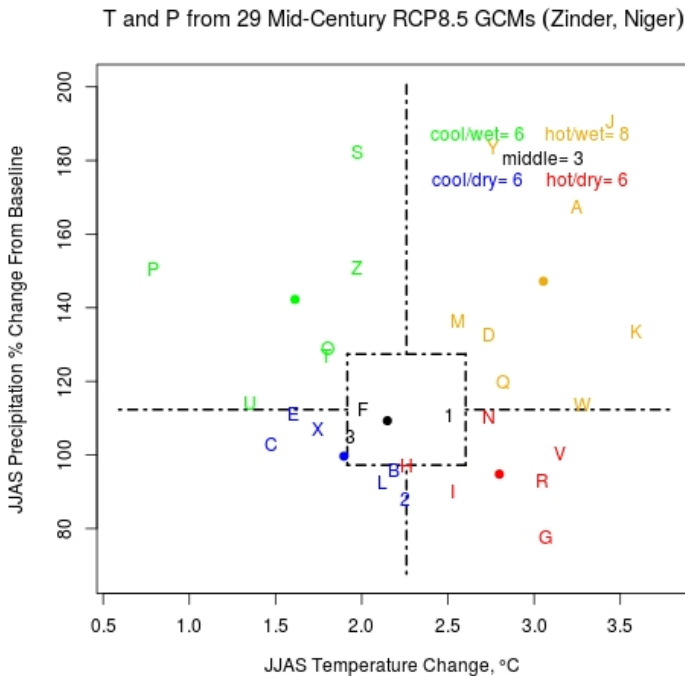
Nous avons classé les modèles sur la base du comportement de leurs projections de moyen terme du point de vue des précipitations et des températures au cours de la saison pluvieuse i.e. mois de Juin – Juillet – Aout – Septembre (JJAS), en différenciant 5 « comportements » possibles des modèles :

- Projections relativement froides (i.e. traduisant un réchauffement relativement faible) et humides (cool/wet) ;
- Projections relativement froides et sèches (cool/dry) ;
- Projections relativement chaudes et humides (hot/wet) ;
- Projections relativement chaudes et sèches (hot/dry) ;
- Projections au comportement intermédiaire (i.e. proches de la médiane de l'ensemble des projections).

La figure 3 ci-après présente un exemple de classification basé sur le quadrant, en prenant en compte les informations extraites sur la station synoptique de Zinder.



Figure 3. Exemple de classification du comportement de moyen terme des 29 modèles climatiques globaux par la méthode des quadrants sur la saison JJAS – cas de la station de Zinder, pour le RCP 8.5. Chaque lettre représente un modèle climatique global. Sa couleur représente son quadrant. Le carré central rassemble les modèles au comportement intermédiaire (comportement similaire à la moyenne observée). Dans chaque quadrant, les points représentent la moyenne des modèles classés dans le quadrant.



Nous avons retenu pour chaque quadrant le modèle le plus proche de la médiane de l'ensemble des modèles du quadrants (matérialisé par un point sur chaque quadrant).

5 modèles climatiques ont ainsi été retenus pour chaque station synoptique et pour chaque RCP afin de générer les scénarios climatiques désagrégés au point considéré

Cette approche permet de réduire le nombre de modèles climatiques à considérer pour l'analyse des tendances de changement climatique et les études de vulnérabilités à entreprendre.

2.4.4. Génération des projections climatiques après correction de biais

Pour chaque station synoptique, nous avons généré les projections de température et de précipitation à court et moyen termes avec chacun des 5 modèles retenus au point considéré.

Dans les différents modèles, les projections de changements de température sont exprimées en différences absolues (simulations futures - simulations actuelles), tandis que les projections de précipitations futures sont exprimées en tant que pourcentages de la période en cours (simulations futures / simulations actuelles * 100). Nous nous sommes ensuite basés sur ces projections pour créer des scénarios climatiques simples en appliquant les changements de température (facteur additif) et les changements de précipitations (facteur multiplicatif) aux observations historiques journalières. Nous nous sommes appuyés sur la méthode de correction de biais dite « de Delta » (Wilby et al. 2004 ; Ruane et al. 2015).

Les paramètres météorologiques projetés au pas de temps journalier pour le point considéré sont les suivants : cumul de précipitation, température (minimale, maximale), vitesse du vent, humidité, pression de vapeur, radiation solaire. Ces paramètres ont également été ajustés par la méthode de « Delta », car ils sont déduits principalement des variables Tmax et Tmin (e.g la pression de vapeur saturante est déduite des lois de Clausius Clapeyron).

Ceci nous a permis de produire des scénarii corrigés de changement climatique à court terme, moyen terme et long terme pour toutes les stations synoptiques du Niger.

3. Résultats

3.1. Analyse de la variabilité du climat du Niger

3.1.1. Rappel des caractéristiques du climat nigérien

Le climat du Niger est de type tropical semi-aride, caractérisé par deux saisons : une saison sèche allant d'octobre à mai et une saison pluvieuse allant de juin à septembre.

Pendant la saison sèche, la température moyenne varie entre 18,1 et 33,1 °C. Les records de températures observées sont de - 2,4°C (observé le 13 janvier 1995 à Bilma) pour les températures minimales et de 49,5 °C (observé le 7 septembre 1978 à Diffa) pour les températures maximales (PANA, Niger 2006).

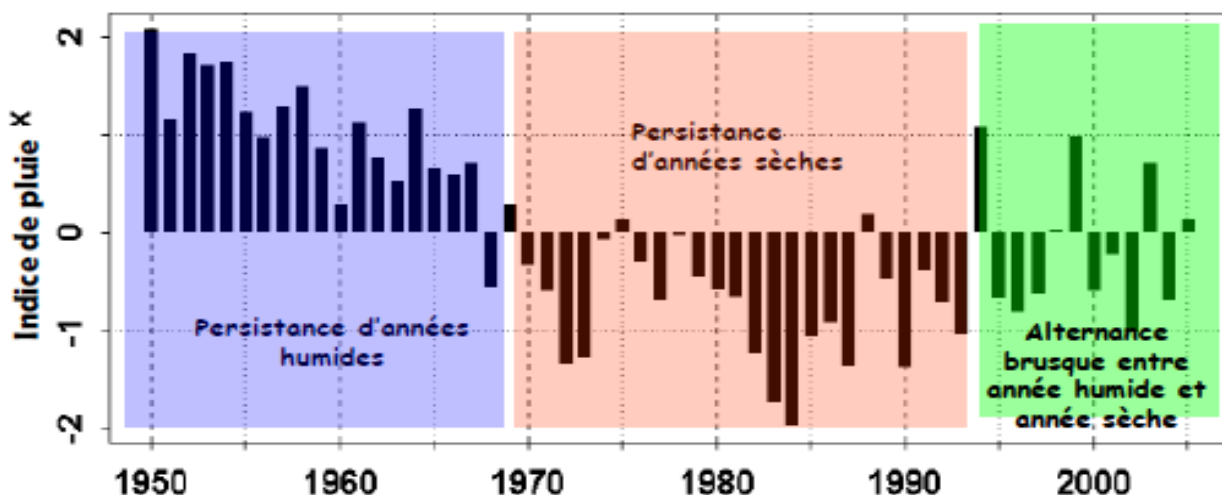
Pendant la saison des pluies, la température moyenne varie entre 28,1 et 31,7 °C. Le régime pluviométrique est unimodal avec un maximum de précipitations survenant autour du mois d'août. En année normale, la pluviométrie permet la recharge des nappes, la formation des plans d'eau et le développement du couvert végétal.

3.1.2. Evolution historique des précipitations et des températures moyennes observées au niveau national

Depuis les années 50, le climat du Niger a connu 3 cycles pluviométriques distincts, communs à l'ensemble du Sahel (Figure 4) :

- Entre les années 1950 et 1970, le Niger a bénéficié d'un cycle d'années humides
- Entre les années 1970 et 1990, le Niger a été confronté à un cycle de sécheresses majeures, marqué par des épisodes particulièrement secs en 1970 et en 1984, comme dans le reste du Sahel
- Dès le début des années 1990, des conditions pluviométriques bien meilleures se sont réinstallées sur cette région (Ali et al., 2008, 2010), s'accompagnant toutefois d'une hausse de la variabilité interannuelle des précipitations.

Figure 4. Evolution de l'indice pluviométrique au Sahel de 1950 à 2005



Source : Sarr B., 2013.

Ces changements pluviométriques résultent de l'interaction de plusieurs facteurs, à différentes échelles : ils procèdent de la circulation atmosphérique générale, de la modification des conditions océaniques ayant affecté la mousson, et/ou des états de surface (Ali, 2010)

3.1.3. Evolution des précipitations et des températures observées sur la période 1980-2010 au niveau de certaines localités

Le tableau 2 ci-dessous indique, pour chacune des 15 stations synoptiques du Niger, l'équation et le coefficient de détermination de la droite de régression représentant les tendances d'évolution observées des précipitations et des températures maximales et minimales entre 1980 et 2010 (31 ans).

Il montre pour tout le Niger une tendance significative à l'augmentation des températures et des précipitations (+100 mm) sur la période de référence 1980-2010.

Tableau 2. Equation et coefficient de détermination R² des droites de régression en fonction du temps, pour les variables « cumul annuel de précipitations » (Rain), « températures maximales » (Tx) et « températures minimales » (Tn) entre 1980 à 2010 pour chaque station synoptique du Niger.

Station synoptique	Rain (mm)	Tx (°C)	Tn (°C)
Agadez	y = 2,8302x + 91,008 R ² = 0,1999	y = 0,0524x + 35,388 R ² = 0,5737	y = 0,0415x + 20,877 R ² = 0,428
Bilma	y = 0,4877x + 3,7768 R ² = 0,0841	y = 0,0832x + 34,968 R ² = 0,7662	y = 0,0114x + 17,721 R ² = 0,0272
Dosso	y = 3,1573x + 503,02 R ² = 0,0583	y = 0,0081x + 36,152 R ² = 0,0317	y = -0,0354x + 23,082 R ² = 0,2144
Diffa	y = 5,0211x + 205,59 R ² = 0,2051	y = 0,0218x + 36,548 R ² = 0,1492	y = 0,0086x + 20,643 R ² = 0,0311
Gaya	y = 3,7058x + 746,84 R ² = 0,0604	y = 0,0354x + 35,04 R ² = 0,4982	y = 0,0216x + 22,725 R ² = 0,2743
Gouré	y = 3,1224x + 266,41 R ² = 0,0821	y = 0,0793x + 34,212 R ² = 0,5112	y = 0,0216x + 21,084 R ² = 0,1251
Konni	y = 4,7402x + 409,68 R ² = 0,144	y = 0,0535x + 35,512 R ² = 0,5256	y = 0,0218x + 22,045 R ² = 0,2001
Magaria	y = 5,2129x + 456,29 R ² = 0,1021	y = 0,0535x + 34,521 R ² = 0,5163	y = 0,0172x + 18,666 R ² = 0,1101
Mainé Soroa	y = 5,1962x + 253,25 R ² = 0,2258	y = 0,0554x + 35,329 R ² = 0,5293	y = 0,0421x + 20,465 R ² = 0,48
Maradi	y = 5,2396x + 392,64 R ² = 0,2087	y = 0,0451x + 34,25 R ² = 0,4648	y = 0,0208x + 20,742 R ² = 0,1801
NGuigmi	y = 0,2707x + 188,81 R ² = 0,001	y = 0,0438x + 36,308 R ² = 0,3607	y = 0,0153x + 20,61 R ² = 0,1414
Niamey	y = 3,9066x + 452,3 R ² = 0,0959	y = 0,0214x + 36,097 R ² = 0,1996	y = 0,0236x + 22,725 R ² = 0,2425
Tahoua	y = 3,5916x + 294,6 R ² = 0,1204	y = 0,0242x + 35,555 R ² = 0,1736	y = 0,0208x + 22,157 R ² = 0,1582
Tillabéri	y = 4,2635x + 320,86 R ² = 0,1485	y = 0,035x + 36,685 R ² = 0,4219	y = 0,0133x + 23,345 R ² = 0,1042
Zinder	y = 2,9389x + 349,22 R ² = 0,0701	y = 0,0372x + 34,644 R ² = 0,3786	y = 0,0102x + 21,726 R ² = 0,0607

Source : Direction de la Météorologie Nationale du Niger, 2019

Les températures minimales et les températures maximales ont augmenté significativement sur la plupart des stations entre l'année 1980 et l'année 2010. Il est également observé (cf. présentation de la DMN en annexe) que les températures minimales ont augmenté plus rapidement que les températures maximales. Ceci a entraîné une augmentation de la fréquence des nuits froides, et une augmentation de la fréquence des jours chauds et des vagues de chaleurs.

Les conditions actuelles sont supposées favorables. Cependant, la hausse des précipitations en année humide est souvent associée à des pluies intenses pouvant occasionner des inondations et de nombreux dégâts (Sarr, 2012 ; Sarr et Lona. 2009).

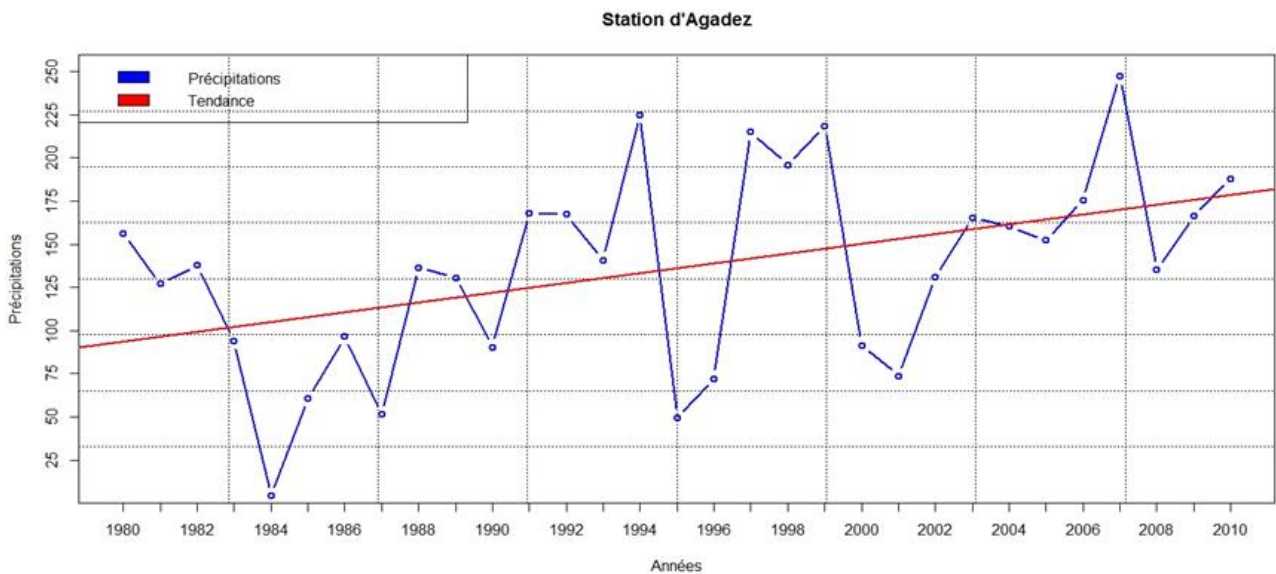


A l'inverse, les années sèches de la période actuelle se caractérisent par un arrêt précoce de la saison de pluie, mais pas forcément par un retard dans le démarrage (Ali, 2010) : d'après Agali et al., (2013) ainsi que Salack *et al.*, (2013), les dates de démarrage des saisons pluvieuses montrent une tendance quasi-stationnaire entre 1980 et 2010.

A Agadez par exemple, la climatologie observée pour la période allant de 1980 à 2010 se caractérise par :

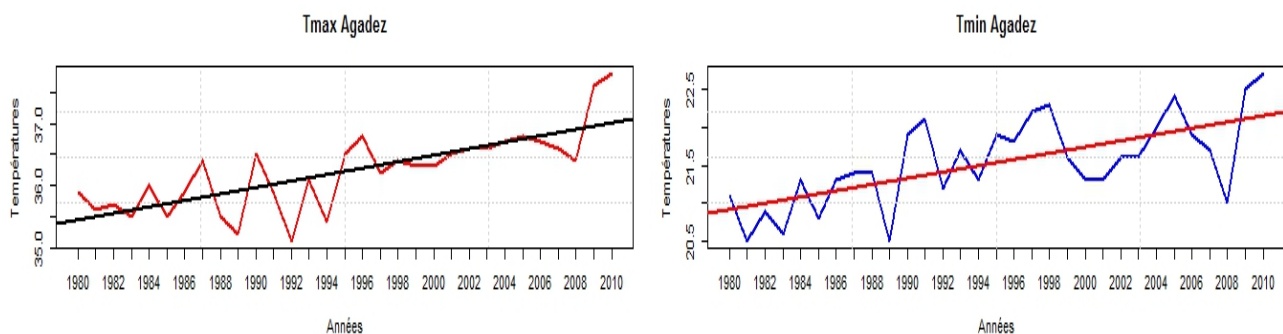
- une tendance à la hausse des cumuls annuels de précipitations, de l'ordre de 100 mm en 30 ans. Cette tendance est associée à une très forte variabilité interannuelle des précipitations, se traduisant par une alternance d'années sèches et humides, parfois associées à de fortes pluies (Figure 5).
- une tendance à la hausse des températures minimales comme maximales (Figure 6)

Figure 5. Evolution annuelle des précipitations observées sur la station synoptique d'Agadez de 1980 à 2010



Source : Direction de la Météorologie Nationale du Niger, 2019

Figure 6. Evolution annuelle des températures minimales (Tmin) et maximales (Tmax) observées sur les stations synoptiques d'Agadez, Bilma et Zinder de 1980 à 2010



Source : Direction de la Météorologie Nationale du Niger, 2019

Le lecteur se référera à l'annexe 1 restituant l'analyse détaillée de la climatologie sur la période de référence 1980-2010 pour chaque station synoptique, réalisée par la Direction de la Météorologie Nationale du Niger.



3.2. Tendances d'évolution du climat à court et à moyen terme sur l'ensemble du territoire nigérien ; d'après la représentation médiane des 29 modèles du GIEC

3.2.1. Tendances d'évolution des températures

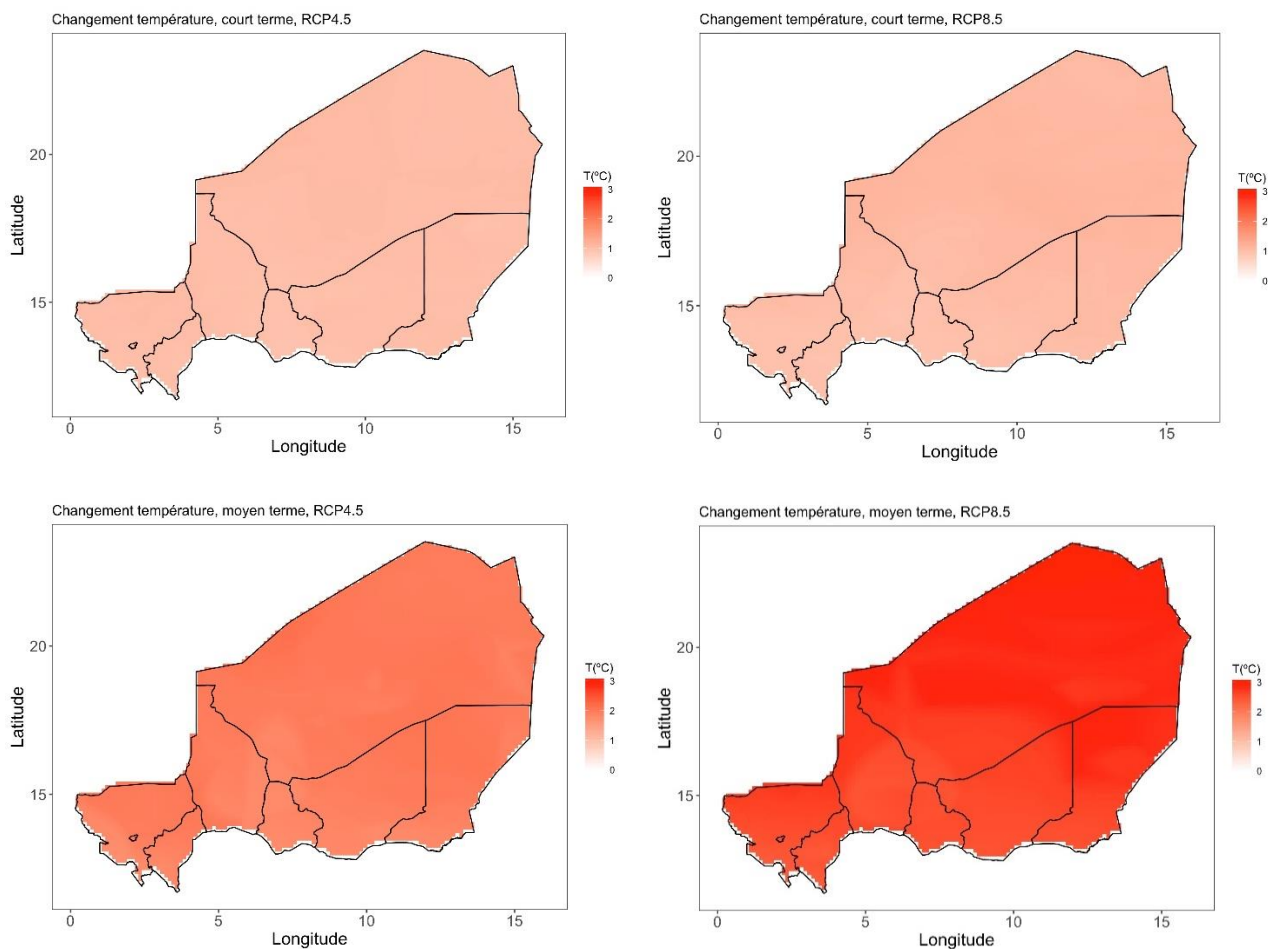
La figure 7 ci-dessous représente l'évolution simulée des températures durant la saison des pluies (JJAS) sur le court terme (en haut) et le moyen terme (en bas) pour les scénarios RCP 4.5 (à gauche) et RCP 8.5 (à droite). **Les modèles prévoient des hausses de températures durant la saison des pluies (JJAS) dans toutes les localités du Niger de l'ordre de 1°C à court terme (horizon 2030), contre 1,5 à 3°C sur le moyen terme (horizon 2050).**

La hausse des températures moyennes projetées est significativement plus importante dans le scénario RCP 8.5 que dans le scénario RCP 4.5, ce qui est logique.

Les modèles indiquent des augmentations de températures moyennes de surface légèrement plus importantes dans les régions situées les plus au Nord, par rapport au Sud et à l'Ouest du Niger.

Les conclusions obtenues sont cohérentes avec les tendances déjà relevées par plusieurs auteurs (voir par exemple CSC, 2015)

Figure 7. Différences de températures moyennes de surface au Niger durant la saison des pluies (JJAS), simulées sur le court terme et le moyen terme par comparaison avec la période de référence 1981- 2010. Ces résultats sont la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'intercomparaison de de modèles globaux (CMIP5) pour les scénarios RCP4.5 et RCP 8.5.



3.2.2. Tendances d'évolution des précipitations

1. Cumuls moyens de précipitations durant la saison JJAS

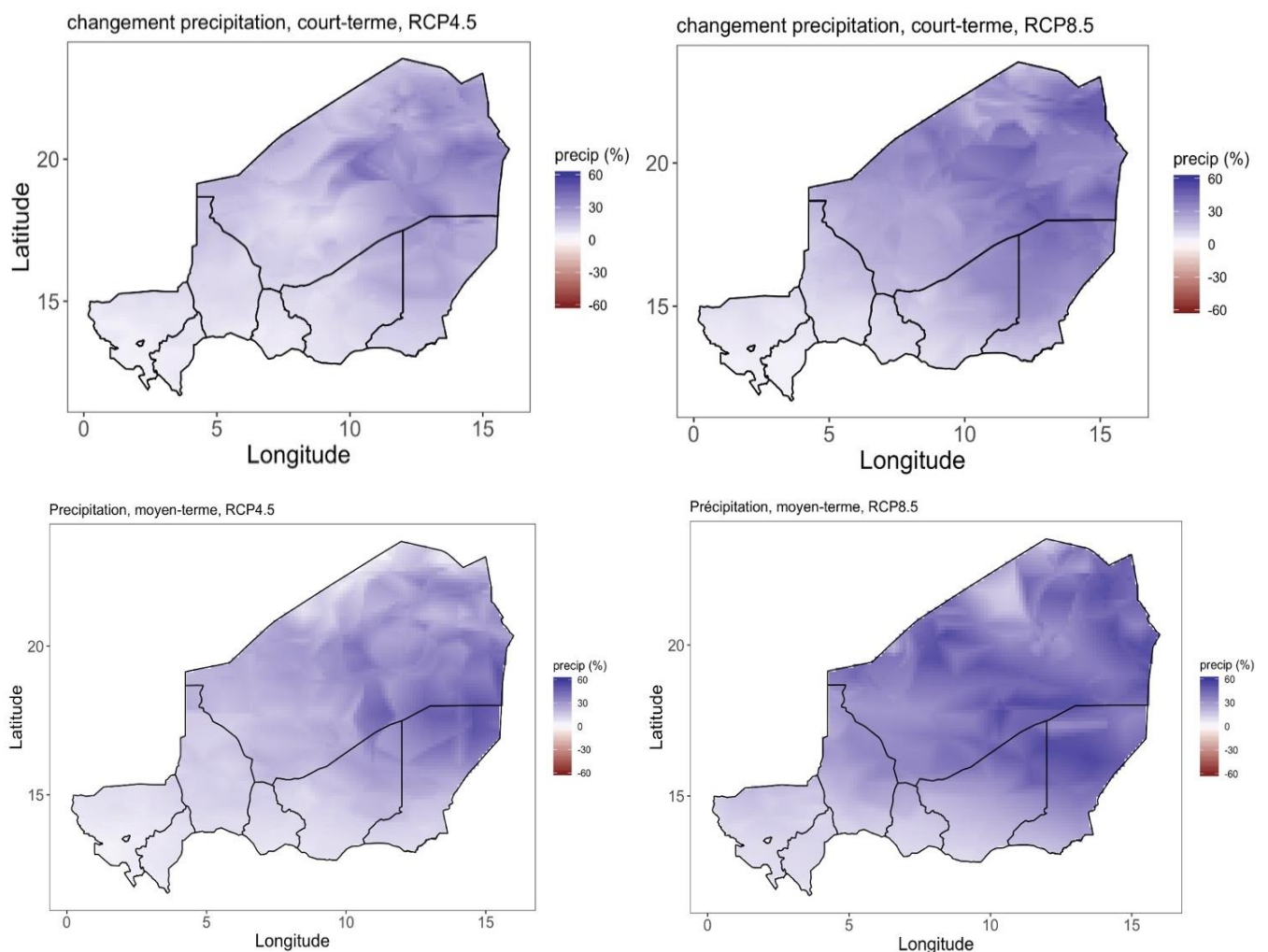
La figure 8 ci-dessous représente l'évolution simulée des cumuls moyens de précipitations durant la saison des pluies (JJAS) sur le court terme (en haut) et sur le moyen terme (en bas), pour les scénarios RCP4.5 (à gauche) et RCP 8.5 (à droite).

Les modèles prévoient une tendance générale à la hausse des cumuls de précipitations durant la saison des pluies (JJAS) par rapport à la référence climatologique 1981-2010.

Ces conclusions sont cohérentes avec les tendances obtenues par différents auteurs (voir par exemple CSC, 2015).

D'après les modèles, la hausse de la pluviométrie devrait être plus importante au Nord et à l'Est du pays. La hausse de la pluviométrie devrait être plus importante sur le moyen terme comparé au court terme, et d'autant plus importante que l'on se situe dans un scénario pessimiste d'augmentation de gaz à effets de serre (RCP 8.5 comparé au RCP 4.5).

Figure 8. Simulation de l'évolution des cumuls moyens de précipitations durant la saison des pluies (JJAS) pour le court et le moyen terme, comparés à la période de référence 1981- 2010. Ces résultats sont la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'intercomparaison de modèles globaux (CMIP5) pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Les valeurs représentées correspondent au pourcentage de variation par rapport au cumul de précipitations de référence.



2. Nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS

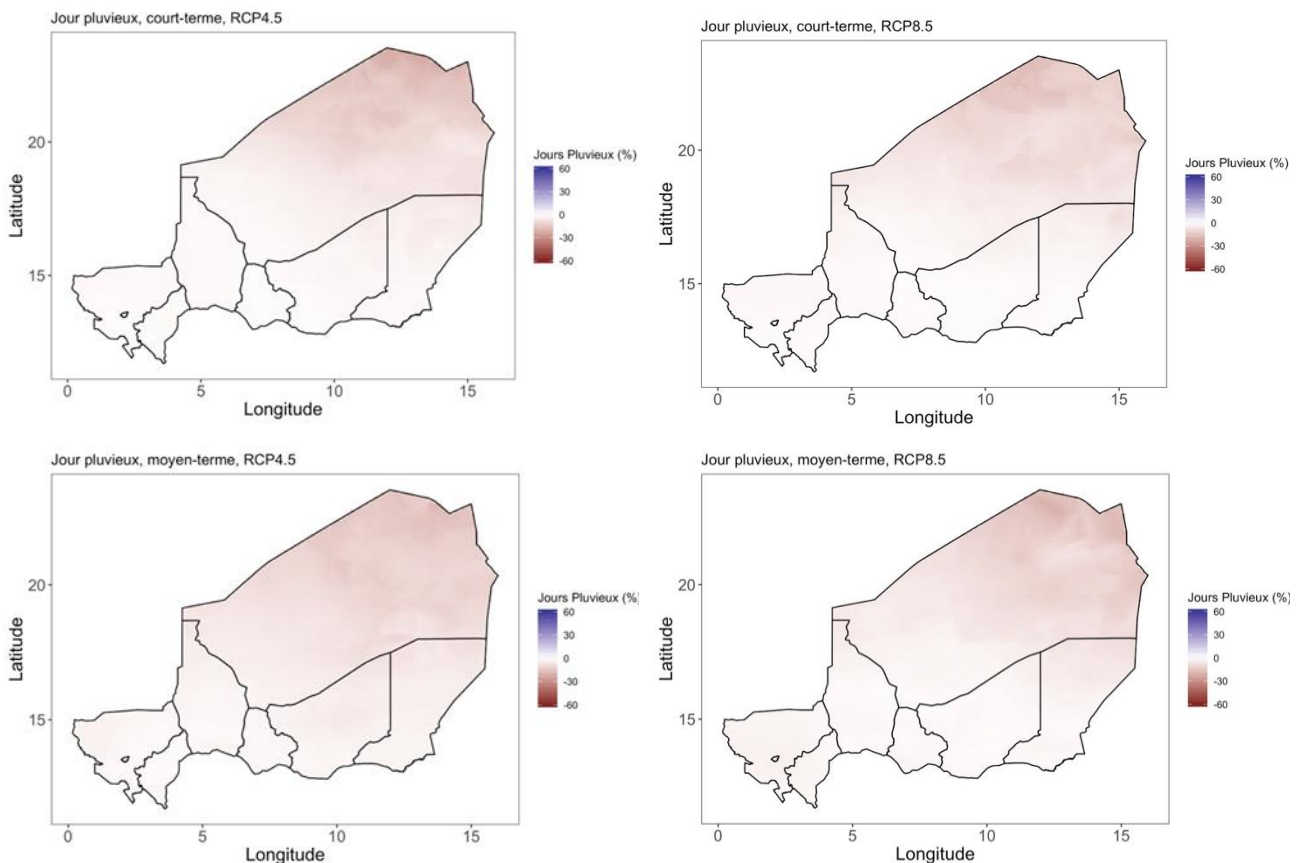
La figure 9 ci-dessous représente l'évolution simulée du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS sur le court terme (en haut) et le moyen terme (en bas) pour les scénarios RCP 4.5 (à gauche) et RCP 8.5 (à droite).

Les modèles tendent à montrer une tendance à la diminution du nombre de jours pluvieux pendant la période JJAS sur l'ensemble du Niger. La diminution du nombre de jours pluvieux est plus importante à moyen terme comparée au court terme, mais similaire entre les scénarios RCP 4.5 et 8.5.

➔ Au Niger, la conjonction d'une hausse des cumuls de précipitation (Figure 7) et d'une diminution du nombre de jours pluvieux sur la saison JJAS (figures 8) indique une tendance à l'intensification des pluies et à l'accroissement de la durée des épisodes secs durant la saison agricole.

Là encore, ces conclusions sont cohérentes avec d'autres travaux antérieurs (voir par exemple CSC, 2015).

Figure 9. Evolution simulée du nombre de jours pluvieux durant la saison des pluies JJAS pour le court terme, puis pour le moyen terme, comparé à la période de référence 1981- 2010. Ces résultats sont la médiane des simulations effectuées avec 29 modèles globaux de l'expérience d'intercomparaison de de modèles globaux (CMIP5) en considérant les scénarios RCP 4.5 (à gauche) et RCP 8.5 (à droite). Les valeurs représentées correspondent au pourcentage de variation par rapport au nombre de jours pluvieux de référence.



3.3. Scénarii désagrégés de changement climatique à court terme et à moyen terme pour chacune des 15 stations synoptiques opérées par la Direction de la Météorologie Nationale du Niger

3.3.1. Modèles climatiques retenus pour les projections de changement climatique de moyen terme sur chaque station synoptique, selon le scénario RCP considéré

Le tableau 3 ci-dessous liste les 5 modèles climatiques retenus au niveau de chaque station synoptique du Niger, pour élaborer des projections de changement climatique désagrégés à moyen terme (2050), selon la trajectoire globale RCP considérée.

Tableau 3. Liste des modèles retenus par la méthode AgMIP à l'horizon moyen-terme pour chacune des stations synoptiques du NIGER) selon la trajectoire RCP considérée et le type de comportement du modèle.

Agadez, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	T = NORESM1-M	P = MIROC-ESM	1 = GFDL-CM3	H = GFDL-ESM2G	G = CSIRO-Mk3-6-0
RCP 4.5	T = NORESM1-M	P = MIROC-ESM	N = IPSL-CM5A-MR	U = FGOALS-g2	G = CSIRO-Mk3-6-0
Bilma, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	F = CESM1-BGC	N = IPSL-CM5A-MR	3 = GISS-E2-H	X = CNRM-CM5	J = HadGEM2-CC
RCP 4.5	S = MRI-CGCM3	N = IPSL-CM5A-MR	P = MIROC-ESM	X = CNRM-CM5	G = CSIRO-Mk3-6-0
Dosso, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	S = MRI-CGCM3	J = HadGEM2-CC	Z = IPSL-CM5B-LR	2 = GISS-E2-R	M = IPSL-CM5A-LR
RCP 4.5	C = BNU-ESM	D = CanESM2	S = MRI-CGCM3	F = CESM1-BGC	W = CMCC-CMS
Diffa, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	F = CESM1-BGC	3 = GISS-E2-H	B = bcc-csm1-1	E = CCSM4	N = IPSL-CM5A-MR
RCP 4.5	Z = IPSL-CM5B-LR	3 = GISS-E2-H	2 = GISS-E2-R	O = MIROC5	Q = MPI-ESM-LR
Gaya, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	S = MRI-CGCM3	A = ACCESS1-0	3 = GISS-E2-H	L	V = CMCC-CM
RCP 4.5	2 = GISS-E2-R	J = HADGEM2-CC	3 = GISS-E2-H	I = GFDL-ESM2M	W = CMCC-CMS
Goure, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	O = MIROC5	M = IPSL-CM5A-LR	1 = GFDL-CM3	F = CESM1-BGC	G = CSIRO-Mk3-6-0
RCP 4.5	T = NorESM1-M	J = HadGEM2-CC	1 = GFDL-CM3	S = MRI-CGCM3	R = MPI-ESM-MR
Konni, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	T = NORESM1-M	A = ACCESS1-0	Q = MPI-ESM-LR	2 = GISS-E2-R	R = MPI-ESM-MR
RCP 4.5	T = NORESM1-M	A = ACCESS1-0	Z = IPSL-CM5B-LR	X = CNRM-CM5	W = CMCC-CMS



Maradi, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	O = MIROC5	D = CanESM2	B = bcc-csm1-1	F = CESM1-BGC	R = MPI-ESM-MR
RCP 4.5	T = NORESM1-M	K = HadGEM2-ES	B = bcc-csm1-1	H = GFDL-ESM2G	Q = MPI-ESM-LR
Magaria, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	O = MIROC5	D = CanESM2	H = GFDL-ESM2G	F = CESM1-BGC	R = MPI-ESM-MR
RCP 4.5	T = NORESM1-M	K = HadGEM2-ES	B = BCC-CSM1-1	H = GFDL-ESM2G	Q = MPI-ESM-LR
Maine Soroa, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	O = MIROC5	Y = HadGEM2-AO	1 = GFDL-CM3	L = inmcm4	R = MPI-ESM-MR
RCP 4.5	T = NorESM1-M	A = ACCESS1-0	F = CESM1-BGC	L = inmcm4	V = CMCC-CM
NGuigmi, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	O = MIROC5	A = ACCESS1-0	B = BCC-CSM1-1	L = inmcm4	R = MPI-ESM-MR
RCP 4.5	3 = GISS-E2-H	J = HADGEM2-CC	M = IPSL-CM5A-LR	H = GFDL-ESM2G	R = MPI-ESM-MR
Niamey, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	T = NORESM1-M	A = ACCESS1-0	Z = IPSL-CM5B-LR	2 = GISS-E2-R	D = CanESM2
RCP 4.5	O = MIROC5	A = ACCESS1-0	S = MRI-CGCM3	2 = GISS-E2-R	W = CMCC-CMS
Tahoua, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	U = FGOALS-g2	A = ACCESS1-0	Q = MPI-ESM-LR	2	W = CMCC-CMS
RCP 4.5	T = NORESM1-M	A = ACCESS1-0	F = CESM1-BGC	Z = IPSL-CM5B-LR	W = CMCC-CMS
Tillabéri, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	O = MIROC5	A = ACCESS1-0	Q = MPI-ESM-LR	X = CNRM-CM5	W = CMCC-CMS
RCP 4.5	T = NORESM1-M	J = HADGEM2-CC	B = BCC-CSM1-1	I = GFDL-ESM2M	N = IPSL-CM5A-MR
Zinder, Niger					
	Cool/Wet	Hot/Wet	Middle	Cool/Dry	Hot/Dry
RCP 8.5	T = NORESM1-M	N = IPSL-CM5A-MR	L = inmcm4	3 = GISS-E2-H	R = MPI-ESM-MR
RCP 4.5	E = CCSM4	A = ACCESS1-0	F = CESM1-BGC	H = GFDL-ESM2G	Q = MPI-ESM-LR



3.3.2. Projections climatiques désagrégées (données ouvertes, libres d'accès)

Pour chaque station synoptique, les scénarios désagrégés de changement climatique sont donnés sous forme de projections climatiques journalières pour les variables considérées (i.e. précipitation, température minimale, température moyenne, température maximale, vitesse du vent, humidité relative, pression de vapeur, et radiation solaire) sur le court terme (2010-2039), le moyen terme (2040-2069) et le long terme (2070-2099).

Ces scénarios désagrégés sont librement téléchargeables à partir du lien suivant : <https://www.dropbox.com/sh/411p6p816b4fc6n/AAAJyd1kzfs6g6hlqiTFjipa?dl=0>

Les fichiers sont au format ASCII, très faciles d'utilisation à partir d'un éditeur de texte ou d'un tableur.

La convention retenue pour le nommage des fichiers est la suivante :

- NG pour Niger
- 2 lettres indiquant le nom de la station synoptique (cf. tableau 1)
- 1 lettre indiquant le scénario RCP et l'horizon temporel considérés (C = RCP 4.5 sur le court terme ; E = RCP 8.5 sur le court terme ; G = RCP 4.5 sur le moyen terme ; I = RCP 8.5 sur le moyen terme ; K = RCP 4.5 sur le long terme et M = RCP 8.5 sur le long terme)
- 1 lettre faisant référence au nom du modèle choisi, telle que décrit au tableau 3.
- Les 2 lettres XF, qui traduisent le fait que cette analyse a été fait en corrigeant le modèle climatique par des données observées à la station de mesure.

A titre d'exemple, le fichier nommé NGNIKOXF.AgMIP contient le scénario climatique généré à la station de Niamey (NI), pour le scénario RCP4.5 sur le long terme (K) avec le modèle MIROC5 (O).

Le lecteur pourra également trouver dans ce dossier partagé :

- Les graphes représentant la sélection, par quadrant, des 5 modèles climatiques retenus pour chaque station et chacun des 2 trajectoires globales RCP ;
- Les tableaux représentant l'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls de précipitation et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS, décrits pour chacun des 5 modèles retenus par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la période de référence 1981-2010 ;
- Les cartes représentant la moyenne des 29 modèles climatiques pour les variables suivantes : températures minimales et maximales, cumuls moyens de précipitations, nombre de jour pluvieux durant la saison JJAS ;
- Les cartes représentant les variations des précipitations saisonnières moyennes et des températures moyennes, minimales et maximales, projetées pour chacun des 29 modèles climatiques pris individuellement.



3.3.3. Interprétation des scénarios climatiques désagrégés

Avertissement : dans cette section, toutes les interprétations sont données sur le moyen terme (horizon 2050) pour la trajectoire RCP 8.5 (augmentation importante de la concentration atmosphérique globale de gaz à effets de serre en l'absence de mise en œuvre de politiques ambitieuses d'atténuation).

1. Région d'Agadez

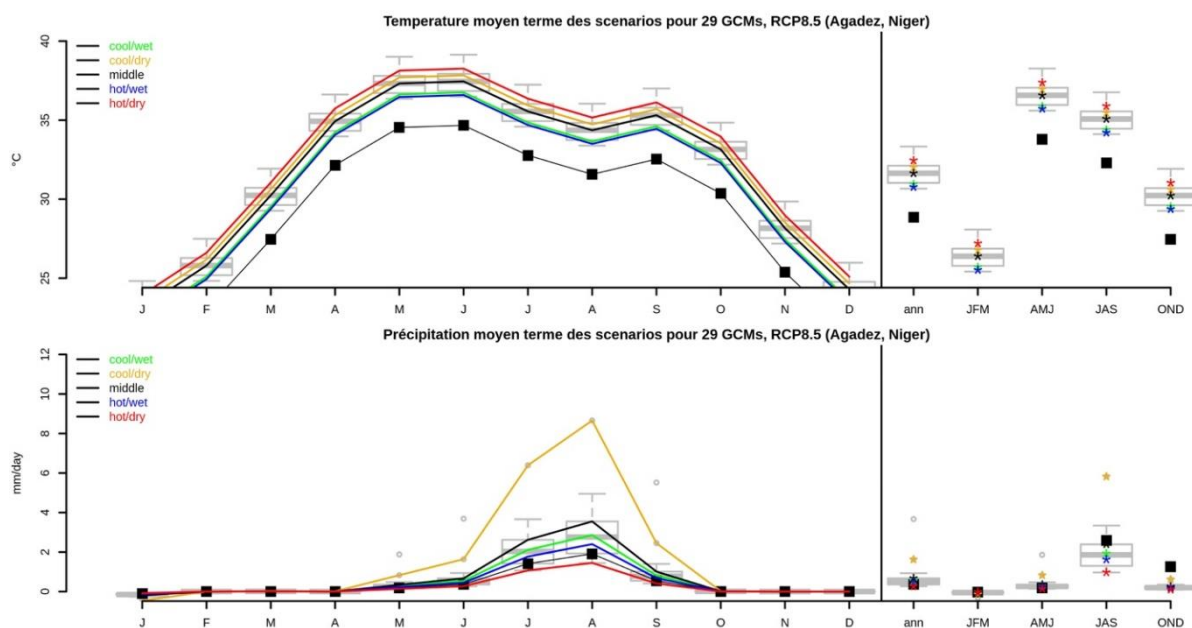
▪ Station synoptique d'Agadez

A Agadez, les scénarios climatiques désagrégés (Tableau 4) pour le RCP 8.5 (le plus pessimiste) sur le moyen terme (2050) prévoient des hausses significatives des températures moyennes de surface durant la saison pluvieuse JJAS, ayant pour conséquence des extrêmes climatiques plus fréquents, telles que les vagues de chaleur. Ces résultats sont cohérents avec la plupart des études faites sur le Niger et le Sahel (Ly et al, 2013). Quatre modèles sur cinq prévoient des cumuls annuels moyens de précipitations en hausse sur la saison JJAS (+26 % à +176 %, par comparaison à la moyenne climatologique de référence 1981-2010) et une augmentation du nombre de jours pluvieux (+21 % à +195 %, par comparaison avec la moyenne climatologique de référence 1981-2010).

Tableau 4. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station d'Agadez pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.88 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 135.83 mm	Nb. de jours pluvieux de référence durant la saison JJAS J = 17
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	NORES1-M	+2.08	150	126
Cool/Dry	GFDL-ESM2G	+1.96	126	121
Middle	GFDL-CM3	+2.78	186	142
Hot/Wet	MIROC-ESM	+3.16	276	295
Hot/Dry	CSIRO-Mk3-6-0	+3.59	76	80

Figure 10. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles), simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique d'Agadez.



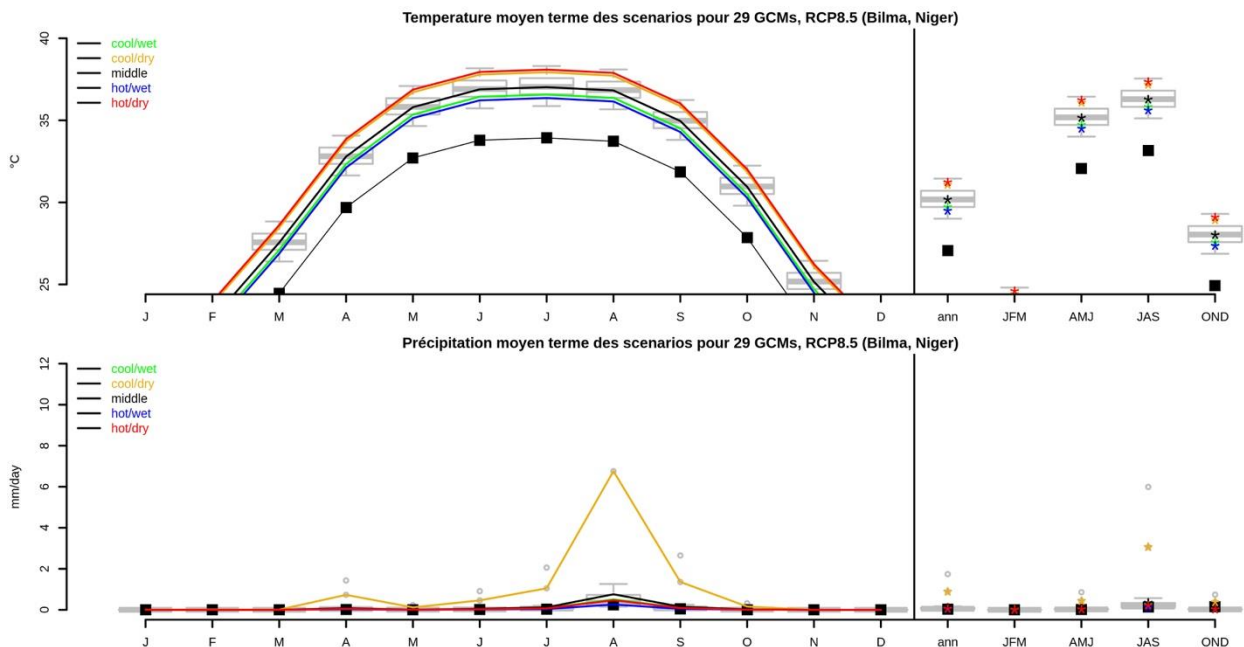
▪ Station synoptique de Bilma

La station de Bilma est située dans la partie la plus saharienne du Niger, où la pluviométrie est particulièrement faible. Les modèles climatiques prévoient des hausses significatives des températures moyennes de surface, pouvant aller jusqu'à 4°C à l'horizon 2050 pour le RCP 8.5. Les modèles prévoient par ailleurs une situation globalement plus humide (augmentation du nombre de jours pluvieux et des cumuls pluviométriques sur la saison JJAS). Les projections pour cette station présentent des incertitudes liées à la qualité des données d'observation.

Tableau 5. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme, par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Bilma pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 27.1 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 10.44 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 2
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	CESM1-BGC	2.64	213	138
Cool/Dry	CNRM-CM5	2.43	110	100
Middle	GISS-E2-H	3.09	251	115
Hot/Wet	IPSL-CM5A-MR	4.00	271	277
Hot/Dry	HadGEM2-CC	4.16	197	230

Figure 11. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Bilma.



2. Région de Diffa

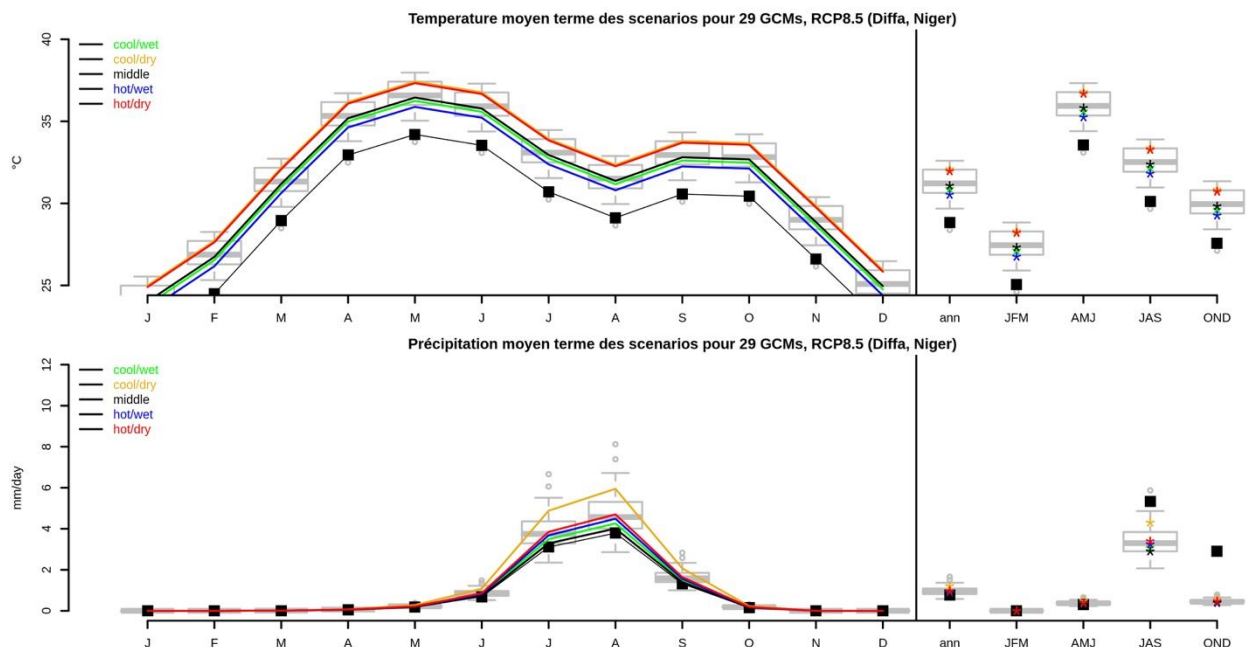
■ Station synoptique de Diffa

A Diffa, les scénarios climatiques désagrégés à moyen terme (Tableau 6) pour le RCP 8.5 (le plus pessimiste) vont dans le sens de hausses significatives des températures moyennes de surface (pouvant dépasser les 3 degrés) et des cumuls de précipitations sur la période JJAS (+6% à + 57% par comparaison avec la moyenne climatologique de référence 1981-2010). Le nombre de jours pluvieux augmente sauf pour le modèle intermédiaire (bcc-csm1-1). Ces résultats vont dans le sens d'une situation plus humide, s'accompagnant d'une diminution de l'occurrence des séquences sèches.

Tableau 6. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Diffa pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.85 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 278.91 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 23
Modèle à l'horizon 2050		ΔT (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	CESM1-BGC	+2.05	112	105
Cool/Dry	CCSM4	+1.68	119	115
Middle	bcc-csm1-1	+2.25	106	94
Hot/Wet	GISS-E2-H	+3.23	157	130
Hot/Dry	IPSL-CM5A-MR	+3.13	124	116

Figure 12. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Diffa.



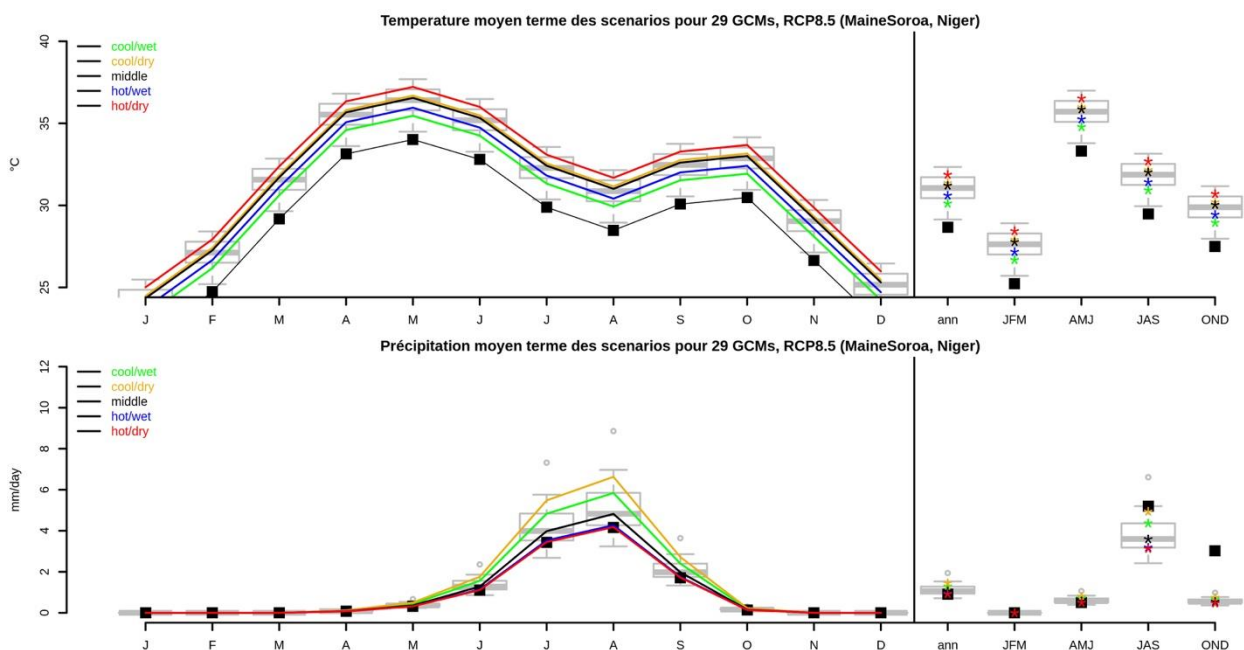
▪ Station synoptique de Maine Soroa

A Maine Soroa, les modèles prévoient une hausse significative des températures de surface allant jusqu'à 3 degrés. Le modèle le plus humide (HadGEM2-AO) prévoit une pluviométrie en hausse de 59 % sur le moyen terme, par comparaison avec la moyenne climatologique durant la saison JJAS pour la période 1981-2010. Un seul modèle prévoit une augmentation du nombre de jours pluvieux. Ces résultats vont dans le sens d'épisodes secs plus fréquent durant la saison des pluies.

Tableau 7. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme, par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Maine Soroa pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.68 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 329.35 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 26
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	+1.45	140	97
Cool/Dry	Inmcm4	+1.93	103	96
Middle	GFDL-CM3	+2.53	116	100
Hot/Wet	HadGEM2-AO	+2.69	159	131
Hot/Dry	MPI-ESM-MR	+3.20	100	96

Figure 13. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Maine Soroa



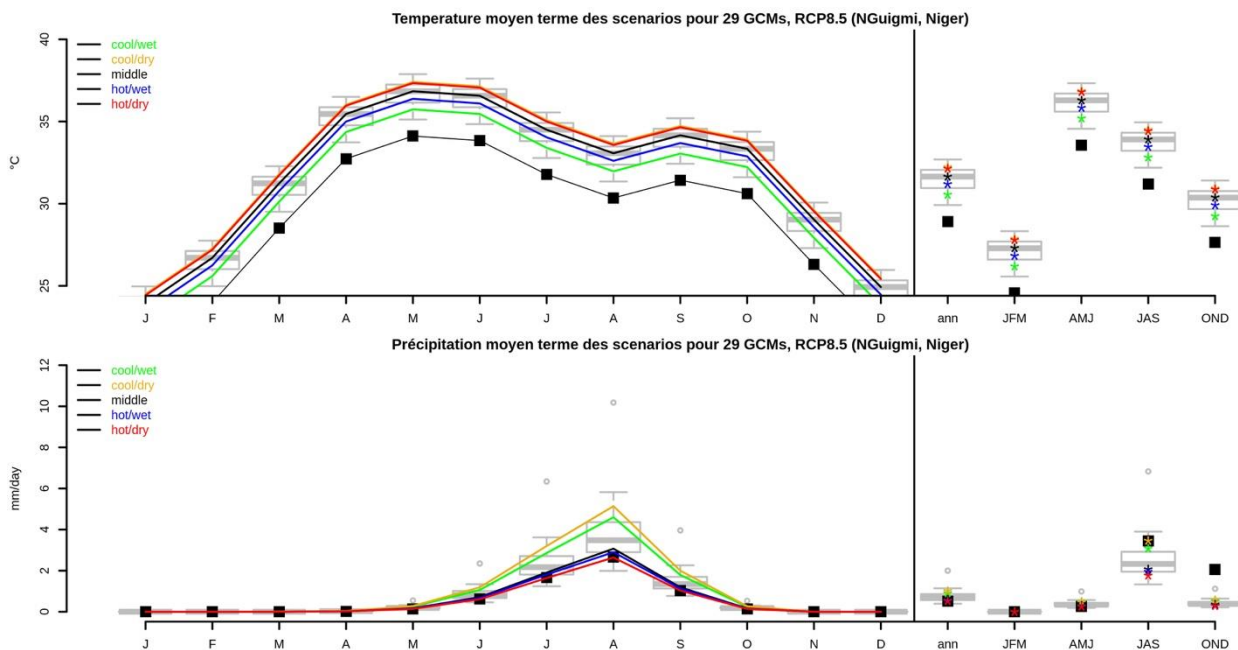
▪ Station synoptique de Nguimi

A Nguimi, les modèles prévoient une hausse significative des températures de surface allant jusqu'à 3 degrés. (Tableau 8). Les modèles les plus humides i.e. MIROC5 et ACCESS1-O prévoient des précipitations en hausse de 72% à 93%. L'évolution du nombre de jours pluvieux est incertaine (-14% à +93% par comparaison à la situation climatologique de référence 1981-2010)

Tableau 8. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Nguimi pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.94 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 186.68 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 21
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	1.62	172	103
Cool/Dry	inmcm4	2.26	109	104
Middle	BCC-CSM1-1	2.73	115	86
Hot/Wet	ACCESS1-O	3.30	193	193
Hot/Dry	MPI-ESM-MR	3.22	99	96

Figure 14. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Nguimi.



3. Région de Dosso

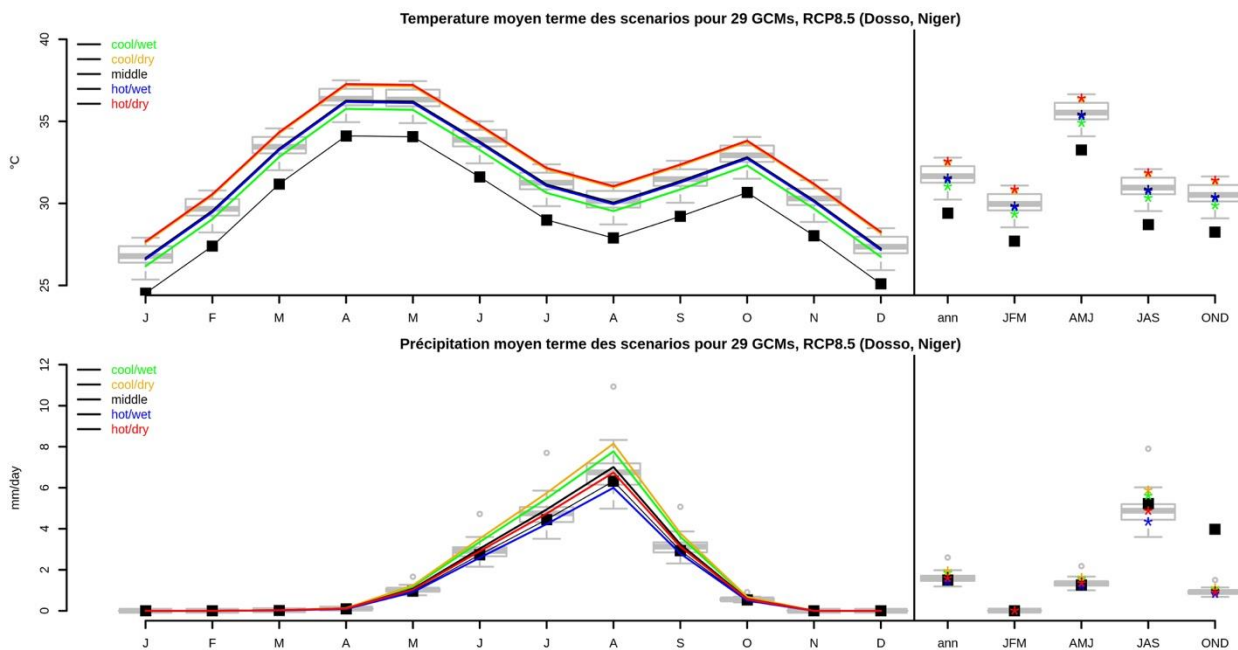
▪ Station synoptique de Dosso

A Dosso, les scénarios climatiques désagrégés à moyen terme (Tableau 9) pour le RCP 8.5 (le plus pessimiste) indiquent, comme partout au Niger, des hausses significatives des températures moyennes de surface. Les modèles retenus simulent particulièrement bien le comportement de la pluviométrie sur cette région (figure 15). Quatre modèles climatiques prévoient une hausse modérée des cumuls pluviométriques durant la saison JJAS (+7% à +26%, par comparaison avec la situation climatologique 1981-2010) et une légère augmentation du nombre de jours pluvieux (+2 à +12%) durant la saison JJAS. Ces résultats vont dans le sens d'une tendance de moyen terme légèrement plus humide avec le scénario RCP 8.5.

Tableau 9. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Dosso pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 29.4°C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 532.33 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 36
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MRI-CGCM3	+1.64	123	112
Cool/Dry	GISS-E2-R	+2.06	95	102
Middle	IPSL-CM5B-LR	+2.15	111	103
Hot/Wet	HadGEM2-CC	+3.08	126	109
Hot/Dry	IPSL-CM5A-LR	+3.16	107	96

Figure 15. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Dosso.



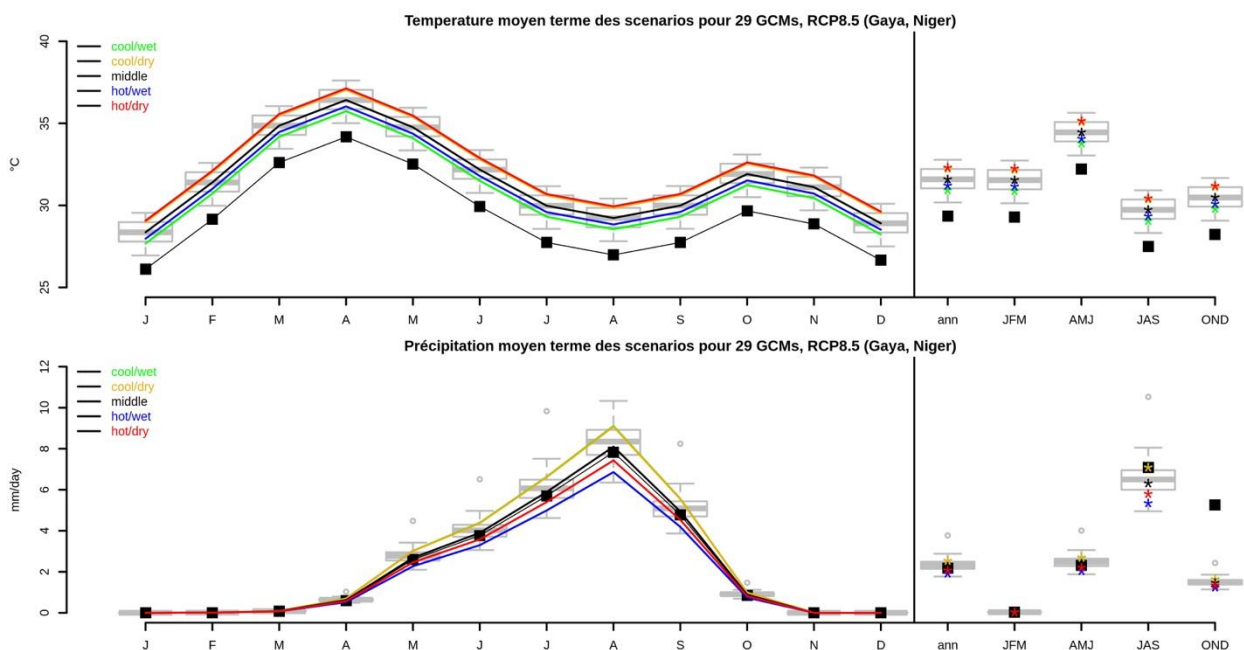
▪ Station synoptique de Gaya

A Gaya, des températures de surface en hausse de 1,5 à 3 degrés sont prévues par tous les modèles. L'évolution des précipitations est relativement incertaine (-12% à +32%) de même que le nombre de jours pluvieux (-10% à +9%). Le modèle climatique le plus humide pour cette station (ACCESS1-O) prévoit des cumuls saisonniers de précipitations en hausse de 32% et un nombre de jours pluvieux en hausse de 9% durant la saison JJAS (Tableau 10).

Tableau 10. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et pour le moyen terme, par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Gaya pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 29.34 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 756.39 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 55
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MRI-CGCM3	+1.57	116	107
Cool/Dry	inmcm4	+2.12	88	99
Middle	GISS-E2-H	+2.25	103	103
Hot/Wet	ACCESS1-O	+3.08	132	109
Hot/Dry	CMCC-CM	+2.93	101	90

Figure 16. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Gaya.



4. Région de Maradi

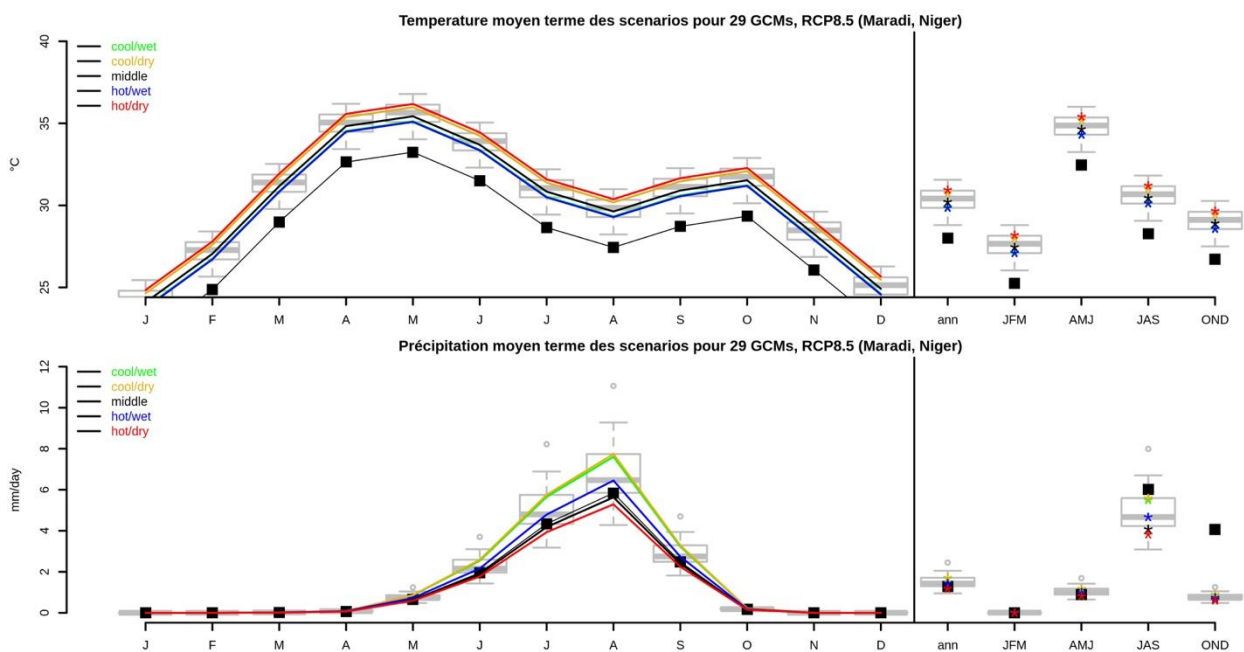
▪ Station synoptique de Maradi

Sur la station de Maradi, les modèles climatiques prévoient des températures moyennes de surface en hausse, un nombre de jours pluvieux généralement en baisse (-18% à +2%), et des cumuls saisonniers de précipitations variant de -9% à +33% durant la saison JJAS, par comparaison à la situation climatologique de référence pour la période 1981-2010 (tableau 11). Ces résultats vont dans le sens d'une probable augmentation de la fréquence et de la durée des épisodes secs.

Tableau 11. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Maradi pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.01 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 468.57 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 36
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	+1.89	130	95
Cool/Dry	CESM1-BGC	+1.84	110	102
Middle	bcc-csm1-1	+2.19	96	97
Hot/Wet	CanESM2	+2.74	133	94
Hot/Dry	Mpi-ESP-MR	+2.94	91	82

Figure 17. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Maradi.



5. Région de Niamey

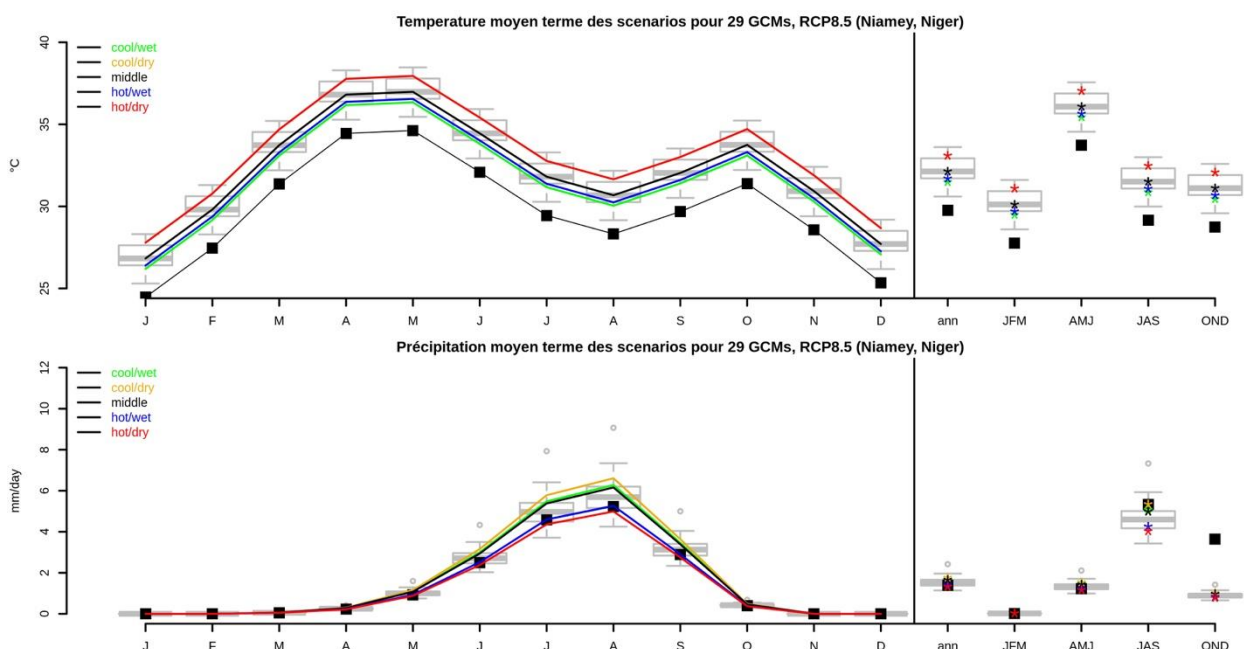
▪ Station synoptique de Niamey

Dans le cas du RCP 8.5, les modèles climatiques prévoient pour Niamey des températures moyennes de surface en hausse de 1.7 à 3.3 degrés à moyen terme (Tableau 12). Quatre modèles sur cinq prévoient une situation globalement plus humide durant la saison JJAS (cumuls pluviométrique annuels et nombre de jours pluvieux en hausse modérée). Le modèle le plus humide (GISS-E2-R) prévoit des précipitations en hausse de 26 % pour un nombre de jours pluvieux en hausse de 18% comparé à la situation climatologique de référence 1981-2010.

Tableau 12. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Niamey pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 29.77 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 493.62 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 39
Modèle à l'horizon 2050		ΔT (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	NORESM1-M	+1.72	120	111
Cool/Dry	GISS-E2-R	+1.93	101	108
Middle	IPSL-CM5B-LR	+2.36	118	117
Hot/Wet	ACCESS1-O	+3.33	126	118
Hot/Dry	CanESM2	+3.32	95	93

Figure 18. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Niamey.



6. Région de Tahoua

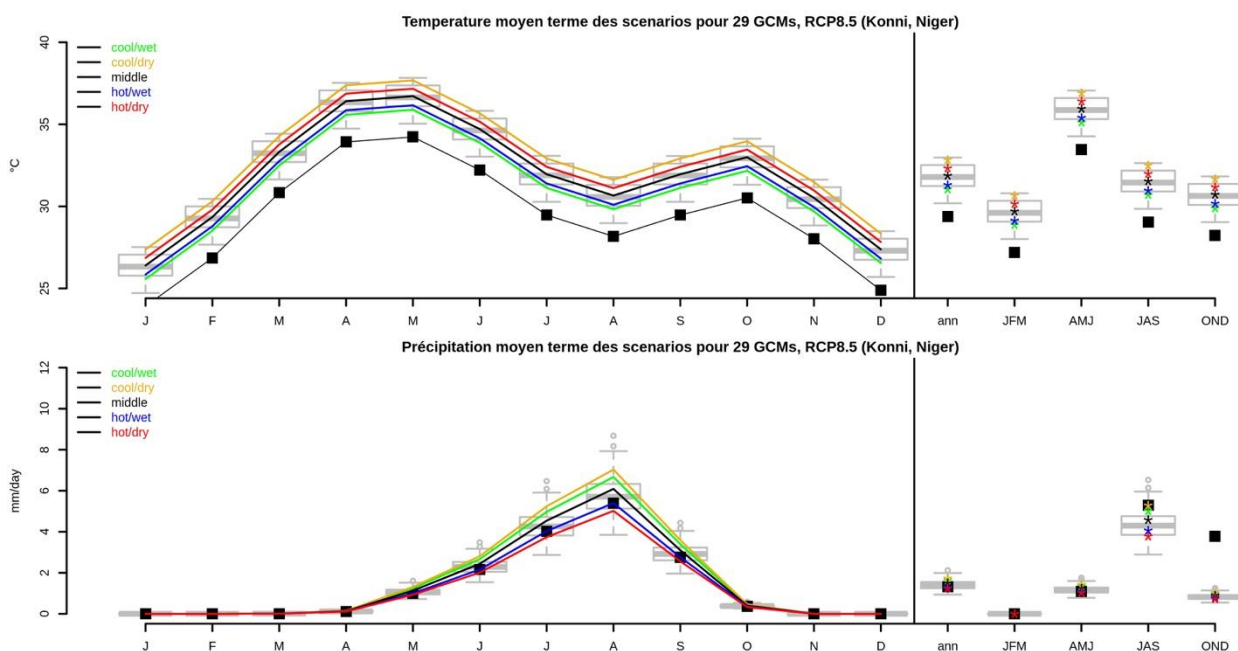
▪ Station synoptique de Konni

Sur la station de Konni, les modèles climatiques prévoient des températures moyennes de surface en hausse. Trois modèles prévoient des cumuls de précipitations en hausse durant la saison JJAS, et quatre modèles prévoient une augmentation légère à modérée du nombre de jours pluvieux (+2% à +22% par comparaison à la situation climatologique de référence pour la période 1981-2010).

Tableau 13. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Konni pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 29.38 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 470.54 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 37
Modèle à l'horizon 2050		ΔT (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	NORES1-M	+1.66	123	108
Cool/Dry	GISS-E2-R	+1.93	100	102
Middle	MPI-ESM-LR	+2.49	113	102
Hot/Wet	ACCESS1-O	+3.45	130	122
Hot/Dry	MPI-ESM-MR	+2.94	93	84

Figure 19. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Konni.



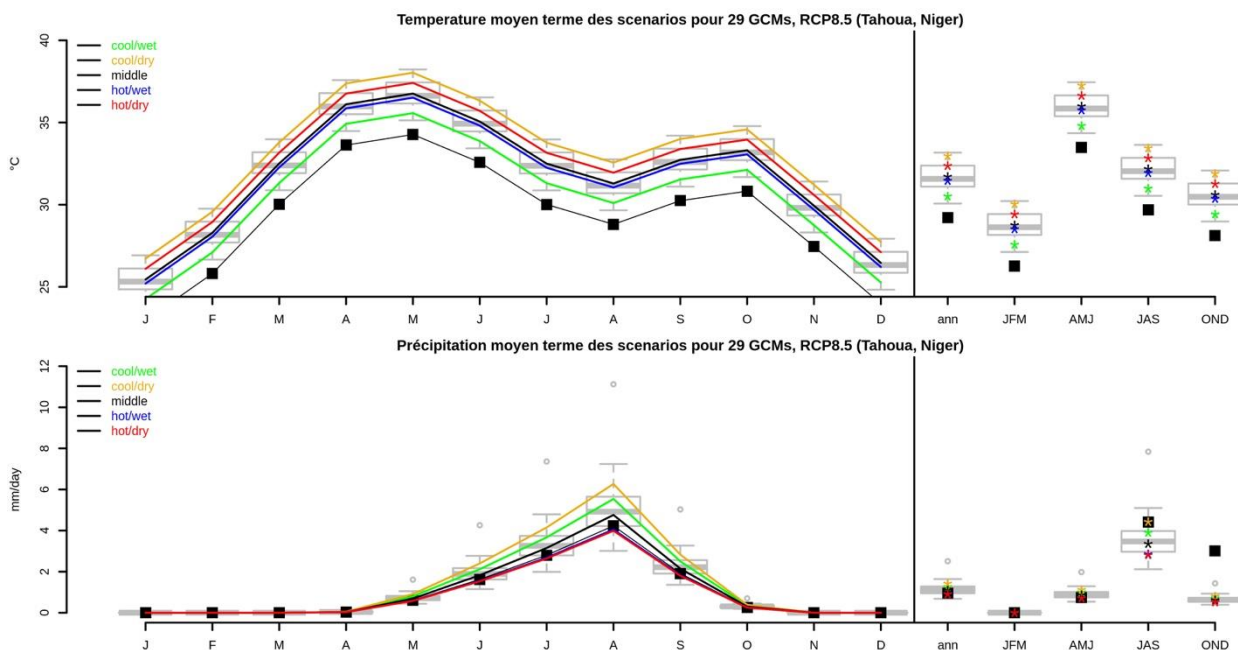
▪ Station synoptique de Tahoua aéro

A Tahoua, les scénarios climatiques désagrégés à moyen terme (horizon 2050) pour le RCP 8.5 indiquent, comme partout au Niger, des hausses significatives des températures moyennes de surface pouvant atteindre 3.76°C par comparaison à la moyenne climatologique de référence, mesurée à 29.22°C (Tableau 14). Trois modèles prévoient une hausse simultanée des cumuls saisonniers de précipitations et du nombre de jours pluvieux, correspondant à une situation plus humide.

Tableau 14. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Tahoua aéro pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 29.22 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 342.91 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 33
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	FGOALS-g2	+1.30	131	107
Cool/Dry	GISS-E2-R	+2.24	96	97
Middle	MPI-ESM-MR	+2.49	113	102
Hot/Wet	ACCESS1-O	+3.76	148	129
Hot/Dry	CMCC-CMS	+3.14	94	96

Figure 20. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Tahoua aéro.



7. Région de Tillabéri

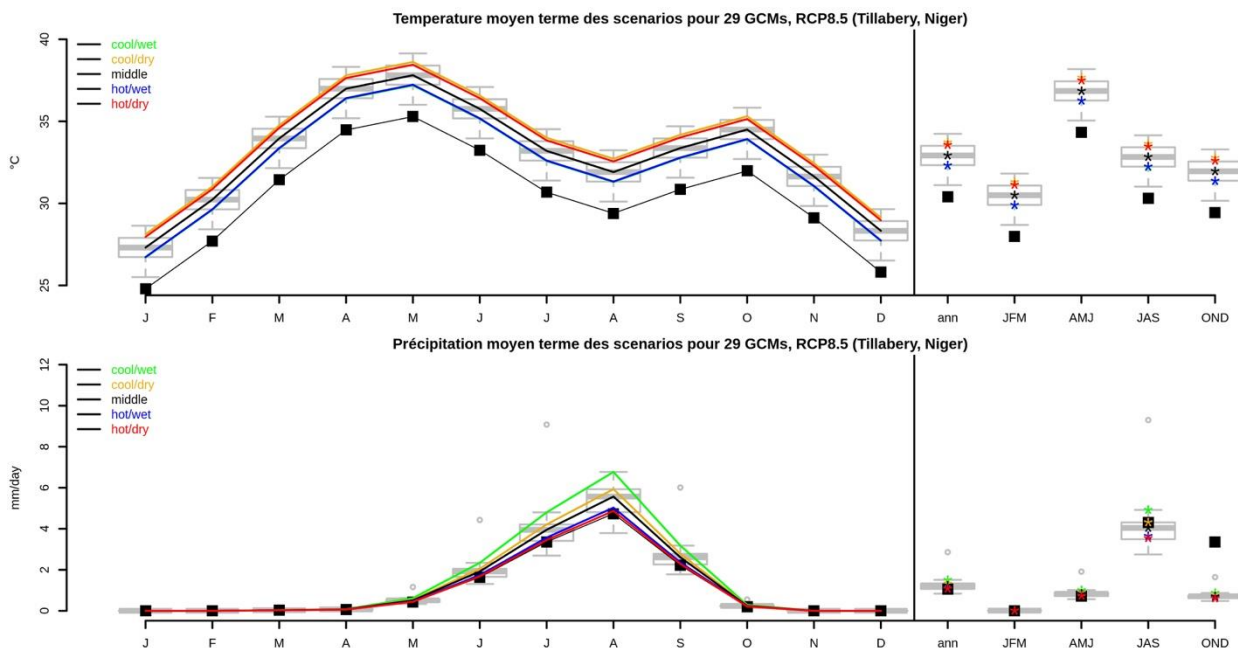
▪ Station synoptique de Tillabéri

A Tillabéri, les modèles climatiques désagrégés à moyen terme (horizon 2050) pour le RCP 8.5 prévoient une hausse des températures moyennes de surface (+1.9 à +3.3 degrés) et des cumuls saisonniers de précipitations (jusqu'à 43% pour le modèle le plus pluvieux e.g MIROC5). Le nombre de jours pluvieux évolue entre -8% et + 18% durant la saison JJAS selon les modèles.

Tableau 15. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Tillabéri pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 30.4 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 373.9 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 31
Modèle à l'horizon 2050		ΔT (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	+1.90	143	92
Cool/Dry	CNRM-CM5	+1.94	106	101
Middle	MPI-ESM-MR	+2.52	118	103
Hot/Wet	ACCESS1-O	+3.33	125	118
Hot/Dry	CMCC-CMS	+3.16	103	98

Figure 21. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Tillabéri.



8. Région de Zinder

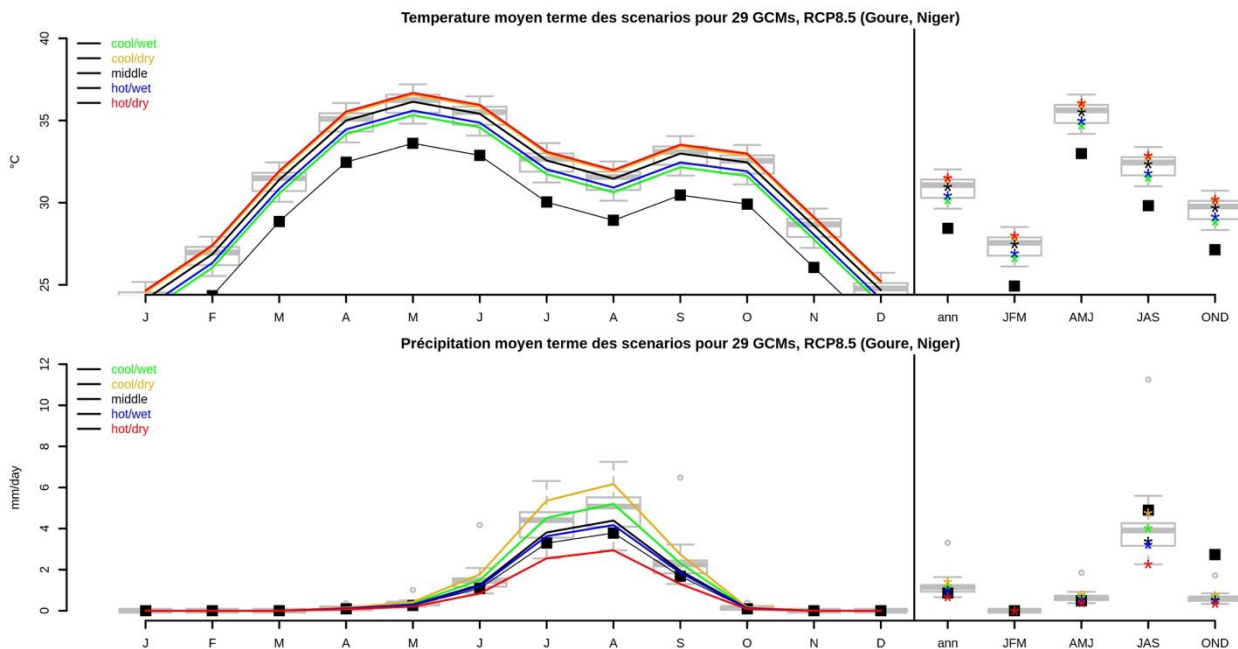
▪ Station synoptique de Gouré

A Gouré, les modèles climatiques désagrégés à moyen terme (horizon 2050) pour le RCP 8.5 prévoient une hausse des températures moyennes de surface (+1.7 à +3.1 degrés). Quatre modèles prévoient des cumuls saisonniers de précipitations en hausse sur la saison JJAS (jusqu'à 63% pour le modèle le plus pluvieux). Le nombre de jours pluvieux évolue entre -11% et + 56% selon les modèles.

Tableau 16. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Gouré pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.45 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 308.83 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 26
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	1.71	137	98
Cool/Dry	CNRM-CM5	1.99	110	110
Middle	MPI-ESM-MR	2.53	116	100
Hot/Wet	ACCESS1-O	2.96	163	156
Hot/Dry	CMCC-CMS	3.07	78	89

Figure 22. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Gouré.



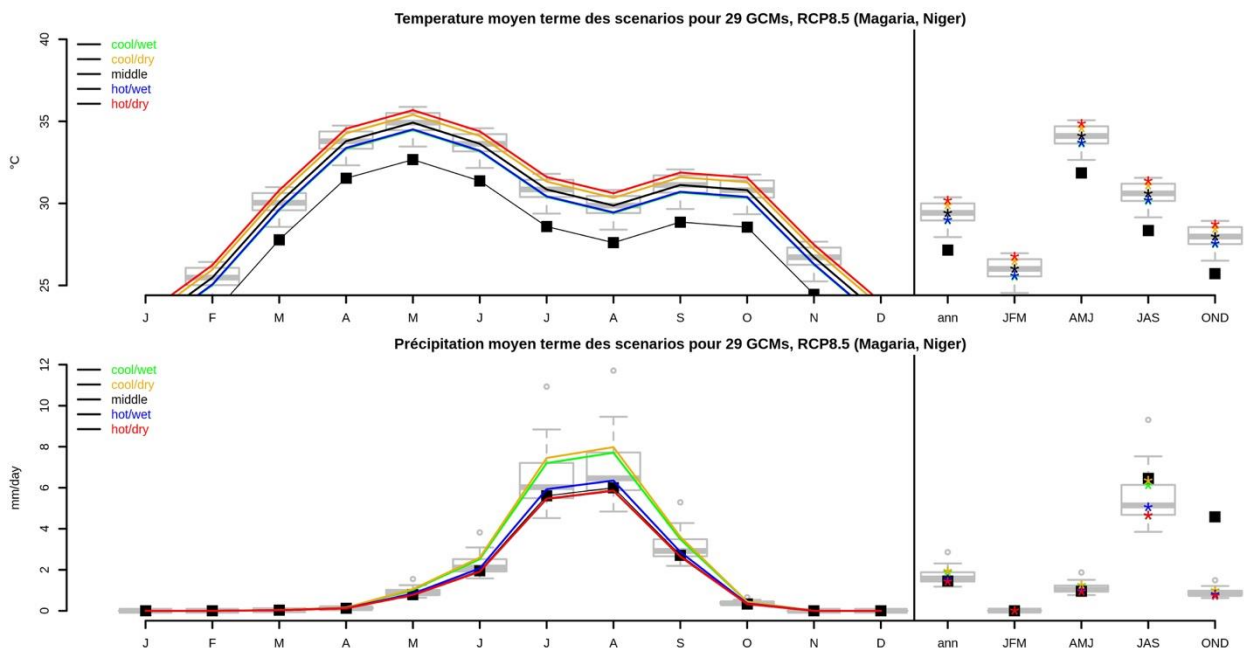
▪ Station synoptique de Magaria

A Magaria, les modèles prévoient une hausse significative des températures de surface de 1,8 à 3.0 degrés pour le RCP 8.5, des cumuls saisonniers de précipitations similaires à supérieurs de 33% comparativement à la période 1981-2010, et un nombre de jours pluvieux similaire à inférieur de 10% durant la saison JJAS. Ces résultats peuvent se traduire sur le moyen terme par une recrudescence des épisodes secs ainsi qu'une relative intensification des pluies pour cette localité.

Tableau 17. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Magaria pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1980-2010		T° de référence T = 27.17 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 522.67 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 38
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	1.80	129	97
Cool/Dry	CESM1-BGC	1.84	106	101
Middle	GFDL-ESM2G	2.26	97	100
Hot/Wet	CanESM2	2.74	133	94
Hot/Dry	MPI-ESM-MR	3.02	98	90

Figure 23. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Magaria.



▪ Station synoptique de Zinder aéro

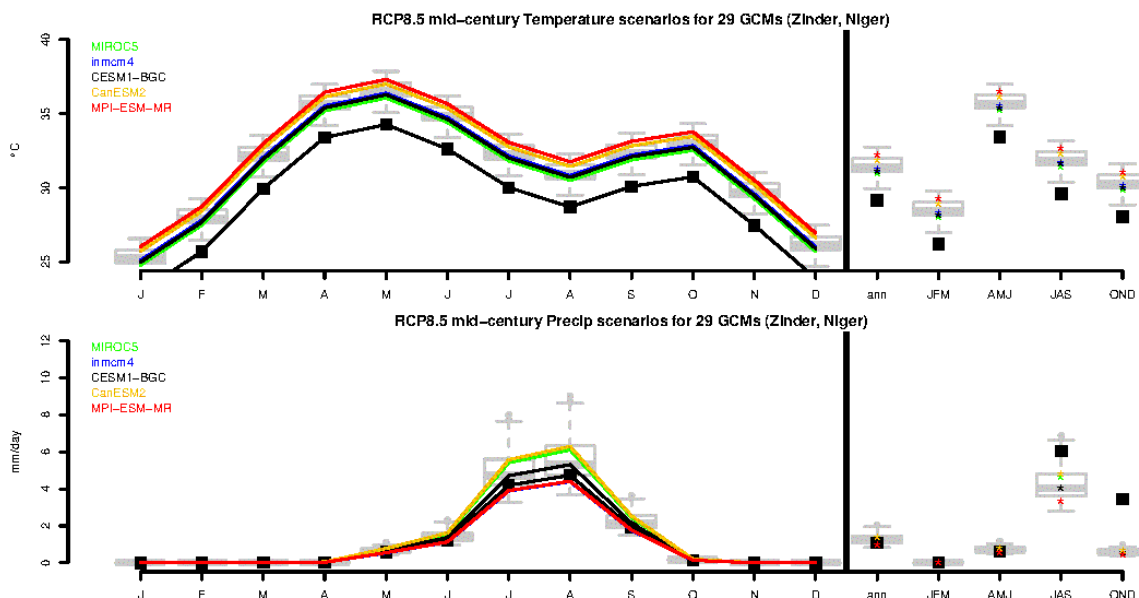
A Zinder, les modèles climatiques prévoient des hausses significatives des températures moyennes de surface sur le moyen terme pour le RCP 8.5 (Tableau 18). Trois modèles prévoient une réduction du nombre de jours pluvieux et trois modèles prévoient une hausse des cumuls saisonniers de précipitations, pouvant atteindre 24% pour le modèle le plus humide (e.g IPSL-CM5A-MR). Ces éléments vont dans le sens d'une possible intensification du cumul pluviométrique saisonnier et d'une probable augmentation de la fréquence et de la durée des séquences sèches durant la saison JJAS.

Durant le cycle saisonnier, les modèles climatiques prévoient une hausse des cumuls pluviométriques pouvant aller jusqu'à 20% sur les mois d'Aout et de Septembre (figure 24).

Tableau 18. Scénarios d'évolution des températures moyennes de surface, des cumuls moyens de précipitations et du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS décrits par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5 et le moyen terme par comparaison à la climatologie moyenne observée sur la station de Zinder aéro pour la période de référence 1981-2010.

Baseline : moyenne des valeurs observées sur la période 1981-2010		T° de référence T = 28.56 °C	Précipitations de référence (cumul JJAS) P = 389.21 mm	Nb. de jours pluvieux de référence JJAS J = 32
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	NORESM1-M	+1.23	115	100
Cool/Dry	GISS-E2-H	+1.40	97	99
Middle	inmcm4	+1.48	106	105
Hot/Wet	IPSL-CM5A-MR	+1.85	124	95
Hot/Dry	MPI-ESM-MR	+2.31	83	86

Figure 24. Evolution moyenne sur le moyen terme (2050) des précipitations (cumuls moyens mensuels) et des températures (moyennes mensuelles) simulées par les 5 modèles retenus pour le RCP 8.5, comparées aux données observées sur la période 1981-2010 pour la station synoptique de Zinder.



4. Conclusion

Conduite en étroite relation étroite avec la Direction de la Météorologie Nationale du Niger, cette première activité contribue à la formulation concertée de la SP2NA en apportant une information technique sur les changements climatiques à venir aux horizons 2030 et 2050, qui est d'une grande importance pour les décideurs nigériens à tous les niveaux, qu'ils soient en charge de la planification nationale/locale du développement et/ou de la planification sectorielle (agriculture, eau, forêt...). Ce travail a permis d'améliorer la qualité de l'information disponible sur les changements climatiques prévus au Niger, en proposant des projections désagrégées pour les 15 stations synoptiques du Niger. On peut à cet égard retenir les éléments suivants :

- **Au niveau national :**

Des projections climatiques pour les variables « températures moyennes », « cumuls moyens de précipitations » et « nombre de jours pluvieux » ont été produites à l'échelle nationale, pour deux types d'horizon temporels (2030 et 2050) et pour deux scénarios d'évolution de la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre (RCP 4.5 et RCP 8.5), retenus comme pertinents au regard des tendances actuelles d'émission de CO₂.

Ces projections mettent en évidence une augmentation significative des températures à court et moyen termes, pouvant aller jusqu'à 3 degrés à l'horizon 2050 pour le RCP 8.5. Elles indiquent par ailleurs une augmentation probable de la pluviométrie moyenne, plus particulièrement dans l'Est et le nord-Est du Pays. Cette augmentation de la pluviométrie s'accompagne d'une possible diminution du nombre de jours pluvieux, impliquant des pluies plus intenses pouvant avoir des impacts négatifs en termes d'érosion/inondation, ainsi que des séquences sèches probablement plus longues et plus fréquentes qu'aujourd'hui. L'augmentation des températures, concomitante à une intensification des pluies sur certaines parties du territoire national, aura des conséquences sur le potentiel productif agricole, dont dépend la majeure partie de la population nigérienne.

- **Au niveau des stations synoptiques**

Des projections climatiques à court terme, à moyen terme et à long termes pour les variables « températures minimum, moyennes, maximum », « précipitations », « humidité relative », « pression de vapeur », « vent » et « radiation solaire » ont été produites, au pas de temps journalier, pour chacune des 15 stations synoptiques du Niger. Dans chacune de ces stations, tous les modèles font état d'une augmentation significative des températures, pouvant aller jusqu'à 3 degrés à l'horizon 2050 pour le RCP 8.5. Dans un certain nombre de stations, les modèles prévoient une situation globalement plus humide, s'accompagnant selon le cas d'une réduction du nombre de jours pluvieux durant la saison JJAS. Ceci correspond à une intensification des pluies. Le scénario prévu pour la ville de Niamey diffère quelque peu dans la mesure où les projections climatiques prévoient simultanément une augmentation de la pluviométrie moyenne et une augmentation du nombre de jours de pluie. Ces projections sont importantes pour les autorités locales et centrales impliquées dans la prévention des risques d'inondation.

Pour faciliter l'exploitation des scénarios désagrégés de changement climatique, l'ensemble des cartes, analyses et scénarios sont mis à la libre disposition des décideurs et du grand public. Les acteurs peuvent y accéder à partir de l'espace dédié suivant :

<https://www.dropbox.com/sh/411p6p816b4fc6n/AAAJyd1kzfs696hlqiTFjipa?dl=0>

Ces données vont par ailleurs permettre la réalisation de l'activité 2 du processus de formulation concertée de la SPN2A, qui s'attache à évaluer l'impact du changement climatique sur les productions agro-sylvo-pastorales à court (2030) et moyen terme (2050), dans la perspective d'analyser les capacités du secteur agricole nigérien à s'adapter face aux changements climatiques en cours.



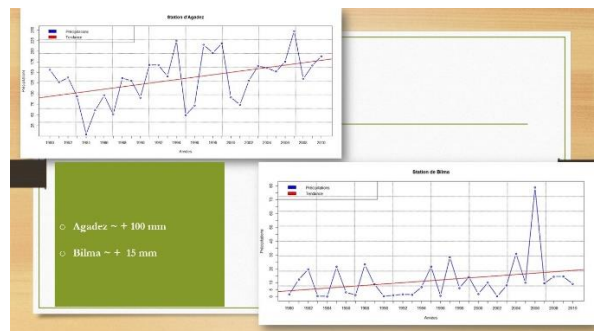
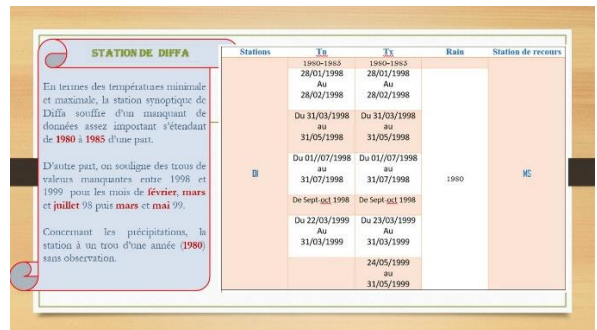
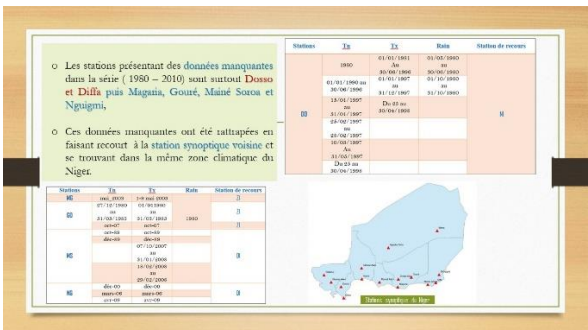
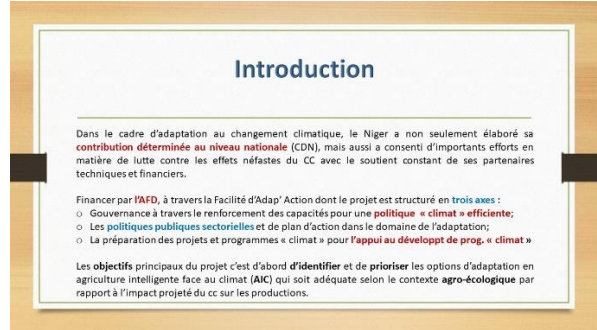
Références bibliographiques

- Adger, N. W., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew et S. Eriksen. 2004. *New Indicators of Vulnerability, Technical report 7*. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research, 128 p.
- Biasutti, M., & Giannini, A. *Robust Sahel drying in response to late 20th century forcing*. Geophysical Research Letters, 33(11). 2006
- Climate Service Center Germany, 2015. Climate Fact Sheet.
- Hargreaves, G.H., and Z.A. Samani. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engng. in Agric. 1:96-99.
- Heinzeller, D., Dieng, D., Smiatek, G., Olusegun, C., Klein, C., Hamann, I., Salack, S., Bliedernicht, J., and Kunstmann, H., (2018): The WASCAL high-resolution regional climate simulation ensemble for West Africa: concept, dissemination and assessment, Earth Syst. Sci. Data, 10, 815-835, <https://doi.org/10.5194/essd-10-815-2018>.
- Held, I.M, Delworth, T. L., Lu, J. Findell, K. L. & Knutson, T. R. *Simulation of Sahel drought in the 20th and 21st centuries*. 17891–17896, vol. 102 n°50. 2006
- Hempel, Sabrina, et al., (2013): A trend-preserving bias correction—the ISI-MIP approach. Earth System Dynamics 4.2 (2013): 219-236
- IPCC. in *Clim. Chang. 2013 Phys. Sci. Basis. Contrib. Work. Gr. I to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang.* (Stocker, T. F. et al.) (Cambridge University Press, 2013).
- Jalloh, A., Nelson, G. C., Thomas, T. S., Zougmore, R., Roy-Macauley, H. *West African agriculture and climate change: a comprehensive analysis. First Edition*. Washington - International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2013. 444p.
- Ly M, Traoré S, Agali A, Sarr B (2013) Evolution of Some Observed Climate Extremes in the West African Sahel. Weather and Climate Extremes 1 (2013) 19–25.
- Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, Carter TR, Emori S, Kainuma M, Kram T et al (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463:747–756
- Nikulin, G., Jones, C., Giorgi, F., Asrar, G., Büchner, M., CerezoMota, R., Christensen, O. B., Déqué, M., Fernandez, J., Hänsler, A., van Meijgaard, E., Samuelsson, P., Sylla, M. B., and Sushama, L., 2012: Precipitation Climatology in an Ensemble of CORDEX-Africa Regional Climate Simulations, J. Climate, 25, 6057–6078, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00375.1>.
- Ruane AC, Winter JM, McDermid SP, Hudson NI (2015) AgMIP climate datasets and scenarios for integrated assessment. In: Rosenzweig C, Hillel, D, (Eds), Handbook of Climate Change and Agroecosystems: The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP). ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation Vol. 3. Part 1, Imperial College Press, p 45–78, doi:10.1142/9781783265640_0003.
- Sarr B. (2012). Present and future climate change in West Africa: a crucial input for agricultural research prioritization for the region. Atmospheric Sciences, Vol 13, Issue 2, 108-112.
- Seyni Salack, Benoit Sarr, Sheick K. Sangare, Mouhamed Ly, Ibrah Seidou Sanda, Harald Kunstman1 (2014) Crop-Climate Ensemble Scenarios To Narrow Uncertainty In Agroclimatic Risks Assessment On Pearl Millet And Maize In The West African Sudan-Sahel. A paraître dans Climate Research.
- Stefan (2016): Earth2Observe, WFDEI and ERA-Interim data Merged and Bias-corrected for ISIMIP (EWEMBI). GFZ Data Services. <http://doi.org/10.5880/pik.2016.004>
- Wilby RL, Charles S, Zorita E, Timbal B, Whetton P, Mearns L (2004) Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods., IPCC Supporting Material, available from the DDC of IPCC TGCA.

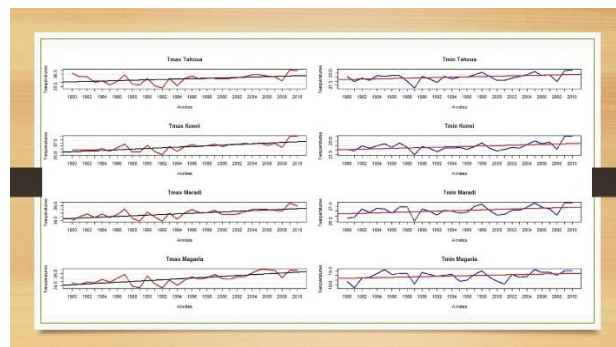
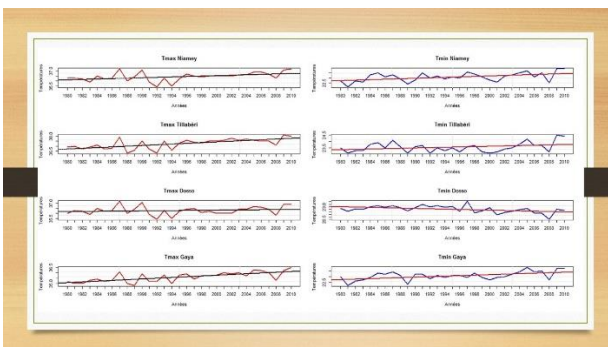
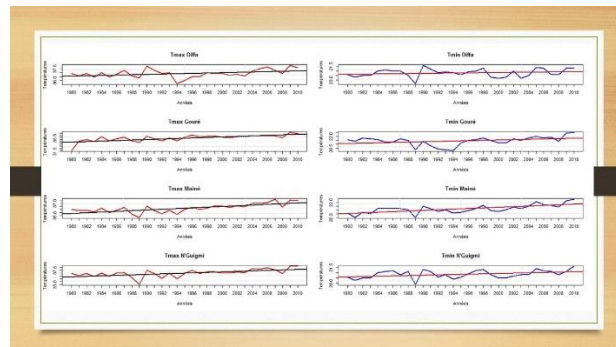
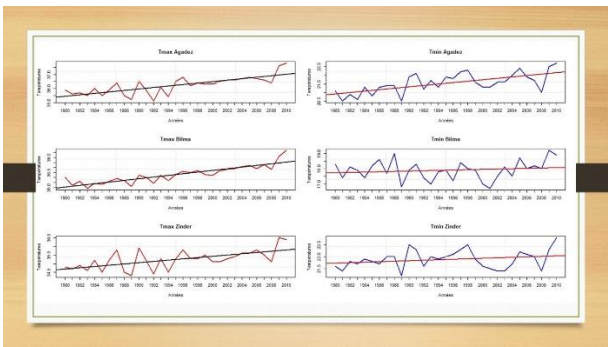
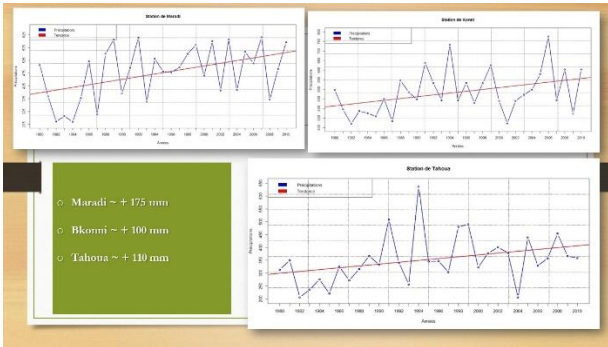
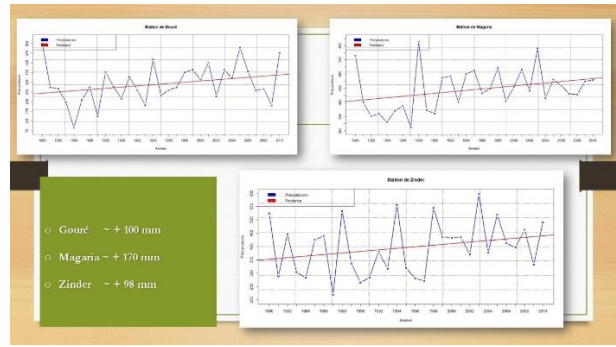
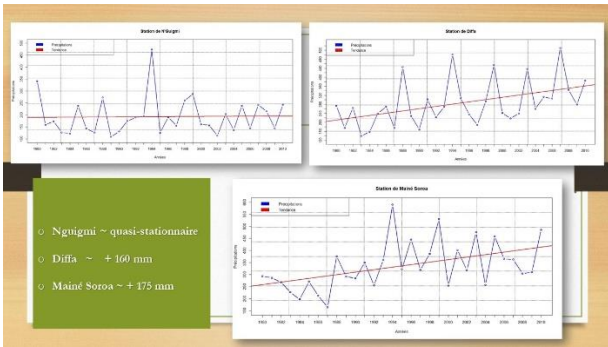


Annexe 1 : Présentations effectuées lors de la restitution technique du 16.05.2019 des projections climatiques désagrégées pour la République du Niger

1 – Présentation de la Direction de la Météorologie Nationale du Niger



Facilité Adapt'Action – Appui à la formulation concertée de la SPN2A pour la République du Niger
 Rapport technique n°1 : projections climatiques désagrégées



Facilité Adapt'Action – Appui à la formulation concertée de la SPN2A pour la République du Niger
Rapport technique n°1 : projections climatiques désagrégées

Pour la DMN :

Realisation des projections climatiques désagrégées au bénéfice des autorités du Niger, celles que prévoient dans les Travaux de Référence du maillon RFP1 d'appui à la formulation concertée de la stratégie et du plan national d'adaptation de l'agriculture au changement climatique (SPN2A).

Dans ce cadre, la DMN fournira à Baastel, dans un délai maximum de 30 jours calendaires, les produits de scénarios de changement climatique désagrégés sur les stations du Niger aux horizons 2030 et 2050.

Le groupe Baastel assurera dans le même délai, au profit de la DMN, un renforcement de capacité à distance sur les outils d'analyse ad-hoc à mobiliser pour les analyses attendues.

Paramètres climatiques retenus

Radiation

Tmax

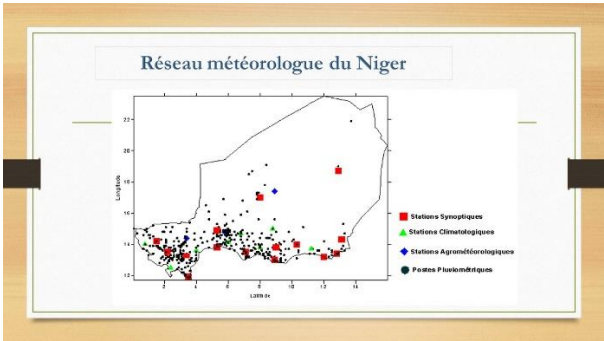
Tmin

Précip

Vent

Rh

← Période: 1950-2010 → Echelle journalière →



Processus de désagrégation des données

- Les données des scénarii proviennent des modèles climatiques globaux **AgMIP** (Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project)
- Il s'agit des scénario RCP4.5 et RCP8.5 (Representative Concentration pathway)
 - RCP4.5 : ~ 4,5 W/m²
 - RCP8.5 : ~ 8,5 w/m²
- Préparation des données historiques

AgMIP Excel File Template_v2.0

Formatage des données

XXXXXX.AgMIP

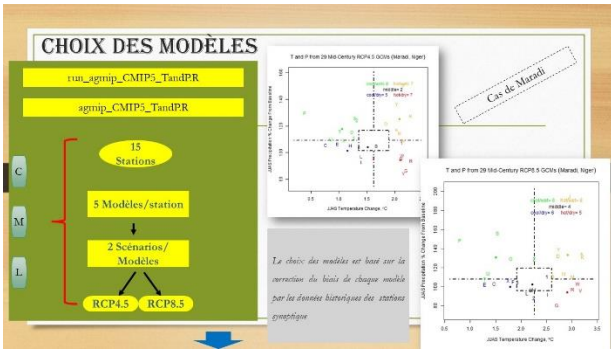
Approche : Comparaison multi-modèles

Calcul des biais → Au niveau de chaque point de grille de la partie historique de chaque modèle

1 = "X" = ACCESS1-0,	2 = "B" = bccr-csm1-1,	3 = "C" = BNU-ESM,	4 = "D" = CanESM2,
5 = "E" = CCSM,	6 = "F" = CESM1-BGQ,	7 = "G" = CSIRO-Mk3-0-0,	8 = "H" = GFDL-ESM2,
9 = "I" = GFDL-ESM2M,	10 = "J" = HadGEM2-CC,	11 = "K" = HadGEM2-ES,	12 = "L" = Inmcm4,
13 = "M" = IPSL-CM5A-LR,	14 = "N" = IPSL-CM5A-MR,	15 = "O" = MIROC5,	16 = "P" = MIROC-ESM,
17 = "Q" = MPI-ESM-LR,	18 = "R" = MPI-ESM-MR,	19 = "S" = MRI-CGCM2,	20 = "T" = NorESM1-M,
21 = "U" = FGOALS-g2,	22 = "V" = CNRM-CM3,	23 = "W" = CNRM-CM3.5,	24 = "X" = CNRM-CM3.5,
25 = "Y" = BadsRM2-A0,	26 = "Z" = IPSL-CM5B-LR,	27 = "1" = GFDL-CM3,	28 = "2" = GISS-E2-R
29 = "3" = GISS-E2-R			

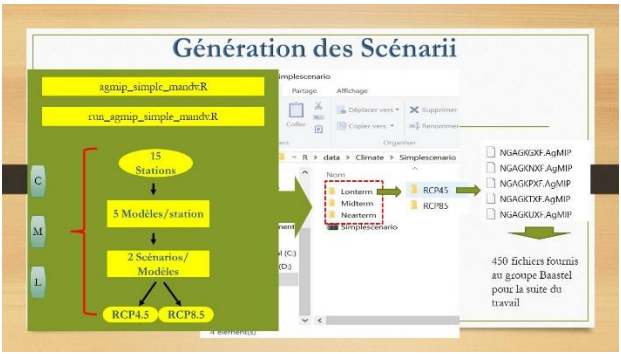
Chaque modèle dispose de **données journalières** jusqu'à l'horizon 2100 sur tout le globe terrestre à des résolutions variables

Facilité Adapt'Action – Appui à la formulation concertée de la SPN2a pour la République du Niger
Rapport technique n°1 : projections climatiques désagrégées



Niger											
RCPS	Cool Wet	Hot Wet	Moist	Cool Dry	Hot Dry	RCPS	Cool Wet	Hot Wet	Moist	Cool Dry	Hot Dry
RCPS	O = MIROC3.5	D = CanESM2	B = Inmcm4	F = CCSM4.0	R = MPI-ESM-LR	RCPS	F = CESM1.0	3 = GISS-E2.3	B = Inmcm4	E = CCSM4.0	N = IPSL-CM5A-MR
RCPS	T = NORESM1.0	K = HadGEM2.ES	H = GFDL-ESM2.0	Q = MPI-ESM-LR		RCPS	J = INMCM3.0	1 = GISS-E2.3	2 = GISS-E2.3	O = MIROC3.5	Q = MPI-ESM-LR

Niger											
RCPS	Cool Wet	Hot Wet	Moist	Cool Dry	Hot Dry	RCPS	Cool Wet	Hot Wet	Moist	Cool Dry	Hot Dry
RCPS	O = MIROC3.5	A = ACCESS1.0	D = MPI-ESM-LR	X = CNRM-CM5	W = CMCC-CM2.3.2	RCPS	S = MRI-CGCM2.3.2a	A = ACCESS1.0	1 = GISS-E2.3	V = CMCC-CM2.3.2	
RCPS	T = NORESM1.0	B = BCC-CSM1.1	I = GFDL-ESM2.0	N = IPSL-CM5A-MR		RCPS	Z = GISS-E2.3	J = INMCM3.0	H = GFDL-ESM2.0	K = CMCC-CM2.3.2	



2 – Présentation de Baastel



APPUI À LA FORMULATION CONCERTÉE DE LA SPN2A POUR LA RÉPUBLIQUE DU NIGER

**ACTIVITÉ 1 : PROJECTIONS CLIMATIQUES DÉSAGRÉGÉES
ANALYSE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU NIGER**

Dr. Mouhamed LY
Restitution aux institutions - 16 mai 2019

PLAN DE LA PRÉSENTATION

1. Contexte de l'étude
2. Méthode
3. Résultats : Evolution moyenne des T° au Niger pour 3 RCP
4. Projections climatiques sur le Niger aux horizons 2030 / 2050
5. Ex. de projections climatiques corrigées (descente d'échelle)
6. Base de données des scénarios de CC générés sur le Niger
7. Limites de l'étude et pistes d'approfondissement
8. Conclusions

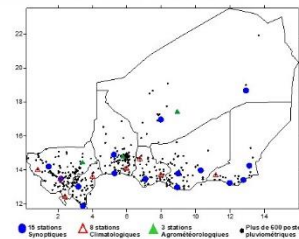
1 - CONTEXTE

- Vulnérabilité des systèmes agricoles face à la variabilité et aux changements climatiques.
 - Besoin crucial d'adaptation dans le secteur rural
 - Nécessité de comprendre les changements climatiques à une échelle locale pour identifier des actions d'adaptation en AIC pertinentes pour les communes
- ➔ **Elaboration de scénarios climatiques désagrégés pour le court terme (2030) et le moyen terme (2050)**

2 - MÉTHODE

Point de départ :

- 29 modèles climatiques validés par le GIEC
- données climatiques journalières (précipitation, tmax, tmin, radiation solaire, humidité relative, vent) relevées par la DMN pour la période 1980-2010 sur 15 stations synoptiques



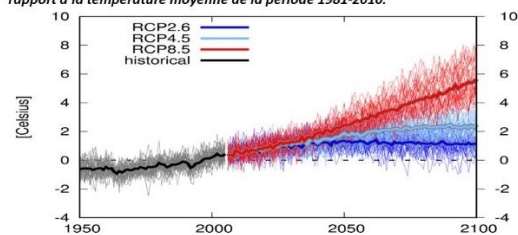
2. MÉTHODE

Approche :

- 1) Moyenne d'ensemble des 29 modèles CMIP5 (GIEC)
- 2) Descente d'échelle :
 - sélection des modèles par station synoptique selon la méthode AgMIP (Ruane & al., 2017)
 - correction de biais par la méthode des deltas
 - validation des projections climatiques désagrégées à partir des données observées sur les stations synoptiques
- 3) Génération d'une base de données corrigée des changements climatiques au Niger pour chacune des 15 stations synoptiques

3 - RÉSULTATS : EVOLUTION MOYENNE DES T° AU NIGER SELON LA TRAJECTOIRE RCP CONSIDÉRÉE

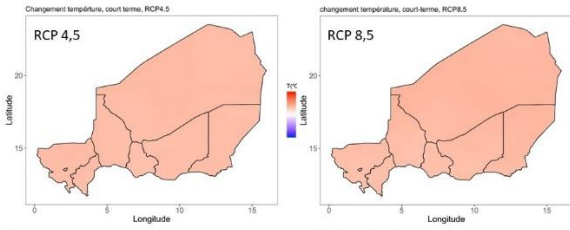
Fig. 1. Changement relatif des températures moyenne de surface au Niger par rapport à la température moyenne de la période 1981-2010.



- Modèles unanimes sur le réchauffement climatique au Niger
 - 2030 : +1°C 2050 : +1 à +3°C / période 1981-2010
 - 2100 : +1 à +6°C (ampleur de la hausse de T° diverge selon le scénario)
- ➔ **Baser l'adaptation sur les RCP 4,5 (intermédiaire) & 8,5 (pessimiste)**

4 - EVOLUTION DES TEMPERATURES À L'HORIZON 2030

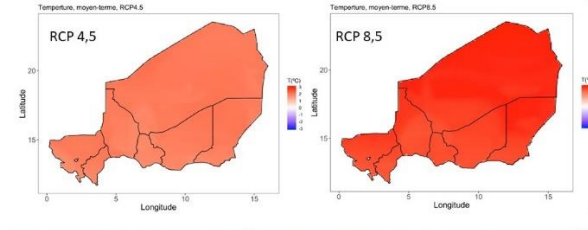
Fig. 2. Moyenne d'ensemble de 29 modèles des simulations CMIP5 pour le Niger sur le court terme (RCP 4.5 et 8.5)



→ Hausse des températures de l'ordre de 1°C d'ici 2030 par rapport à la période 1981-2010 dans l'ensemble des communes du Niger

4 - EVOLUTION DES TEMPERATURES À L'HORIZON 2050

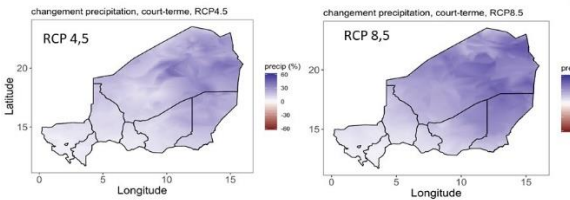
Fig. 3. Moyenne d'ensemble de 29 modèles des simulations CMIP5 pour le Niger sur le moyen terme (RCP 4.5 et 8.5)



→ Hausse des températures de 1°C à 3°C d'ici 2050 par rapport à la période 1981-2010 dans l'ensemble des communes du Niger

4 - EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE À L'HORIZON 2030

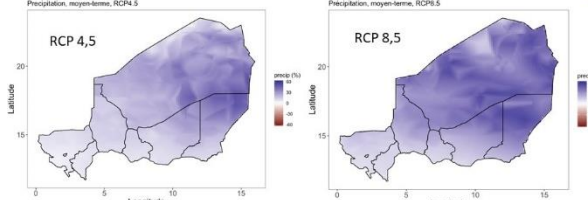
Fig. 4. Moyenne d'ensemble de 29 modèles des simulations CMIP5 pour le Niger sur le court terme (RCP 4.5 et 8.5)



→ Pluviométrie annuelle en hausse sur tout le Niger, surtout au Nord et à l'Est
 → La pluviométrie annuelle augmente plus avec le scénario pessimiste RCP8.5

4 - EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE À L'HORIZON 2050

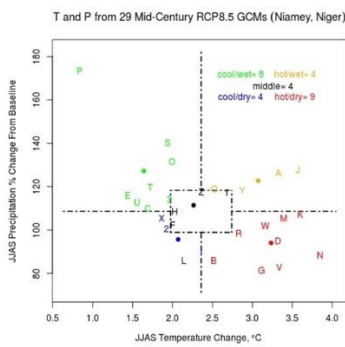
Fig. 5. Moyenne d'ensemble de 29 modèles des simulations CMIP5 pour le Niger sur le moyen terme (RCP 4.5 et 8.5)



→ Pluviométrie annuelle en hausse sur tout le Niger, surtout au Nord et à l'Est
 → La pluviométrie annuelle augmente plus avec le scénario RCP8.5

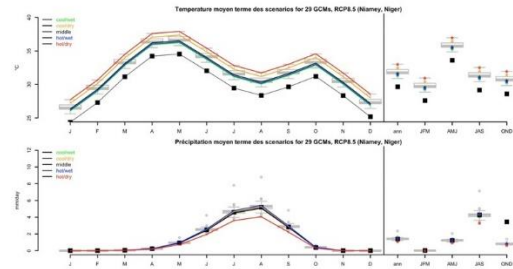
ATTENTION : PLUS DE PLUIE NE SIGNIFIE PAS PLUIE BIEN REPARTIE !

5A. MÉTHODE DE DESCENTE D'ÉCHELLE ET DE CHOIX DES MODÈLES : EXEMPLE DE NAMEY (1/3)



- Site: Niamey, Niger
- 5 Modèles retenus pour l'horizon 2050: NoRESM1-M; ACCESS1-0; IPSL-CM5B-LR; GISS-E2-R; CanESM2

5A. MÉTHODE DE DESCENTE D'ÉCHELLE ET DE CHOIX DES MODÈLES : EXEMPLE DE NIAMEY (2/3)



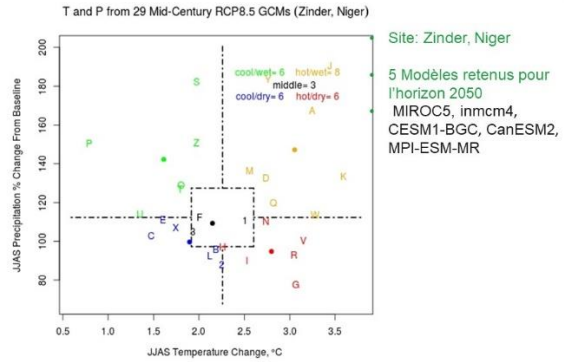
Les simulations issues des 5 modèles retenus / corrigés pour Niamey représentent correctement les caractéristiques des précipitations et températures observées sur la station synoptique de Niamey

5A. MÉTHODE DE DESCENTE D'ÉCHELLE ET DE CHOIX DES MODÈLES : EXEMPLE DE NIAMEY (3/3)

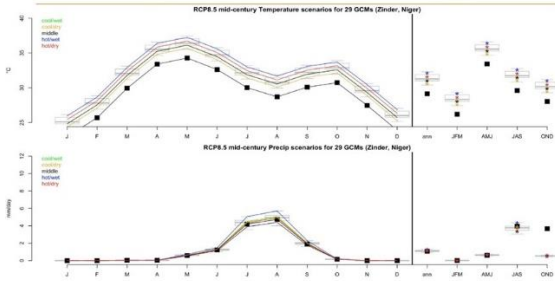
Baseline : valeur observée 1980-2010		Ref. T° = 29.65°	Ref. P = 429 mm	Ref. nb jours pluvieux = 39
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	NoRESM1-M	+1.69	98%	99%
Cool/Dry	ACCESS1-0	+2.82	102%	99%
Middle	IPSL-CM5B-LR	+1.98	98%	100%
Hot/Wet	GISS-E2-R	+1.80	104%	95%
Hot/Dry	CanESM2	+3.37	78%	79%

- Station de Niamey
- Hausse significative des températures

5B. MÉTHODE DE DESCENTE D'ÉCHELLE ET DE CHOIX DES MODÈLES : EXEMPLE DE ZINDER (1/3)



5B. MÉTHODE DE DESCENTE D'ÉCHELLE ET DE CHOIX DES MODÈLES : EXEMPLE DE ZINDER (2/3)



Les simulations issues des 5 modèles retenus pour Zinder représentent correctement les caractéristiques de pluies et températures observées sur la station synoptique de Zinder

5B. MÉTHODE DE DESCENTE D'ÉCHELLE ET DE CHOIX DES MODÈLES : EXEMPLE DE ZINDER (3/3)

Baseline : valeur observée 1980-2010		Ref. T° = 29.16°	Ref. P = 395 mm	Ref. nb jours pluvieux = 32
Modèle à l'horizon 2050		Δ T (°C)	Δ Pluie (% ref)	Δ nb. jours pluvieux (% ref)
Cool/Wet	MIROC5	+1.23	115%	100%
Cool/Dry	inmcm4	+1.40	97%	99%
Middle	CESM1-BGC	+1.48	106%	105%
Hot/Wet	CanESM2	+1.85	124%	95%
Hot/Dry	MPI-ESM-MR	+2.31	83%	86%

- Station de Zinder
- Hausses significatives des températures
 - Tendance à l'augmentation des cumuls annuels moyens de précipitations
 - Tendance à la réduction du nombre de jours pluvieux

6 - BASE DE DONNÉES DES SCENARIOS CORRIGES SUR LES STATIONS SYNOPTIQUES DU NIGER

STATIONS	CODE	LONG	LAT	ID
Tillabéry	320004	1.45	14.2	NGTI
Niamey Aéro	320009	2.17	13.48	NGNI
Dozou	320017	3.18	13.02	NGDO
Gaya	320018	3.45	11.88	NGGA
Tahoua Aéro	320023	5.25	14.9	NGTA
Konni	320025	5.28	13.8	NGKO
Maradi Aéro	320047	7.08	16.47	NGMA
Agadez Aéro	320048	7.98	16.97	NGAG
Zinder Aéro	320062	8.98	13.78	NGZI
Magaria	320064	8.93	12.98	NGMG
Goure	320070	10.3	13.98	NGGO
Mainé-Soroa	320072	11.98	13.23	NGMS
Diffa	320074	12.28	13.42	NGDI
Billma	320075	12.92	16.68	NGBI
N'Guigmi	320077	13.12	14.25	NGNG

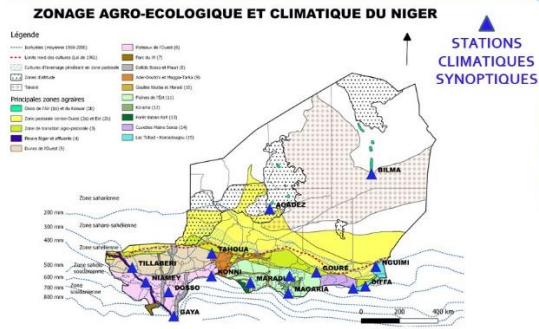
Base de données à la disposition de tout acteur souhaitant s'en servir pour des études de vulnérabilité :

<https://www.dropbox.com/sh/411p8p816b4fc6ni/AAAJy41kzfks698hqlTFIjpa?dl=0>

LIMITES DE L'ÉTUDE ET PISTES D'APPROFONDISSEMENT

- Nécessité de former les utilisateurs à la compréhension et l'utilisation des scénarios générés pour la réalisation d'études de vulnérabilité / impact
- Poursuivre le travail avec la DMN pour intégrer les données des stations agro-climatologiques
- Bonne couverture de la zone agricole du Niger, mais nombre insuffisant de stations synoptiques pour bien représenter les communes du Niger en zone pastorale

LOCALISATION DES STATIONS SYNOPTIQUES DE PAR RAPPORT AUX ZONES AGRAIRES DU NIGER



7 - CONCLUSIONS

- Appui à la DMN Niger pour la génération de scénarios de CC
 - Projections climatiques corrigées avec des données observées et générées pour les 15 stations synoptiques du Niger
 - Meilleure connaissance de la variabilité et du CC au Niger par l'analyse des données de toutes les stations synoptiques
 - Projections climatiques par rapport à la période 1981-2010 : températures en hausse, tendance plus humide, sécheresses plus fréquentes sur toutes les stations du Niger (intensification des pluies).
- ➔ Prochaines étapes : Evaluer l'impact des scénarios climatiques désagrégés à court (2030) et moyen terme (2050) sur les productions agro-sylvo-pastorales



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Restitution aux institutions
16 mai 2019

Annexe 2. Compte-rendu de l'atelier de restitution des projections climatiques désagrégées et du comité ad hoc de suivi et de pilotage du processus de formulation concertée de la SPN2A

REPUBLIQUE DU NIGER
Fraternité – Travail – Progrès

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA SALUBRITE URBAINE
ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

DIRECTION GENERALE DU DEVELOPPEMENT DURABLE
ET DES NORMES ENVIRONNEMENTALES

Compte rendu de la réunion de restitution des projections climatiques désagrégées produites dans le cadre du processus de formulation concertée de la Stratégie et du Plan National d'Adaptation face au climat dans le secteur Agricole pour la République du Niger (SPN2A).

I. Introduction

Le jeudi 16 Mai l'an deux mille dix-neuf, s'est tenue dans la salle de réunion de l'hôtel Homeland la réunion de restitution des projections climatiques désagrégées produites dans le cadre du processus de formulation concertée de la Stratégie et du Plan National d'Adaptation face au climat dans le secteur Agricole pour la République du Niger (SPN2A), appuyé par la Facilité Adapt'Action.

Ce travail qui constitue la première étape des études thématiques programmées en 2019 dans le cadre du processus d'élaboration de ladite stratégie et de son Plan d'Action, traite des projections climatiques désagrégées des données météorologiques. Elle est réalisée par la Direction de la Météorologie Nationale du Niger avec un accompagnement du cabinet Baastel en vue d'obtenir les projections climatiques dans les zones d'interventions du projet aux horizons 2030-2050.

II. Cérémonie d'ouverture

La cérémonie d'ouverture a été marquée par deux (2) allocutions :

- La coordinatrice régionale de la Facilité Adapt'Action a remercié les participants pour leur présence et a rappelé le contexte de la réunion. Cette dernière fait suite à l'atelier de lancement du processus de formulation de la Stratégie et du Plan National d'Adaptation face au changement climatique (SPN2A) tenu le 23 janvier 2019 à Niamey. Elle a pour objectif de définir des scénarios de changement climatique désagrégés sur les stations synoptiques du Niger aux horizons 2030-2050.

- Le Secrétaire Général du Ministère de l'environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable a souhaité la bienvenue aux participants et rappelé l'ordre du jour qui s'articule autour de i/ l'analyse de la variabilité climatique à partir des observations sur les stations de mesure au Niger, ii/ l'analyse du changement climatique au Niger et iii/ une réunion en huis clos du comité ad hoc de suivi et de pilotage du processus de formulation concertée de la SPN2A. Il a également tenu à remercier l'AFD pour son engagement constant au côté des acteurs du Niger.

III. Déroulement des travaux

Les travaux ont été présidés par un bureau de séance composé de :

- **Président** : Alassane Makadassou SG du MESUDD
- **Vice-président** : Sani Mahazou DGDD
- **Rapporteurs** : Ramata Harouna

Après la traditionnelle Fatiha prononcée pour la bonne marche des activités, un tour de table a permis de faire la présentation des participants. Ensuite, il a été donné l'occasion aux consultants d'exposer les présentations.

1) Présentations

- **Présentation n°1 (Direction de la météorologie du Niger)** : Analyse de la variabilité climatique à partir des observations faites sur les stations de mesure au Niger.
- **Présentation n°2 (Baastel)** : Analyse du changement climatique au Niger.

2) Questions

A la suite de cette restitution, des questions ont été posées aux présentateurs. Ces questions sont rapportées ci-dessous :

Question 1 : Etant donné la variabilité spatiale des précipitations au Niger, la méthode des stations voisines utilisées pour combler les enregistrements manquants pour certaines périodes sur certaines stations synoptiques est-elle plus fiable que l'utilisation des bases de données de la NASA ?

Réponse : les sources de données utilisées pour alimenter les bases de données internationales sur les stations synoptiques du Niger sont les observations enregistrées par la DMN.

Question 2 : Pourquoi la présentation montre-t-elle seulement 2 variables (température et la pluviométrie) au lieu des six (6) variables prévues par l'étude ?

Réponse : les scénarios climatiques désagrégés réalisés pour chacune des 15 stations synoptiques de la DMN comportent bien l'ensemble des variables prévues dans l'étude (T min, T max, précipitation, humidité relative, vent, radiation).



Questions 3 : Pourquoi fonder le choix d'options d'adaptation sur la base du scénario pessimiste RCP 8.5 ?

Réponse : Il est fait l'hypothèse que les options d'adaptation adaptées au scénario d'évolution du climat le plus pessimiste seront également valables pour les scénarios intermédiaires. L'étude prévoit de privilégier des options d'adaptation de type « sans regret » i.e. valables quelle que soit l'évolution future du climat.

Question 4 : quelle est l'approche retenue pour choisir, pour chaque station synoptique, 5 modèles climatiques parmi les 29 que propose le GIEC ?

Réponse : la démarche scientifique suivie pour la descente d'échelle est la méthode AgMip, qui a été validée par la communauté scientifique internationale.

Question 5 : pourquoi l'étude ne représente pas d'indicateurs agro-climatiques clés pour la production agricole telle que l'évapotranspiration, le début et la fin de la saison des pluies, la durée des séquences sèches ?

Réponse : ces indicateurs peuvent aisément être déduits des variables décrites dans les projections climatiques au pas de temps journalier pour chaque station synoptique, qui sont en libre accès. Par ailleurs, un travail spécifique d'évaluation de l'impact des scénarios climatiques sur les rendements des cultures, sur les risques de dégradation des terres et sur la productivité en biomasse herbacée sera réalisé à partir des données climatiques.

Question 6 : en quoi les projections climatiques désagrégées sur des stations synoptiques peuvent elle être utiles pour l'aide à la décision ?

Réponse : L'analyse de la « moyenne d'ensemble » des 29 modèles climatiques sur le Niger permet de faire ressortir des tendances d'évolution du climat aux horizons 2030 et 2050 en tout lieu du pays. De plus, les 15 zones agraires identifiées au Niger disposent toutes d'une station synoptique de proximité pouvant être considérée comme une référence pour l'ensemble de la zone, à l'exception notable toutefois de la zone pastorale. Les données issues de cette première étape seront mobilisées pour évaluer l'impact du changement climatique projeté sur les productions agro-sylvo-pastorales.

Question 7 : Quel processus pour valider scientifiquement ce travail ?

Réponse : les méthodes employées pour la production de scénarios climatiques désagrégés sont robustes scientifiquement et validées par la communauté scientifique internationale. Il est par ailleurs prévu la relecture du rapport technique par des scientifiques de la discipline.

3) Recommandations

Les échanges qui ont suivi les présentations ont également permis de faire ressortir des recommandations, en vue d'améliorer le travail déjà produit.



- Préciser en introduction les concepts techniques utilisés pour la bonne compréhension des résultats (rappeler par exemple ce qu'est une station synoptique, une trajectoire RCP, etc.) ;
- Incorporer les données historiques des stations climatologiques et agro-climatologiques de la DMN pour approfondir la désagrégation des scénarios de changement climatique ;
- Créer des stations synoptiques en zone pastorale afin d'en améliorer le suivi à long terme de cette zone ;
- Prendre des précautions dans l'interprétation des changements climatiques en précisant que l'augmentation prévue des précipitations s'accompagne pour certaines stations d'une diminution du nombre de jours de pluie (intensification des précipitations, avec épisodes secs possiblement plus longs) ;
- Prévoir l'impact des scénarios de changement climatique sur les inondations dans de prochaines études ;
- Travailler en synergie avec les autres acteurs cherchant à identifier des options d'adaptation face au CC (cas des projets AAP et PDIPC par exemple).

IV. Conclusion

La réunion a été clôturée par :

- un mot de la coordonnatrice régionale la Facilité Adapt'Action qui a tenu à remercier les participants pour leur disponibilité et leur intérêt pour le sujet présenté. Elle a également indiqué aux participants que les observations formulées seraient prises en compte dans le rapport technique final qui sera communiqué au comité de pilotage *ad hoc* de pilotage et de suivi du processus SPN2A.
- un mot du SG du MESUDD qui a souhaité aux participants un bon retour dans leurs foyers respectifs.

