

**Compilation et analyse des
informations disponibles sur le
climat actuel et futur au
Niger et \ ou régional**

Première Version : Mars 2020

Par ordre de :

Programme des Nations Unies pour le Développement

Auteur :

Nils Hempelmann

Consultant International

info@nilshempelmann.de

Edition linguistique :

Nathalie Bianchi

Institut Destination Langues

www.destinationlangues.com

nathalie.bianchi@destinationlangues.com

Résumé

Cette étude est une compilation des informations climatiques nécessaires pour préparer les analyses de vulnérabilité et les stratégies d'adaptation dans le cadre du plan national d'adaptation. Au début de la mission des entretiens ont été menés avec des personnes clés, ce qui a révélé que le Niger n'avait pas un accès suffisant à des informations climatiques de haute résolution. Ce rapport compile les données climatiques existantes et accessibles au public ainsi que le problème de leur taille, des formats de données inhabituels et des approches de leur analyse. Le rapport suit quatre axes des recommandations :

- **Mise en place / amélioration du stockage des données sur place au Niger**

Les données climatiques CORDEX qui sont dans la production et coordination des PMRC sont recommandées. Pour faciliter l'analyse d'un ensemble de données par les experts nigériens une base de données CORDEX couvrant le Niger doit être physiquement présente et accessible à Niamey. Cet axe de recommandation inclue des formations appropriées à destination des experts en base de données.

- **Evaluations des signaux de changement du climat**

Concernant le traitement des données, il est recommandé de se baser sur les données potentiellement stockées sur place, au Niger, avec ajustement des biais et dérivations des indices avec une approche multi-modèle et calculs de l'incertitude. Les recommandations incluent les lignes directrices du GIEC pour la visualisation des résultats d'évaluation des signaux de changement du climat. A titre d'exemple, le rapport présente également des évaluations préliminaires des données climatiques CORDEX à haute résolution (0.22°). Les données sont dans la résolution spatiale de la nouvelle génération de données climatiques, dont l'utilisation est recommandée pour les analyses d'impact et les études de vulnérabilité des secteurs. Elles portent sur les changements spatiaux - temporels de la température et des conditions de précipitation, les indicateurs de sécheresse et de chaleur et les principes généraux de l'analyse des données climatiques. De nombreuses propositions d'action pour le PNA sont présentées dans cette étude.

- **Utilisations des systèmes de traitement des données à distance.**

Ce rapport met l'accent sur les nouvelles technologies des services de traitement du web, qui sont également une grande opportunité pour des pays comme le Niger, n'ayant pas encore suffisamment accès à de grands centres de données climatiques. DMN, AGRHYMET et ADMAD ont déjà une expérience initiale et il est proposé pour la PNA d'appuyer leurs stratégies et de mettre en place un service climatique efficace avec des produits de données climatiques de haute qualité au Niger en appui des secteurs pour l'adaptation. Cet axe de recommandation inclue des formations appropriées pour les experts.

- **Mise en place / amélioration d'un service climatique**

En lien avec le plan de mise en œuvre du cadre national pour les services climatologiques du Niger les Services Climatiques ont pour objectif de transformer les données climatiques en informations utilisables par les experts des secteurs. Des services climatiques afin de produire des informations à la demande et de diffuser des méthodes et des supports de formations permettant aux décideurs et industriels d'élaborer des stratégies d'adaptation par l'interprétation des projections climatiques et des événements extrêmes.

Table des matières

1.	Introduction	8
1.1.	Cadre politique, institutionnel et juridique.....	11
1.2.	Acteurs en lien avec l'adaptation au changement climatique au Niger	13
1.3.	Services Climatiques	15
2.	Compilation des informations disponibles sur les changements climatiques.....	17
2.1.	Principe de modélisation du climat.	17
2.1.1.	Scenarii RCPs.....	18
2.1.2.	Modèles climatiques globaux.....	18
2.1.3.	Modèles climatiques régionaux.....	20
2.1.4.	Réanalyse météorologique	21
2.2.	Compilation des données climatiques accessibles couvrant le Niger	22
2.2.1.	Stockages et accès aux données climatiques.....	24
3.	Propositions pour accéder aux données climatiques à distance	27
3.1.	Comment résoudre le problème crucial de l'accès aux données climatiques	28
3.2.	Avantages généraux	29
3.3.	Concept technique du « Web Processing Service » traitement des données à distance.....	31
3.4.	Acteurs pour établir des services de traitements de données à distance	32
4.	Analyse des informations disponibles	36
4.1.	Etudes importantes en cours au niveau national et/ou régional	37
4.1.1.	Amélioration apportée par cette étude.....	40
4.1.2.	Données utilisées dans l'analyse de cette étude	42
4.2.	Analyse du climat actuel (réduit pour le Niger)	44
4.2.1.	Ajustement des biais.....	45
4.3.	Réanalyse du climat actuel du Niger	46
5.	Mise à jour des scenarii et proposition d'indices climatiques (réduits pour le Niger)	48
5.1.	Projection des indices climatiques	48
5.1.1.	Températures moyennes annuelles (tg-mean).....	49
5.1.2.	Somme annuelle des précipitations (precipitot)	50
5.1.3.	Journées consécutives de sécheresse (CDD).....	51
5.1.4.	Nombre de jours humides (wetdays).....	52
5.1.5.	Jours humides consécutifs (CWD).....	53
5.1.6.	Jours de plus fortes précipitations (rx1day)	54
5.1.7.	Somme maximale des précipitations sur 5 jours consécutifs (rx5day)	55
5.1.8.	Index d'intensité des précipitations (sdii)	56
6.	Lignes directrices.....	58
6.1.	Lignes directrices d'analyses de vulnérabilité et élaboration.....	59
6.2.	Lignes directrices pour la communication sur l'adaptation :	60
	Appendice	61

Figures

Fig. : 1 Relation entre les trois conventions de Rio et leurs objectifs.....	11
Fig. : 2 Cascade de données climatiques sur la résilience climatique du Niger	12
Fig. : 3 Logique de voies de concentration des gaz à effet de serre (RCPs).....	17
Fig. : 4 Evolution de la quantité des données climatiques accessibles au public	19
Fig. : 5 Résolution de l'échelle des données de sortie des MCG.....	19
Fig. : 6 Réduction de l'échelle des données de sortie d'un MCG produit avec une MCR.	21
Fig. : 7 Régions CORDEX qui couvrent le Niger.....	23
Fig. : 8 Centres de données climatiques fédérés	25
Fig. : 9 Bande transporteuse de l'affinement des données des informations climatiques	27
Fig. : 10 Le fonctionnement des WPS s'appuie sur l'architecture Client / Serveur	31
Fig. : 11 Proposition de Système d'informations de services climatique à plusieurs niveaux	33
Fig. : 12 Chaîne de traitement des données pour les évaluations du changement climatique.	36
Fig. : 13 Réduction des données pour le Niger	44
Fig. : 14 Séries temporelles des modèles sans et avec ajustement des biais (optimisation).....	45
Fig. : 15 Précipitations et températures moyennes 1979-2016.	46
Fig. : 16 Schéma des impacts causés entre autres par le changement du climat	58

Sigles et abréviations

AAP.....	Africa Adaptation Programmme
ABN	Autorité du Bassin du Niger
ACMAD.....	Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement
AGRHYMET	Centre Régional Agriculture Hydrologie et Météorologie
AMIS.....	Système d'Information sur la Surveillance Agricole
AMMA.....	Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine
API	Interface de Programmation Applicative (ang.: Application Interphase)
BM	Banque Mondiale
C3S.....	Service Climatologiques Européen COPERNICUS sur le Changement Climatique
CC	Changements Climatiques
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CDD	Journées
CDN	Contribution Déterminée Nationale
CDS	stockage des données climatiques (angl. : Climate Data Store)
CILSS.....	Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CM4EW	Surveillance des cultures pour l'alerte précoce (anlg. :Crop Monitor for Early Warning)
CMIP	Projet d'intercomparaison des modèles couplés
CMSC.....	Cadre Mondial pour les Services Climatiques
CNCS	Cadre National pour les Services Climatologiques du Niger
CNEDD.....	Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable
CN-RACOM	Coordination Nationale des Radios communautaires au Niger
CNULCD	Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification
CORDEX	Expérience Coordonnée de Réduction d'Echelle au niveau Régional
CSIS	Climate Services Information Systems
CVC	Changement et Variabilité Climatiques
CWD	Jours humides consécutifs (angl. : Concecutive wet days)
DMN	Direction de la Météorologie Nationale
DNPGCCA	Bureau du Premier ministre Mécanisme National pour la Prévention et la Gestion des Catastrophes et des Crises Alimentaires
ECA&D.....	European Climate Assessment and Dataset
EESRI.....	Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
ESGF	Fédération du réseau du système terrestre
FAIR principes	ang. : findable, accessible, interoperable, reproduceable
GCF.....	Fonds vert pour le climat (angl.: Green Climate Fund)
GCM.....	General Circulation Model
GEO	Groupe d'observation de la terre (angl.: Group of Earth Observation)
GFCS.....	Global Framework of Climate Services
GFDRR	Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIZ.....	Coopération Allemande (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
GLO	Regards et perspectives sur les terres du Monde (angl. : Global Land Outlook)
INRAN.....	Institut National de la Recherche Agronomique du Niger
IPCC.....	International Panel on Climate Change
MCG.....	Modèles Climatiques Mondiaux

MCR.....	Modèle Climatique Régional
ODC.....	Open Data Cube
ODD.....	Objectifs de Développement Durable
OMM.....	Organisation Météorologique Mondiale
OMS.....	Organisation mondiale de la Santé
PANA.....	Programme d'Action National d'Adaptation
PDIPC.....	Projet de Développement d'Informations et de Prévisions Climatiques
PF.....	Point Focal
PIC-RS.....	Plan d'Investissement Climatique pour la Région du Sahel
PMRC.....	Programme Mondial de Recherche sur le Climat
PNA.....	Projet de 'Plan National d'Adaptation'
PNCC.....	Politique Nationale sur les Changements Climatiques
PNEDD.....	Plan National de l'Environnement pour un Développement Durable
pr Précipitations	
precip tot.....	Somme annuelle des précipitations
PromAP.....	Projet 'Promotion d'une Agriculture Productive
PSRC.....	Programme Stratégique pour la résilience climatique du Niger
RCP....	voies de concentration des gaz à effet de serre (angl. : Representative Concentration Pathway)
RRC.....	Réduction des Risques Climatiques
rx1day.....	Jours de plus fortes précipitations
rx5day.....	Somme maximale des précipitations sur 5 jours consécutifs
SFR-RACINES	Structure Fédérative de Recherche "Résilience des Agroécosystèmes face au Climat et Intensification Ecologique au Sahel
SISC.....	Système d'Information sur les Services Climatiques
SMHI.....	Institut Météorologique et Hydrologique Suédois
SNPA.....	Stratégie Nationale et son Plan d'Action
tas.....	Température de 2m
TCN.....	Troisième Communication Nationale
TdR.....	Termes de Référence
tg-mean.....	Températures moyennes annuelles
W/m2.....	Watts per square meter
WCRP.....	World Climate Research Program
wetdays.....	Nombre de jours humides
WPS.....	Traitement des données à distance (ang. : Web Processing Service)

1. Introduction

Le Niger est l'un des pays situés dans la zone du Sahel la plus exposée aux effets néfastes des changements climatiques. Les inondations, la sécheresse et d'autres événements météorologiques extrêmes plus fréquents, au-delà des développements négatifs tels que la déforestation, la dégradation des terres ou même l'augmentation de la population humaine, posent au Niger un défi majeur. C'est pour cette raison que le Niger a ratifié la CCNUCC et les accords et recommandations s'y rapportant et se voit contraint d'élaborer un 'Plan National d'adaptation' (PNA). Dans ce contexte le Niger a élaboré, entre autres, le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) pour réaliser au niveau local les accords et décisions internationaux dans le cadre de la CCNUCC.

Ainsi, depuis 1990, le gouvernement du Niger a cherché à répondre aux conséquences des changements climatiques sur son développement. Il a adopté plusieurs documents stratégiques tels que le Plan National de l'Environnement pour un Développement Durable (PNEDD), la Stratégie Nationale et son Plan d'Action en matière de Changements et Variabilité Climatiques (SNPA/CVC), la Politique Nationale sur les Changements Climatiques (PNCC) et le PANA. Il a soumis sa Troisième Communication Nationale (TCN) à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et sa Contribution Déterminée au niveau National (CDN) en 2016. Cependant les changements climatiques continuent d'être vus comme un problème sectoriel et doivent être plus intégrés dans tous les processus de planification du développement.

Afin d'assurer l'intégration des changements climatiques dans les processus de planification à moyen et long termes, le gouvernement du Niger a lancé le processus de formulation et de mise en œuvre de son PNA en mai 2014 avec l'appui financier du Fonds Vert pour le Climat (FVC), à travers le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Le projet est intitulé « faire progresser la Planification et la Budgétisation de l'Adaptation à moyen et longs termes au Niger ». Ce projet vise à éliminer les barrières principales et à compléter les activités de renforcement des capacités en cours en matière de prise en compte des changements climatiques dans la planification et la budgétisation du développement à tous les niveaux.

Les stratégies sont élaborées, coordonnées et réalisées par le Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD). Cette étude est, dans le contexte du projet de PNA, cofinancée

par le Canada et le PNUD. Une série d'études sont planifiées pour élaborer une mise à jour du PNA. Ce rapport est le résultat de la mission ciblée sur '**la compilation et l'analyse des informations disponibles sur le climat actuel et futur au Niger et ou régional - Niamey, NIGER**'.

Cette étude, centrée sur les données climatiques qui couvrent le Niger, sont disponibles pour une utilisation ouverte et gratuite pour des objectifs scientifiques ou même commerciaux. L'étude montre qu'il y a beaucoup de données disponibles mais elles sont stockées dans les grands centres de données climatiques des pays développés. Comme les données climatiques sont très volumineuses et que la bande passante Internet du Niger n'est pas suffisante pour un téléchargement, l'étude contient un chapitre consacré à la manière d'obtenir à l'avenir des informations climatiques de haute qualité, spécifiquement pour le Niger, malgré l'absence de conditions techniques suffisantes.

Extraits de termes de référence (TdR) de cette mission :

Duties and Responsibilities

Sous la responsabilité et supervision directe du coordinateur du projet en étroite collaboration avec le SE/CNEDD, le/la consultant(e) aura comme missions de faire la compilation et l'analyse des informations disponibles au niveau national et régional sur le climat actuel et futur.

De façon spécifique, il s'agit pour le/la consultant (e) international (e) de:

- *proposer des scénarios réduits à partir de scénarios ouest-africains;*
- *Mettre à jour les informations climatiques si nécessaire;*
- *mettre à jour les scénarii climatiques identifiés;*
- *faire des propositions de recommandations si nécessaires;*
- *produire le rapport de l'étude;*
- *présenter le rapport de l'étude à l'atelier de validation;*
- *finaliser le rapport après l'atelier de validation.*

La mission sera suivie d'autres études consécutives sur les effets néfastes des Changements Climatiques (CC), elle constitue donc la base des études qui en découlent.

Citer des TdR :

Les résultats suivants attendus de l'étude sont:

- *les études et les scénarios produits dans le cadre de la Troisième Communication Nationale, le Programme Africain*

- *d'Adaptation et tout autre exercice national et ou régional dans le domaine des changements climatiques (CDN, PPCR, etc.)*
- *sont analysés;*
- *des scénarios réduits à partir de scénarios ouest-africains sont proposés;*
- *les informations climatiques collectées et mises à jour;*
- *les scénarii climatiques identifiés sont mis à jour;*
- *le rapport de l'étude est élaboré.*

Comme il n'y avait pas de base de données disponible dans le cadre du projet, cette étude a été préparée en utilisant des données téléchargées des archives de la « Fédération du réseau du système terrestre » (ESGF) avant le début de la mission en Europe (région de haute bande passante.). Par manque de temps, cette étude ne montre donc que des principes d'analyse des données climatiques. Pour obtenir des résultats plus fiables, il est nécessaire de procéder à d'autres analyses scientifiques.

Les analyses préliminaires des données climatiques concernant les variabilités des changements du climat seront intégrées dans le PNA. L'étude montre la caractéristique des données climatiques et leurs informations. Elle expose la situation, à savoir, qu'il y a de nombreuses informations climatiques disponibles mais compte tenu du volume des données et leur stockage dans les pays développés, elles sont très difficiles d'accès pour les experts des données du Niger. La faible bande passante renforce la problématique d'accès aux informations. Donc, le présent rapport se concentre, entre autres, sur la problématique d'accès aux données et sur la façon de générer des informations sur le Niger même si les données sont stockées dans les archives distribuées et stockées à distance.

L'étude propose de suivre les lignes directives et les méthodologies d'interprétation des projections des changements du climat centrés sur la vulnérabilité et les opportunités des différents secteurs. Seule l'interprétation des vulnérabilités et des opportunités permet de développer des stratégies d'adaptation locales dans le cadre du Programme de Changements et Variabilité Climatiques. Etant donné que l'élaboration du PNA est proposée par les instruments internationaux de politique climatique, l'étude suivra les conventions internationales par exemple les recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, angl. : International Panel on Climate Change IPCC).

1.1. Cadre politique, institutionnel et juridique

La planification et la mise en œuvre **de l'adaptation** dans les pays se font dans le **cadre du PNA** qui contient les processus et formulations de mise en œuvre du PNA. Comme les pays élaborent des PNA, ils sont en mesure d'aligner leur mise en œuvre sur les programmes nationaux du Fonds vert pour le climat (angl. : Green Climate Fund [GCF](#)) pour accéder au financement dudit fonds.

Les **CDN** constituent le rapport national à l'Accord de Paris qui communique principalement l'ambition des pays en matière **de mitigation** (réduction des émissions de gaz à effet de serre), mais les pays peuvent également communiquer leurs priorités / activités d'adaptation telles que proposées dans les PNA. À l'avenir, les pays pourront soumettre ces informations sur l'adaptation dans le Registre des CDN, la communication sur l'adaptation. Pour assurer la continuité et la flexibilité, les pays soumettent leurs 'Communications sur d'Adaptation Nationale' comme un document autonome, comme le PNA ou en conjonction avec la CDN.

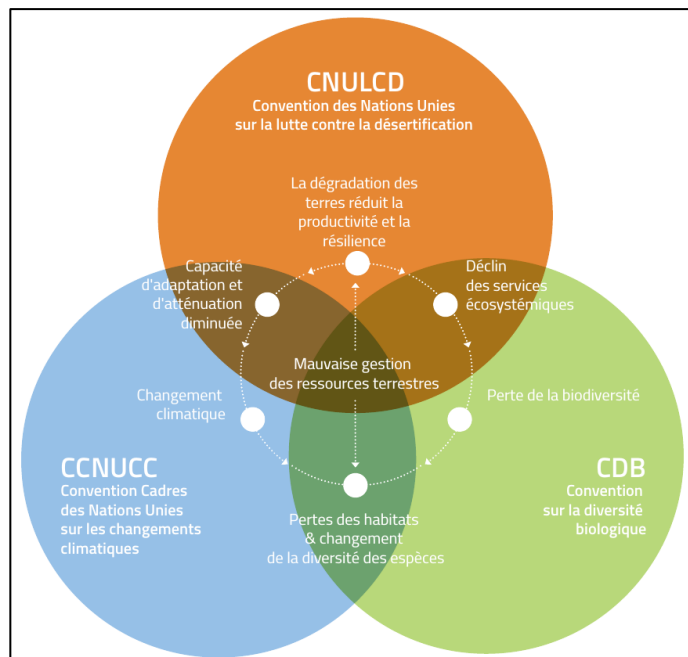


Fig. : 1 Relation entre les trois conventions de Rio et leurs objectifs. (Source : CNULCD REGARDS : PERSPECTIVES SUR LES TERRES DU MONDE Version révisée de la première édition

Pour simplifier, les pays évaluent les besoins/priorités d'adaptation et élaborent des plans, et, si possible, mettent en œuvre les processus PNA, puis en font périodiquement rapport au Groupe Ad-hoc de l'Accord de Paris avec des CDN et des Communications sur l'Adaptation Nationale. Donc deux sorties, mais avec des utilisations finales très différentes ; la CDN à l'AP comme soumission formelle, le PNA orienté vers la mise en œuvre. Le Niger est placé sous la même structure, qui assurera la cohérence et évitera de devoir coordonner deux processus différents.

Le Niger est par conséquent contraint d'élaborer des stratégies d'adaptation aux changements climatiques (processus différents adaptation/PNA et mitigation/NDC) et est également responsable de leur réalisation et de leur mise en œuvre avec l'aide de la communauté internationale.

Dans ce contexte, le Niger a réalisé des plans stratégiques régionaux et nationaux qui ont été mis en place, notamment le Plan National de l'Environnement pour un Développement Durable (PNEDD), la Stratégie Nationale et son Plan d'Action en matière de Changement et Variabilité Climatiques (SNPA/CVC), la Politique Nationale sur les Changements Climatiques (PNCC) et le PANA. Pour soutenir les rapports au niveau international, la compilation et l'analyse des informations sont orientées selon la « Troisième Communication Nationale » (TCN) de la CCNUCC et la Contribution Déterminée au niveau National (CDN).

Il y a des processus similaires dans le contexte des autres conventions internationales. La Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification (CNULCD) et la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) sont en relation avec la CCNUCC (Fig. : 3) et leur stratégies sont harmonisées par le CNEDD.

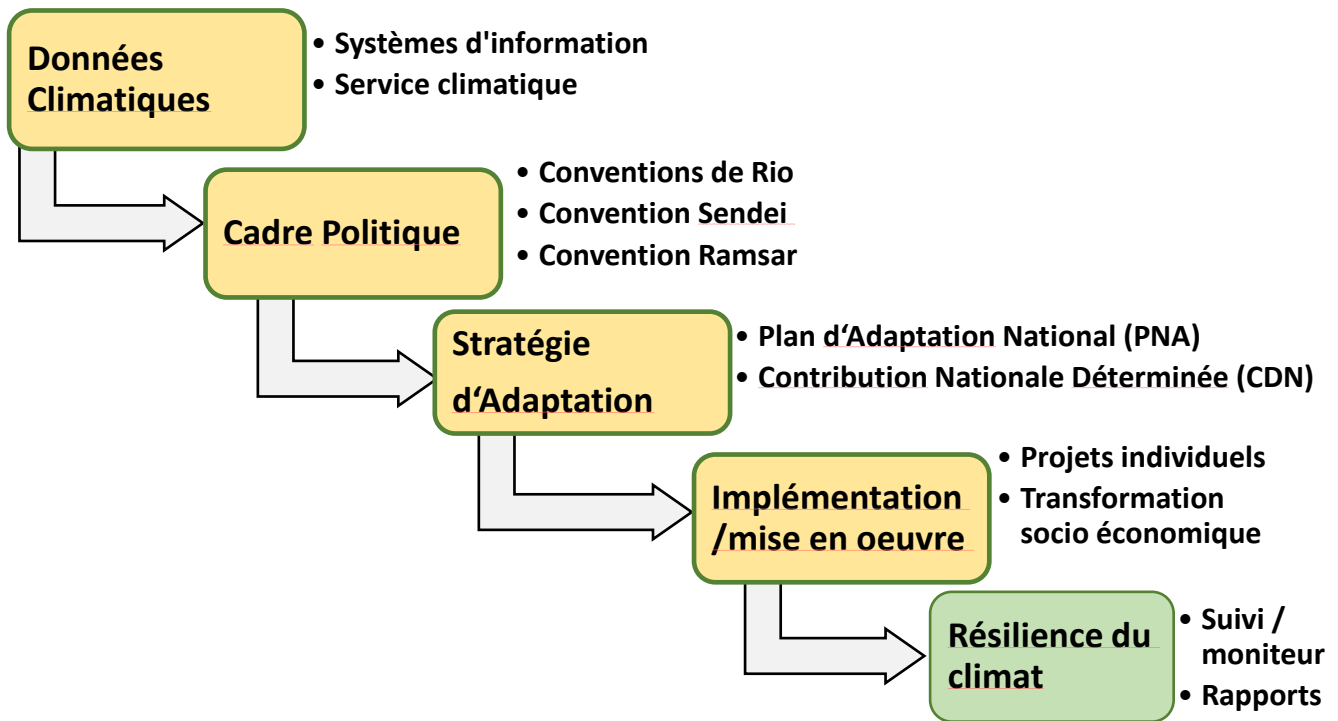


Fig. : 2 Cascade de données climatiques sur la résilience climatique du Niger

En outre, la Convention de Ramsar et la convention cadre de Sendai doivent également être évoquées car elles donnent lieu à des mesures d'adaptation qui peuvent être mentionnées dans les communications d'adaptation.

Le CNEDD concentre tous les aspects des différentes conventions et leurs agendas dans le PNEDD qui comporte six programmes prioritaires. Le projet PNA centré sur l'adaptation aux changements climatiques est l'un de ces six programmes. Leur mise en œuvre est plus qu'impérative pour assurer un développement durable au Niger. Les plans de stratégies et leurs rapports périodiques / annuels qui sont en lien avec les informations climatiques contiennent une part essentielle des données climatiques pour l'élaboration des cadres politiques ou pour faire une mise à jour de leurs plans stratégiques. Cette étude appuie donc la première étape pour réaliser la résilience climatique durable du Niger (Fig. : 2).

1.2. Acteurs en lien avec l'adaptation au changement climatique au Niger

Ce paragraphe ne prétend pas être exhaustif et se fonde sur les informations tirées des entretiens menés dans le cadre de l'élaboration de l'étude

En ce qui concerne les organisations, institutions et personnes au Niger intervenant directement ou indirectement sur la problématique de l'adaptation aux changements climatiques, il convient de mentionner en premier lieu le 'Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD) dont le Secrétariat Exécutif est le Point Focal (PF) des trois conventions (CCNUCC, CNULCD et CDB) avec le mandat, entre autres, de coordonner, représenter et défendre les stratégies de développement durable du pays dans les négociations internationales. L'un des projets les plus importants dans le **cadre politique** de la lutte contre le changement climatique est le projet PNA.

Le ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable; le Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage; le Ministre du Plan avec son 'Programme Stratégique pour la

résilience climatique du Niger ([PSRC](#)), le CNEDD; la Direction de la Météorologie Nationale et bien d'autres structures nationales gèrent étroitement les questions de changements climatiques.

Le Dispositif national pour la prévention et la gestion des catastrophes et des crises alimentaires ([DNPGCCA](#)), comprend un département de coordination de la Plateforme Nationale de réduction des risques climatiques (RRC) à travers le système d'alerte précoce. L'[amélioration des services d'alerte précoce](#) est appuyé par la « Dispositif mondial pour la réduction des risques de catastrophes et de relèvement » (angl. : 'Global Facility for Disaster Reduction and Recovery ([GFDRR](#))' financé par la Banque Mondiale ([BM](#)).

Toujours dans le cadre politique mais plutôt avec un focus **sous-régional**, au-delà des frontières du Niger, il y a le groupe de travail conjoint de la commission climat du Sahel (13 pays, qui ont produit un « Plan d'Investissement climatique pour la région du Sahel » ([PIC-RS](#)) et au niveau international le projet alliance mondiale contre le changement climatique – régional. L'Autorité du Bassin du Niger ([ABN](#)), avec les défis du bassin du Niger, est particulièrement en ligne. Plusieurs projets proviennent de l'ABN avec, entre autres, l'objectif d'améliorer la capacité d'adaptation des populations aux changements climatiques. Le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel ([CILSS](#)), spécialement centré sur la sécheresse, a été créé le 12 septembre 1973 à la suite des grandes sécheresses qui ont frappé le Sahel dans les années 70. Il regroupe de nos jours 8 États côtiers (Bénin, Côte d'Ivoire, Gambie, Guinée, Guinée-Bissau, Mauritanie, Sénégal, Togo), 4 états enclavés (Burkina Faso, Mali, Niger, Tchad) et 1 état insulaire (Cap Vert).

Au-delà du cadre politique il y a le domaine **de la science** ciblé sur les phénomènes du changement du climat et son impact sur les écosystèmes mêmes ainsi que leurs conséquences socio-économiques. Les analyses du climat au Niger par rapport à l'impact du CC qui s'intéressent particulièrement aux effets sur l'agriculture sont également mises en œuvre par l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger ([INRAN](#)). Leurs recherches concernent les parasites et les maladies ainsi que la recherche d'espèces plus résistantes à la sécheresse. Sous la tutelle de l'institution publique du Centre National de la Recherche Scientifique du Niger, dépendant du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI) du Niger, on trouve la Structure Fédérative de Recherche "Résilience des Agroécosystèmes face au Climat et Intensification Ecologique au Sahel ([SFR-RACINES](#))" qui peut être considérée comme un consortium scientifique ouvert permettant l'échange de résultats, d'idées et d'expériences scientifiques entre les différentes institutions et organisations.

Les institutions scientifiques suivantes ainsi que les centres de données climatiques nationaux et suprarégionaux sont prédestinés à mettre en œuvre les services climatiques.

1.3. Services Climatiques

Comme la science du climat est étroitement liée au traitement de très grandes données, il existe plusieurs applications techniques pour générer des informations climatiques. Un lien étroit entre la science, la technologie et la politique est nécessaire pour parvenir des informations scientifiques de base aux données sur la résilience climatique du Niger. On appelle cette transformation des informations scientifiques à une restitution sous une forme utilisable, dans le cadre politique entre autres, '**les services climatiques**'. Ces derniers fournissent des informations sur le climat de manière à aider les individus et les organisations à prendre des décisions.

Ces services nécessitent un engagement approprié ainsi qu'un mécanisme d'accès efficace et doivent répondre aux besoins des utilisateurs. Selon les besoins de l'utilisateur, les données climatiques et les produits d'information peuvent être combinés avec des données non météorologiques, telles que la production agricole, les tendances sanitaires, la répartition de la population dans les zones à haut risque, les cartes routières et d'infrastructures pour la livraison des marchandises et d'autres variables socio-économiques.

Afin de faire profiter les utilisateurs finaux des avantages de la science du climat, L'Organisation Météorologique Mondiale ([OMM](#)) a adopté en 2012 et publié en 2014 un plan de mise en place du Cadre Mondial pour les Services Climatiques ([CMSC](#) angl. : Global Framework of Climate Services [GFCS](#)). Les objectifs sont notamment de faire « progresser les principaux objectifs de développement mondiaux grâce à une meilleure fourniture d'informations climatiques » et d'intégrer l'utilisation des informations climatiques dans le processus décisionnel. Ses membres sont encouragés à mettre en place leur Cadre National pour les Services Climatiques.

Le Niger a élaboré et adopté en Janvier 2016 le 'Plan de mise en œuvre du cadre national pour les services climatologiques du Niger' ([CNCS](#)). Le Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement ([ACMAD](#)) dont la stratégie essentielle est la facilitation de l'accès aux données climatiques et leurs informations pour fournir des produits climatiques sur demande pour

le Niger et toute l'Afrique est également basé à Niamey/Niger.. L'accès aux données climatiques est tellement important que ce rapport a un chapitre dédié « Chapitre : 3. Propositions pour accéder aux données climatiques à distance». Le centre [AGRHYMET](#) chargé d'établir des services climatiques centrés sur la région du Sahel est lui aussi lié au domaine de la science.

Un aspect très important du Service climatique est **l'éducation** de la société civile. C'est pourquoi nous tenons à mentionner la radio communautaire, qui apporte une contribution importante à la diffusion des informations sur le climat. Les radios communautaires sont organisées par la Coordination Nationale des Radios communautaires au Niger ([CN-RACOM](#)).

Bien qu'il y ait déjà des activités existantes et que leurs réalisations soient en cours, les changements climatiques continuent avec un impact prévisible sur plusieurs secteurs. Par ailleurs, de nombreuses sources de données climatiques et non climatiques sont apparues entre-temps. En outre, les nouvelles méthodes et outils de traitement des données permettent d'obtenir des informations même dans des régions où les connexions internet et leurs bandes passantes sont faibles.

Recommandations pour le PNA:

- Concertation des stratégies des différentes institutions, de l'international au niveau local.
- Harmonisation du PNA / CDN avec les autres conventions cadres telle que CCNUCC et Sendai
- Etablissement des Service Climatiques du Niger en échange international (Stratégie CNCS)

2. Compilation des informations disponibles sur les changements climatiques

Les données et scénarios climatiques de nouvelle génération de modélisation climatique par rapport au sixième cycle du rapport de GIEC sera la première base de la compilation et analyse des informations disponibles sur le climat actuel et futur au Niger et \ ou régional. Les données proviennent des projets internationaux 'Projet d'intercomparaison des modèles couplés (CMIP)' pour les données globales et de la 'l'expérience coordonnée de réduction d'échelle au niveau régional (CORDEX) pour les données régionales (CORDEX AFR-44/ AFR-22). De plus on compilera les données supplémentaires existantes et fera l'estimation de la valeur d'usage.

2.1. Principe de modélisation du climat.

Les scénarii du climat pour le futur proposé par le GIEC sont les scénarii d'évolution du climat. Le climat est influencé, entre autres, par la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, donc quatre différents scénarii représentatifs des émissions de gaz à effet de serre sont dérivés des bases de prédiction d'évolution socio-économiques globales (Fig. : 3). Selon le scénario, le climat correspondant est calculé mathématiquement et réalisé jusqu'à l'année 2100 dans les centres de calculs climatiques. Ces calculs prennent en compte toutes les propriétés physiques connues de l'atmosphère.

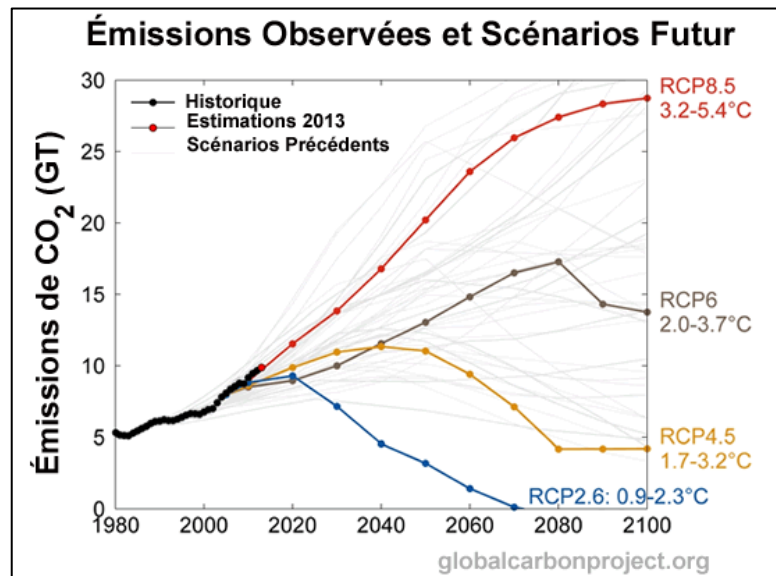


Fig. : 3 Logique de voies de concentration des gaz à effet de serre (RCPs)

2.1.1. Scenarii RCPs

À partir du cinquième rapport du GIEC ([IPCC AR5 2014](#)), on peut distinguer quatre scénarios des voies de concentration des gaz à effet de serre (angl. : Representative Concentration Pathway RCP). Les RCPs représentent le forçage radiatif et sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100 relative à la période de référence. Les quatre scenarii sont représentatifs pour les hypothèses :

- Scénario optimiste (RCP 2.6) :

Mitigation rapide et immédiate, mise en œuvre de l'Agenda 2030 et de ses Objectifs de Développement Durable (ODD), Mise en œuvre absolue de l'Accord de Paris et de ses contributions nationales déterminées. Dans ce scenario, le forçage radiatif va « seulement » augmenter de 2.6 W/m² jusqu'à la fin du siècle.

- Scénario pessimiste (RCP 8.5) :

En contraste avec le RCP2.6, le RCP8.5 représente l'hypothèse que tous les cadres politiques ne se réaliseront pas et que l'évolution socioéconomique se développera sans réduction d'émission de gaz à effet de serre. Le Scenario 8.5 correspond à un forçage de +8.5 W/m² jusqu'à la fin du siècle.

En addition, il y a également deux scénarios modérés (RCP 4.5 correspondant de 4.5 W/m² et +6.0 W/m² de RCP 6.0), représentatifs d'une mise en œuvre partielle de la mitigation. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

2.1.2. Modèles climatiques globaux

Basés sur les hypothèses des RCPs, les modèles climatiques globaux (MCG) ou modèles de circulation générale (anglais : General Circulation Model (GCM) sont la modélisation de la dynamique **de l'atmosphère entière (mondiale!)** incluant toutes les équations du physique de l'atmosphère, notamment une sphère en rotation ainsi que sur des équations d'équilibre de la thermodynamique pour inclure les sources d'énergie (rayonnement, changement de phase). Ceci permet de simuler à la fois la circulation atmosphérique mais aussi la circulation océanique. Il y a plusieurs MCG atmosphériques et océaniques qui sont développées par différents groupes de recherche scientifique.

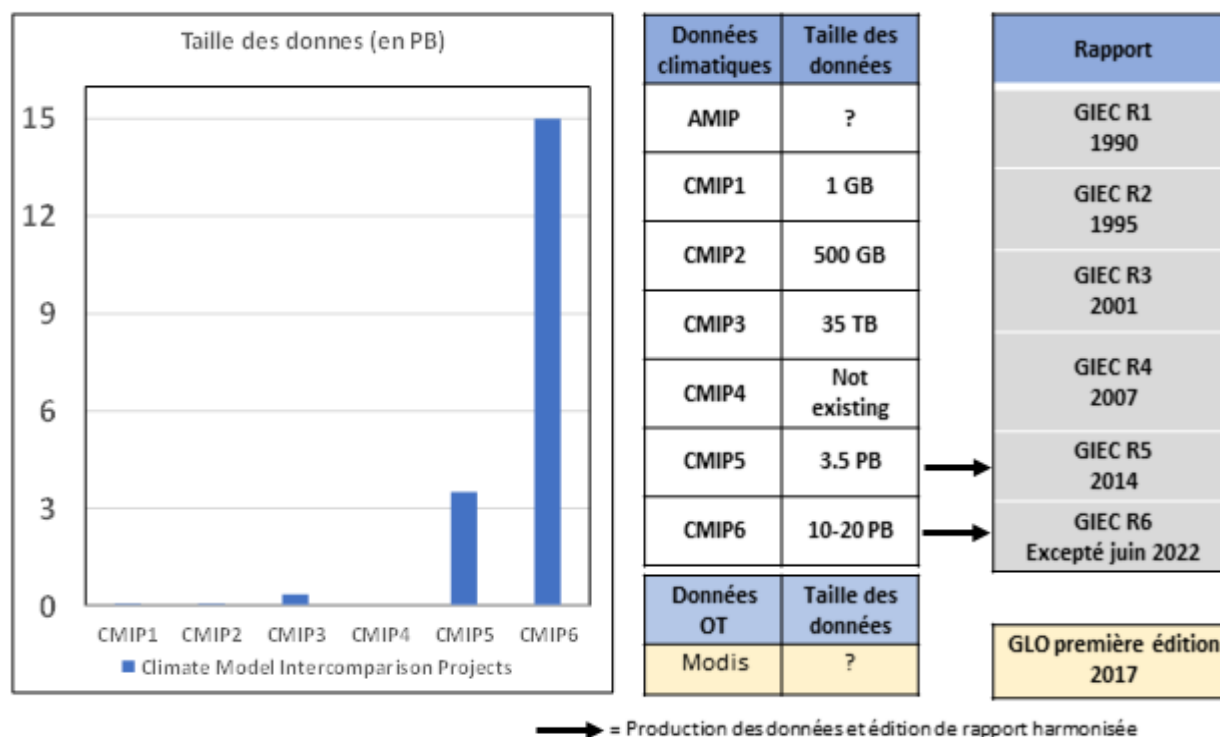


Fig. : 4 Evolution de la quantité des données climatiques accessibles au public

La plupart des modèles ont une performance acceptable et leur mise au point consiste en une prise en compte de tous les modèles comme un ensemble et à analyser leur comparaison (section 4 Analyse des informations disponibles). La combinaison des modèles atmosphériques et océaniques a été réalisée pour la première fois en 1990 dans le projet CMIP.

Leurs données de sortie et résultats des analyses a été la base du premier rapport de GIEC ([IPCC AR1](#)). Ces équations sont ensuite codées pour être utilisées par des superordinateurs dans les centres de

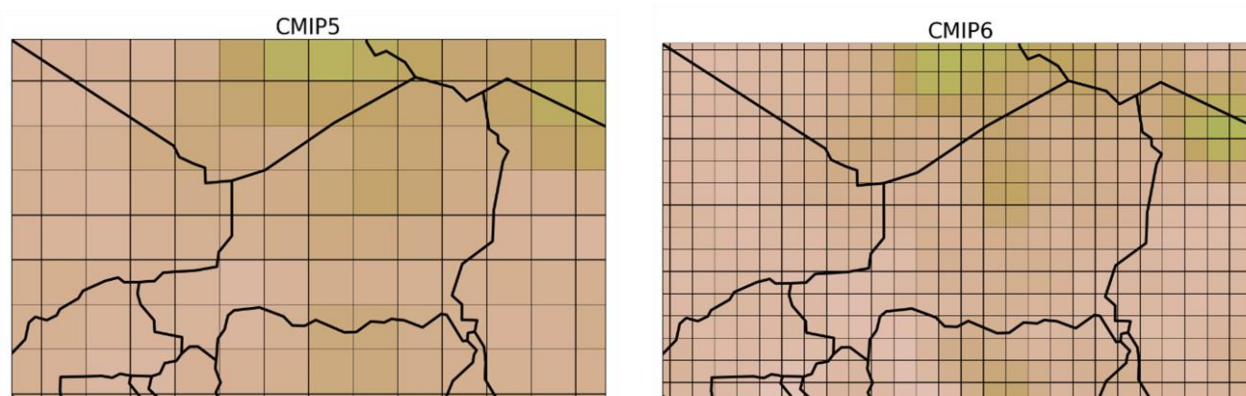


Fig. : 5 Résolution de l'échelle des données de sortie des MCG. Ils constituent la base du rapport du GIEC

données climatiques. A partir du premier CMIP, les modèles ont été continuellement améliorés, de nouvelles données climatiques ont été produites et même les rapports du GIEC ont été mis en œuvre. En lien avec l'amélioration des modèles et les superordinateurs, la quantité de données augmentent aussi drastiquement (Fig. : 4). On peut observer le même développement par rapport aux données satellitaires. Sur la base des données satellitaire, la première édition de « Regards et perspectives sur les terres du Monde » (angl. : Global Land Outlook GLO) a été publiée en 2017.

Actuellement on est dans la génération CMIP6. Les données climatiques globales CMIP6 sont déjà accessibles et le rapport du GIEC est en train d'être rédigé ([publication prévue pour juin 2022](#)).

2.1.3. Modèles climatiques régionaux

L'une des limites principales des modèles de circulation générale est la résolution horizontale assez grossière (Fig. : 5). Pour la planification pratique de questions locales telles que l'adaptation spécifique de leurs différents secteurs, notamment les ressources en eau ou la protection contre les inondations, les pays ont besoin d'informations à une échelle beaucoup plus locale que ce que les MCG sont en mesure de fournir. Les modèles régionaux offrent une solution à ce problème. La technique s'appelle '*downscaling*', et on réduit l'échelle avec un modèle climatique régional (MCR) en utilisant des données de sortie d'une MCG (Fig. : 6).

Les modèles climatiques régionaux (MCR) fonctionnent en augmentant la résolution du MCG dans une zone d'intérêt réduite et limitée. Une MCR peut couvrir une zone de la taille d'un continent comme l'Europe ou de l'Afrique, les tailles plus petites sont également réalisables. Le climat calculé par le MCG (leurs données de sortie) est utilisé comme entrée aux bords du MCR pour des facteurs tels que la température et le vent. Les MCR peuvent alors résoudre les impacts locaux en tenant compte des informations à petite échelle sur l'orographie (hauteur des terres) et l'utilisation des terres, en donnant des informations météorologiques et climatiques à des résolutions aussi fines que 50 ou 25 km.

Comme il existe plusieurs MCGs, il existe également plusieurs MCRs et toutes les combinaisons MCG-MCR sont possibles. Fondé par le programme mondial de recherche sur le climat (PMRC, angl.: World Climate Research Program (WCRP)) on coordonne les efforts internationaux en matière de réduction d'échelle des données de sortie de MCG dans le cadre de CORDEX. En contraste des nombreux projets scientifiques qui produisent également des données, les données CORDEX ont un format standardisé et sont accessibles au public (section 2.2.1 Stockages et accès aux données

climatiques). Il y a une liste de toutes les données disponibles pour le moment (fév 2020) dans l'appendice.

Pour les études d'impact de climat et l'interprétation de vulnérabilité des secteurs, ainsi que pour l'élaboration de stratégie d'adaptation, on a besoin d'informations climatiques, standardisées et à la demande. C'est la raison pour laquelle CORDEX est la meilleure base de données en ce qui a trait à l'adaptation au changement climatique. Et, au-delà, CORDEX est un projet qui fonctionne de façon continue et qui continue à produire de nouvelles données.

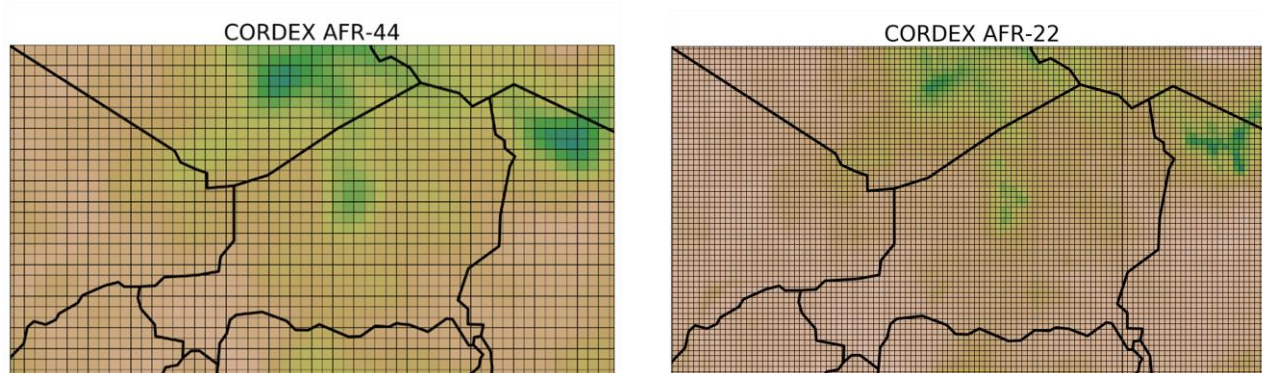


Fig. : 6 Réduction de l'échelle des données de sortie d'un MCG produit avec une MCR. Leurs données constituent la base de l'analyse d'impact et de vulnérabilité au niveau national

2.1.4. Réanalyse météorologique

La grande question des modèles de données est leur performance. Pour analyser la performance d'un modèle en comparaison avec « la réalité », il est nécessaire de comparer les données du modèle pour une période historique où les observations météorologiques sont existantes. Pour cela chaque réalisation des scénarios a aussi une réalisation historique et dans CMIP5 cette période est définie du 01.12.1949 au 31.12.2005. Le problème est que les modèles de données sont organisés selon une résolution spatiale régulière mais les observations sont des stations météorologiques ponctuelles. La technique de [réanalyse météorologique](#) est une interpolation respectant la dynamique de l'atmosphère (comme les modèles climatiques) pour générer des informations spatiales sur la situation météorologique. Les résolutions spatiales sont identiques aux échelles des MCG. Plusieurs centres à travers le monde font ce genre de réanalyses qui visent à uniformiser et corriger les données historiques afin de mieux pouvoir faire la prévision météorologique et l'étude des cas passés.

Dans le projet CORDEX, les données de réanalyse [ERA-INTERIM](#) des résolutions spatiales ont été réduites par les MCR pour obtenir une base de données ayant la même forme et échelle que les données de sortie de CORDEX. Ce sont les réalisations d'évaluation. La comparaison entre l'évaluation (réanalyse météorologique) et la réalisation historique (modèle climatique de la période passée) montre la performance des modèles. Il est recommandé d'ajuster la différence dans les données climatiques (Chapitre 4.2.1 Ajustement des biais).

2.2. Compilation des données climatiques accessibles couvrant le Niger

En ce qui concerne les analyses d'impact et de vulnérabilité, il est recommandé d'utiliser les données à haute résolution du projet CORDEX. CORDEX est organisé dans plusieurs régions spatiales et le Niger est couvert par les données de la [Région 5 'Afrique'](#) et la [Région 13 'Moyen-Orient et Afrique du Nord'](#) (Fig. : 7)

En général il y a trois groupes des données existantes (nomenclature de spécifications des données):

- **'historical'** : Période historique du 01.12.1949 au 31.12.2005
- **'rcp'**: Les scénarii RCP pour la période du 01.01.2006 au 31.12.2100
- **'evaluation'**: Réanalyse météorologique de la période de 1979 à 2016

Selon la logique de la réduction d'échelle, de nombreuses combinaisons de MCG et de MCR sont possibles. Toutes les possibilités ne sont pas réalisées et il existe aussi des différences de disponibilité des données entre les régions, les scénarios du RCP ainsi que la disponibilité des variables météorologiques ou leur résolution temporelle. Actuellement les réalisations CORDEX basées sur les données CMIP5 sont disponibles mais depuis la réalisation et la publication de CMIP6 en 2019, la nouvelle génération de CORDEX basée sur les nouvelles données CMIP6 est en cours de production et devrait être prochainement accessible au public à travers la ESGF.

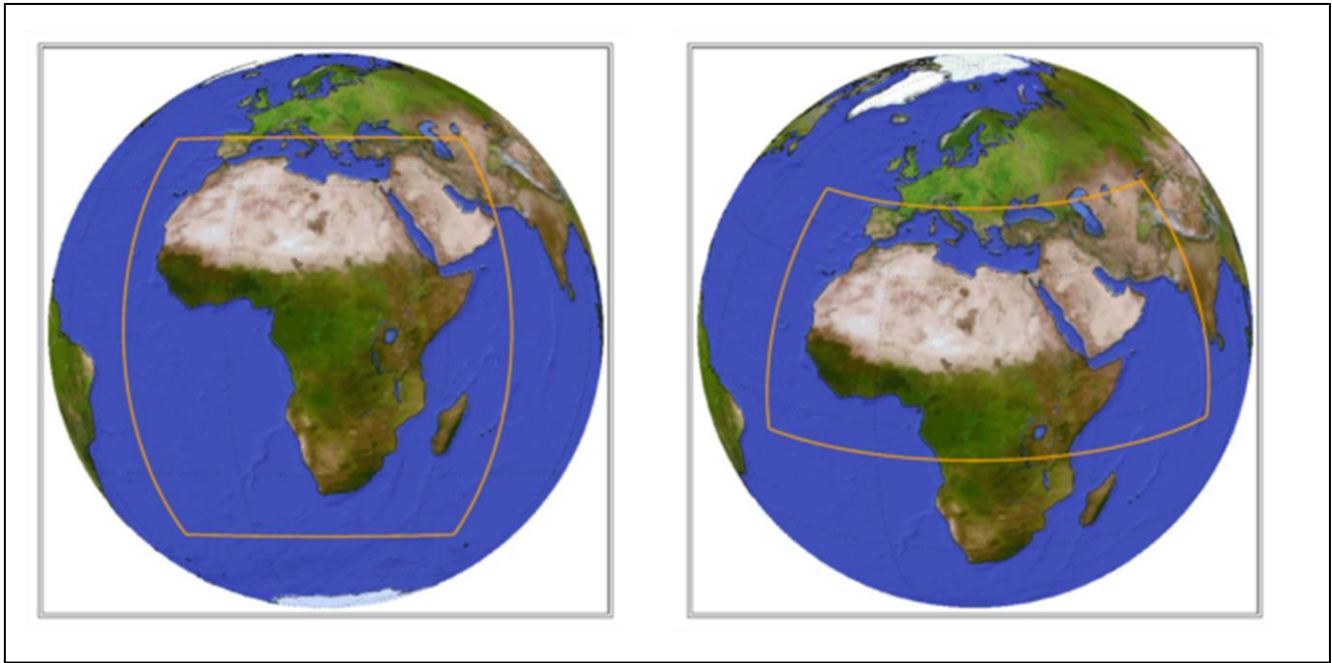


Fig. : 7 Régions CORDEX qui couvrent le Niger. Région 5 'Afrique' et Région 13 'Moyen-Orient et Afrique du Nord'

Les variables les plus importantes pour les études d'impact et la vulnérabilité sont

- Températures (tas)
- Températures minimum et maximum (tasmin, tasmax)
- Précipitations (pr)
- Vitesse du vent (ws)

Il existe davantage de variables intéressantes à utiliser pour la modélisation des impacts spécifiques

- CORE : 43 variables (mensuelles et saisonnières, ESGF/portails)
- TIER1 : 58 variables (quotidiennes, ESGF/portails)
- TIER2 : 16 variables (3 h) et 36 variables (6 h) : situées dans les centres de modélisation CORDEX et disponibles sur demande.

Une liste de toutes les variables disponibles et de leurs résolutions temporelles est compilée dans les spécifications d'archivage : https://is-enes-data.github.io/cordex_archive_specifications.pdf

Il y a une liste de toutes les données disponibles pour le moment (fév 2020) dans l'appendice.

!!! Attention, les données sont très volumineuses et difficiles à télécharger !!!

Le chapitre suivant propose une solution pour résoudre la difficulté d'accès aux informations climatiques à la demande.

2.2.1. Stockages et accès aux données climatiques

Les données sont stockées dans des centres de données climatiques basés dans les pays développés (Fig. : 8). L'accès aux données est organisé par les portails de ESGF qui gère un système mondial fédéré de ces centres de données. Les portails ESGF donnent accès aux résultats des modèles climatiques du projet CMIP3 et 5, depuis 2019 à la nouvelle génération de CMIP6 qui contribuent au prochain rapport d'évaluation du GIEC, depuis 2019 à la nouvelle génération de CMIP6 qui contribuent au prochain rapport d'évaluation du GIEC, ainsi qu'aux résultats de leurs réductions d'échelles réalisés par CORDEX. Comme les groupes scientifiques produisent continuellement de nouvelles données, des données supplémentaires sont attendues au sein de l'ESFG par exemple les réalisations des réductions d'échelles de nouvelle génération de données CMIP6.

Le téléchargement est possible avec un enregistrement, à partir de n'importe quel centre de données. Avec un enregistrement tous les centres de données et leurs données sont accessibles.

Plus d'informations : <https://esgf-data.dkrz.de/projects/esgf-dkrz/>

Actuellement CORDEX est en train de réaliser les **réductions d'échelle** pour l'Afrique avec les données de sortie de CMIP6 et une échelle de 25x25km (0.22°).

Dans les mois à venir, de nombreuses nouvelles données CORDEX à haute résolution de la nouvelle génération basé de CMIP6 seront publiés et disponibles à travers la ESGF.

Cette étude sur la compilation des informations climatiques disponibles n'est donc jamais terminée. Ce qui induit un changement de philosophie du travail qui passe de la compilation au suivi des informations et de leur évolution. Le Niger devrait être bien préparé à la nouvelle génération attendue de données CORDEX de haute résolution.



Fig. : 8 Centres de données climatiques fédérés qui permettent d'accéder aux plus grandes archives de données climatiques modèles du monde

Recommandations pour le PNA :

- (Bonne) Préparation du stockage pour la nouvelle génération de données CORDEX de haute résolution attendue.
 - Etablissement d'une base de données CORDEX hébergée physiquement par ex. au sein de ACMAD, AGRHYMET et DMN pour les variables principales (tas, tasmin, tasmax, pr, ws, etc.) de la région Niger. Pour contourner la faiblesse de la bande passante, les données pourraient être transportées via un disque dur.
- Formations des experts au traitement des données climatiques.

3. Propositions pour accéder aux données climatiques à distance

Dans le domaine de la protection de l'environnement, les décideurs sont de plus en plus contraints de respecter le cadre international et de fonder leurs décisions sur des données scientifiquement prouvées et actualisées. Mais la planification durable de l'environnement est rapidement liée à la manipulation d'une grande quantité de données dans des formats de données spécifiques à un domaine, stockées dans des archives de données non découvertes. Même s'il existe une forte volonté de la part des décideurs ou des institutions politiques de mettre l'accent sur un engagement effectif en faveur de l'action climatique, de la protection de la biodiversité ou de la neutralité de la dégradation des terres pour leur région, les responsables de la mise en œuvre sont souvent confrontés au dilemme du manque de connaissances scientifiques, de compétences en programmation, de puissance de calcul et d'espace de stockage au niveau local, ou simplement de l'insuffisance de temps pour fonder leur décision sur un ensemble de données de « technologies de pointe ».

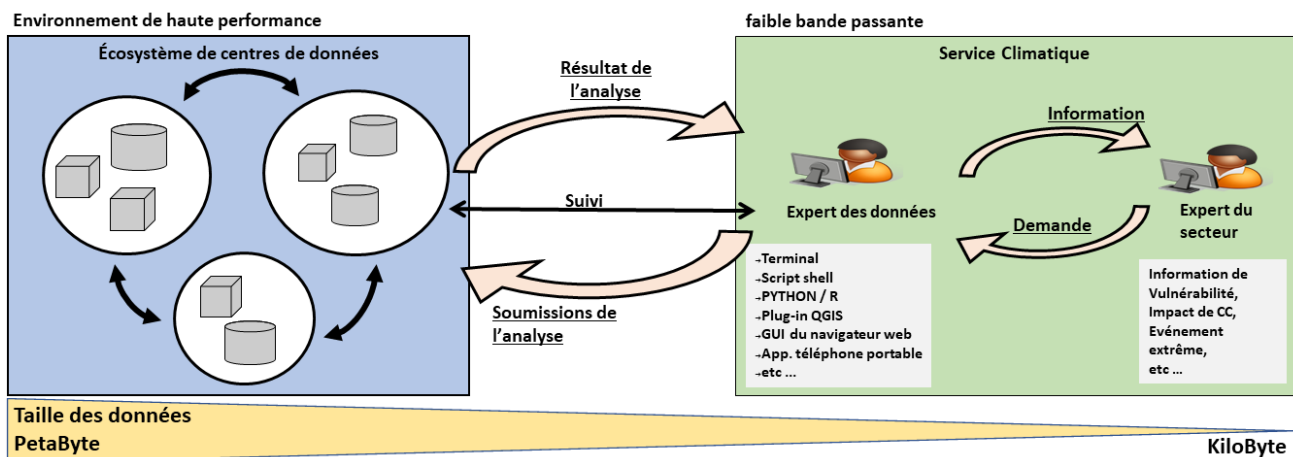


Fig. : 9 Bande transporteuse de l'affinement des données des informations climatiques de haute qualité

3.1. Comment résoudre le problème crucial de l'accès aux données climatiques

Même au sein de la communauté scientifique, il devient de plus en plus difficile de gérer la quantité croissante de données. De plus en plus de données de l'Observation de la Terre (OT) sont disponibles, ainsi que des données provenant de modèles climatiques pour les futurs scénarii des évaluations des changements climatiques. La prochaine génération de sorties de modèles climatiques mondiaux (données CMIP6 publié en 2019) aura une taille d'environ 100 pétaoctets. Ainsi, non seulement les décideurs sont confrontés à un dilemme, mais également les chercheurs. Dans ce cas, il est nécessaire de modifier la logique actuelle de recherche et de téléchargement des données pour effectuer des analyses à la maison ou au bureau. Le mécanisme d'analyse des données passe à une collecte par flux de traitement, où les données restent dans des centres de stockage au lieu d'être téléchargées, ce qui permet une analyse à la demande directement côté serveur.

Ce nouveau mécanisme d'analyse des données nécessite une instance de calcul proche de l'archive des données où tous les algorithmes (ou, si possible, les algorithmes les plus nécessaires) sont déployés et disponibles sous forme de services de traitement Web (Web Processing Service WPS). L'utilisateur, qu'il soit chercheur ou décideur, pourra alors sélectionner à distance le service requis et lancer le traitement des données à la demande sans avoir à faire face aux difficultés de traitement des données à la maison ou au bureau. L'utilisateur peut communiquer avec la plateforme web via une connexion internet sans avoir besoin d'une grande largeur de bande (Fig. : 9).

Ce nouveau mécanisme d'analyse des données, appelé traitement des données à distance (ang. : Web Processing Service WPS) offre de nombreux avantages, comme le montre la publication sur le portail européen C3S COPERNICUS pour les services liés aux changements climatiques :

- pas besoin de télécharger et de stocker de grands ensembles de données
- accès aux données de n'importe où
- possibilité d'effectuer facilement la même analyse pour plusieurs ensembles de données
- des mesures générées automatiquement pour indiquer la qualité des ensembles de données
- des commandes enregistrées pour rendre le travail reproductible
- des fonctionnalités prédéfinies pour réduire la charge de programmation
- une utilisation plus facile des données des modèles climatiques grâce à des outils adaptés à des secteurs spécifiques (agriculture, élevage, hydrologie, énergie etc. ...)

3.2. Avantages généraux

Le traitement à distance des ressources informatiques des centres de données côté serveur est une nouvelle étape dans la révolution du logiciel libre. Outre le partage des capacités des logiciels libres et en open source, le traitement côté serveur permet également le partage des cyber-structures informatiques et présente les avantages généraux des bonnes pratiques suivantes :

- ***Accès facilité et simplifié à la science***

Les services de traitement sont accessibles via une interface graphique conviviale (portail web) qui regroupe plusieurs services (dédiés aux données des modèles climatiques, aux données satellitaires, aux données de biodiversité, etc.) et peut relier plusieurs centres de données.

- ***Standardisation des données et des méthodes d'évaluation***

Comme les services fournis ne changent pas au sein de l'instance de calcul, les résultats sont toujours reproductibles avec une grande fiabilité. Cela permet d'uniformiser le traitement, qui est nécessaire pour les tâches de suivi (monitoring), les approches comparatives ou les mécanismes de rapport (reporting). C'est un moyen intelligent de garantir la cohérence et la fiabilité des études. Néanmoins, ils font partie d'un processus de recherche ou d'un processus politique. La standardisation des services permet à la fois la reproductibilité des études et la transparence requise par plusieurs recommandations juridiques internationales (par exemple l'Accord de Paris). Il est même possible de suivre l'historique complet d'un produit de données depuis la source des données brutes jusqu'au résultat final avec toutes les étapes intermédiaires impliquées (sous-ensemble, recoupement, fusion, etc.). Cette approche permet une reproductibilité complète des résultats et constitue donc une approche qui favorise les bonnes pratiques scientifiques et la traçabilité.

- ***Un partage des résultats et des algorithmes***

L'informatique centralisée du côté serveur des centres de données facilite la collaboration entre les chercheurs et la collaboration transfrontalière entre les décideurs. Il est également plus facile de collaborer à distance. Les infrastructures électroniques peuvent être considérées comme des services

qui sont centralisés en termes d'accès rapide à de grands pools de données, d'une part, et qui permettent un écosystème décentralisé de portails, d'interfaces côté client et de services adaptés aux besoins des utilisateurs finaux, et qui d'autre part, répondent aux différentes demandes des groupes d'utilisateurs. Il permet également le partage d'une expertise avancée par la mise en œuvre d'algorithmes. Une fois qu'un algorithme est développé et déployé en tant que service, il n'est pas nécessaire de réécrire la même approche, comme c'est le cas actuellement.

- ***Qualité élevée des produits et services de données***

La haute qualité du service est assurée par une évaluation régulière par les utilisateurs. A la situation actuelle de « un expert fait tout » on substitue une division et une spécialisation des tâches administratives et scientifiques ainsi que la programmation

Les grands centres de données centralisés sont souvent associés à un financement durable, d'une part, et à des procédures de conservation des données bien établies, d'autre part, qui garantissent l'accessibilité et la qualité des données. Par exemple, le centre des données climatiques (DKRZ) héberge le centre mondial de données sur le climat (WDCC) qui détient le « Data Seal of Approval » en tant que dépôt durable et fiable (<https://www.datasealofapproval.org/en/>). En tant que l'un des World Data Centers, les collections de données de la WDCC sont également exposées dans divers catalogues de données génériques et interdisciplinaires (par exemple EUDAT, WDS) souvent associés à des références de citations de données persistantes (DOI). Les services de traitement des données colocalisées peuvent profiter pleinement de ces procédures de conservation et de gestion des données dans ces centres.

- ***Avantages en termes d'économie***

Les coûts d'investissement sont considérablement réduits et le temps de travail devient plus économique.

3.3. Concept technique du « Web Processing Service » traitement des données à distance

Le terme technique de cette approche est « Web processing service » (WPS) et est une norme technique (concept WPS), proposée par l'OGC, dans laquelle les processus interopérables sont hébergés sur un serveur et accessibles via le web (

). Ces processus sont conformes à un format standardisé, ce qui garantit qu'ils suivent le principe de la conception réutilisable : ils peuvent être instanciés plusieurs fois pour différents arguments d'entrée ou différentes sources de données et personnalisés selon la même structure pour traiter de nouvelles entrées. En outre, ils sont modulaires et peuvent être combinés pour former de nouveaux processus plus complexes.

Par ailleurs, un WPS peut être installé à proximité des données pour permettre le traitement directement à partir des archives. Un WPS peut également être Web lié à une combinaison théoriquement illimitée de plusieurs autres WPS, ou à d'autres types de services OpenGIS (OWS). Le WPS divise l'opération entre le serveur et le client, avec une sécurité appropriée entre les deux pour éviter les abus.

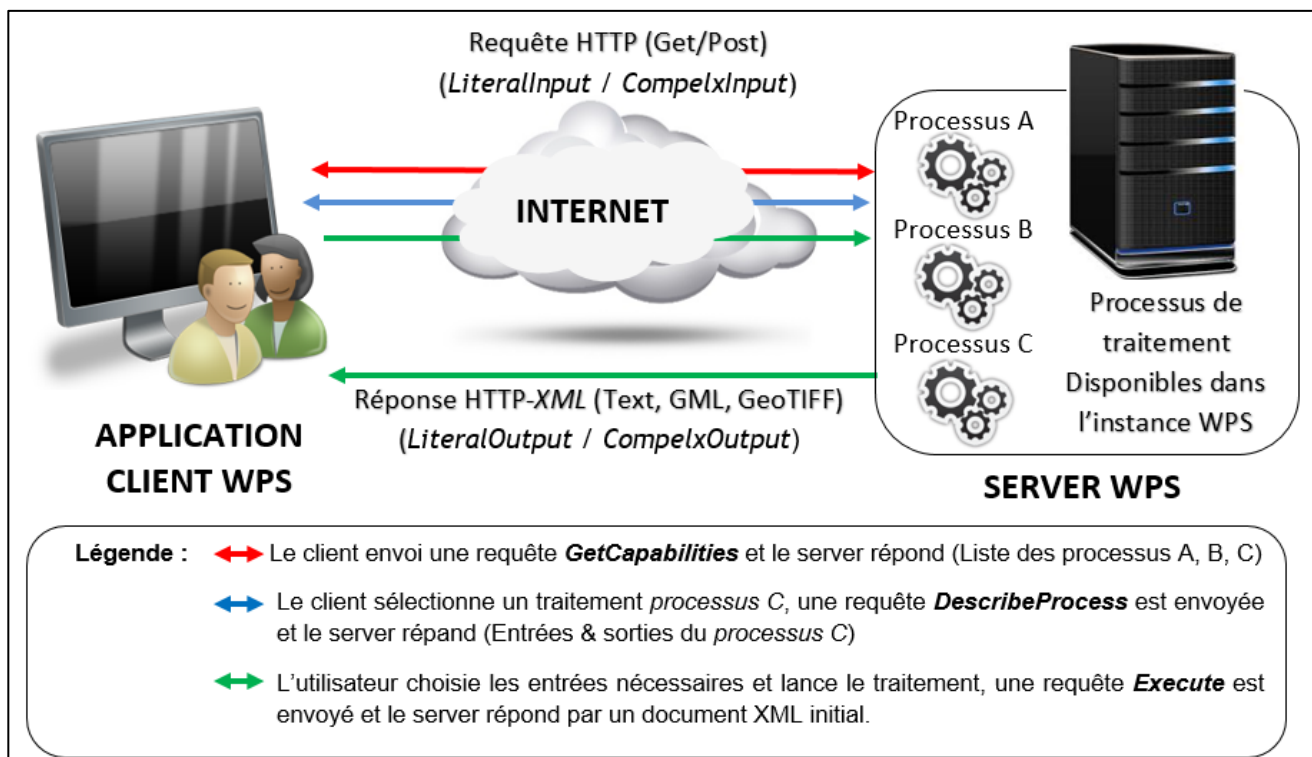


Fig. : 10 Le fonctionnement des WPS s'appuie sur l'architecture Client / Serveur (Source [Acrocampus](#))

Le WPS peut être présenté sous forme de paquets d'applications qui permettent à l'utilisateur d'accéder à un dépôt partagé (catalogue) d'artefacts exécutables. Le client peut alors demander au serveur de déployer automatiquement un service à la demande.

3.4. Acteurs pour établir des services de traitements de données à distance

Au niveau du traitement des données à distance, les approches suivent les orientations des recommandations publiées récemment par la CMSC, concernant **l'infrastructure du service climatique (CSIS)**, qui recommande la production, la mise à disposition, et l'utilisation des informations géospatiales dans le cadre des politiques nationales, régionales et mondiales. Sur la base informatique élaborée par 'l'Open Geospatial Consortium (OGC)' la standardisation technique de CSIS est fondée sur les solutions de l'OGC et certifiée par la fondation 'Open Source Geospatial (OS-GEO)'. Surtout dans les régions d'infrastructures limitées comme le Niger, l'accès aux données et informations climatiques représentent un grand défi, toutefois, avec les solutions au niveau informatique de l'OGC, l'accès aux informations à la demande est quand même possible.

À côté des centres de données on doit mentionner les nœuds de données en France, Allemagne et au Royaume-Uni, qui hébergent le stockage des données climatiques (angl. : Climate Data Store ([CDS](#))) déjà accessibles via un portail pour soumettre les analyses à distance. C'est une offre de services climatologiques européenne COPERNICUS sur le changement climatique ([C3S](#)). AGRHYMET, en coopération avec l'institut météorologique et hydrologique suédois ([SMHI](#)), a déjà établi un projet de coopération en utilisant du CDS (Section : 4.1 Etudes importantes en cours au niveau national et/ou régional).

Un service de traitement des données à distance peut être mis en place dans un serveur avec un logiciel libre. C'est le cadre de plusieurs WPS logiciels avec un centre d'analyses du climat qui s'appelle « [birdhouse](#) ». Plusieurs organisations internationales participent à leur développement et grâce aux dépôts de logiciels publics¹ les barrières d'accès et contribution sont minimalisés. La centralisation de

¹ Dépôts de logiciels 'birdhouse': <https://github.com/bird-house>

logiciels dans un dépôt public augmente la synergie des coopérations internationales et l'échange des algorithmes de traitement des données climatiques. L'université de Niamey, par ex. la faculté des sciences et techniques pourrait prendre en charge le développement de nouveaux algorithmes climatiques.

La mise en place des services de traitements des données comme d'un système d'information sur les services climatiques (SISC), angl. : Climate Services Information Systems (CSIS) serait réalisable sur plusieurs niveaux. La situation institutionnelle à Niamey est idéale car les institutions nationales, sous-régionales et internationales sont situées côte à côte.

En ce qui concerne le PNA, le **niveau national**, représenté par « la Direction de la Météorologie Nationale » (DMN), est au premier plan. La DMN coordonne et harmonise la politique météorologique nationale, elle est chargée d'observer le comportement de l'atmosphère. Les données nationales accessibles via les portails ou les interfaces de programmation applicative (API) appropriés seraient

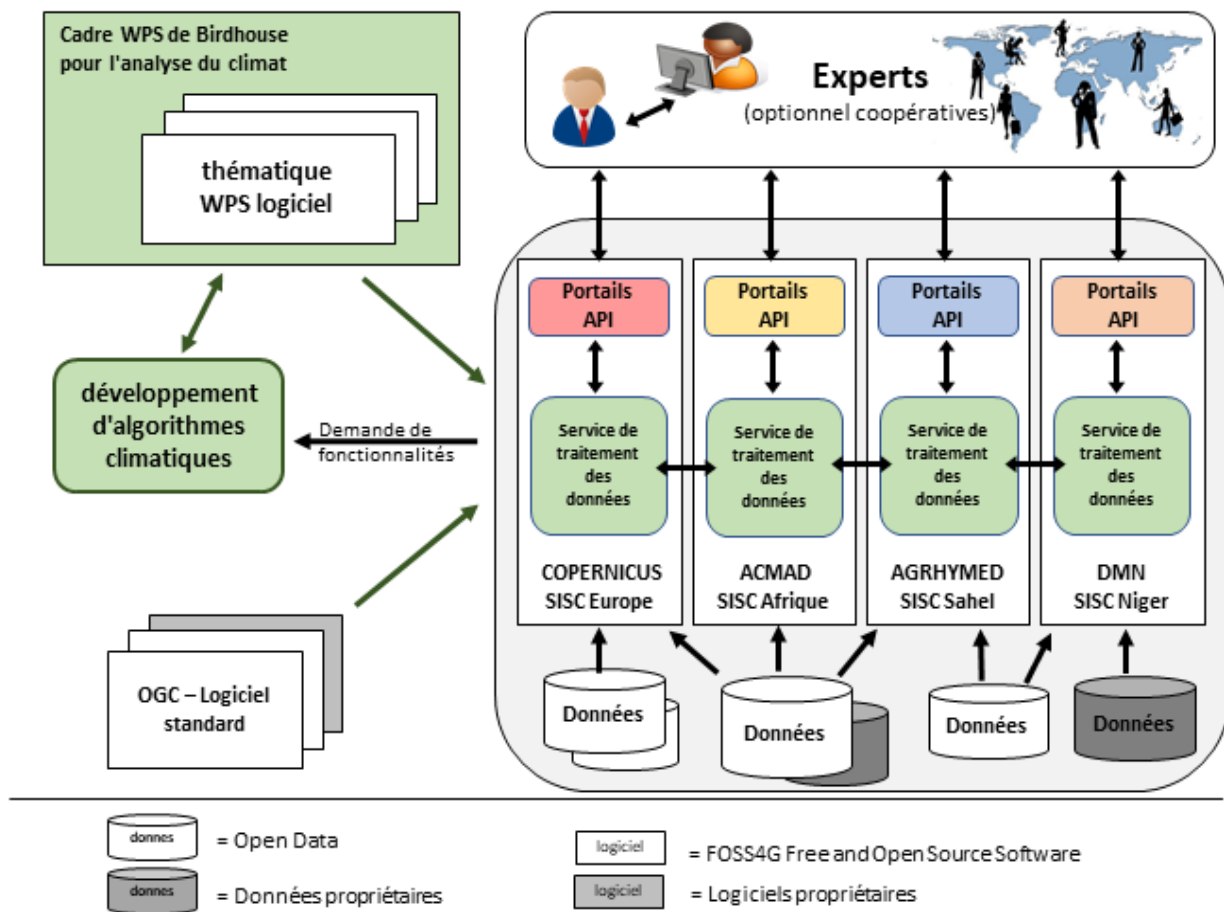


Fig. : 11 Proposition de Système d'informations de services climatique à plusieurs niveaux, du national à l'international.

préparés pour la région du Niger (par ex. les produits d'observation météorologique et projections climatiques réduits pour le Niger et ajustés en fonction de leur biais pour les variables principales).

Depuis que AGRHYMET est responsable de la **sous-region du Sahel**, les services appropriés se centrent sur les experts en données et les besoins pour appuyer les secteurs dans les conditions sahéliennes. Les services de traitements des données pourraient également, comme au niveau national nigérien organiser juste une plus grande extension spatiale. La résolution d'échelle des données pourrait être limitée par rapport à la taille des données en fonction des capacités de stockage des données, la résolution d'échelle pourrait être limitée par rapport à la taille des données en fonction des capacités de stockage des données.

En synergie avec le niveau national et sous-régional, l'ACMAD représente **toute l'Afrique** et délivre des produits à tous les services nationaux en ce qui concerne les services de l'agriculture (avec un calendrier agricole incluant le début, la préparation des terres, les semailles, la récolte, la conservation et le commerce des produits agricoles), les ressources en eau (services de vigilance sur les niveaux d'eau dans les rivières, les barrages et les réservoirs pour l'évaluation, la gestion durable), la santé (services de vigilance sur la surveillance et le contrôle des épidémies de méningite/malaria par les centres régionaux de contrôle des maladies de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et les unités de surveillance des épidémies des ministères de la santé). L'ACMAD est en outre un centre pour la réduction des risques de catastrophes. Ce dernier relie les PAN à la convention Sendai.

Les données nécessaires de l'ACMAD à côté des scénarii climatiques (importants pour la PNA) on se centre aussi sur les données de réanalyse (historique) et les prévisions immédiates et saisonnières. En raison de la mauvaise bande passante et des données de prévisions immédiates et saisonnières qui doivent être mises à jour en permanence, l'ACMAD a besoin d'être en coopération avec les centres européens en lien avec COPERNICUS et le service climatique européen C3S. Un des succès de cette étude est l'établissement de communication entre les directeurs généraux de l'ACMAD et C3S COPERNICUS afin d'explorer les options de traitement des données pour, entre autres, appuyer le PNA du Niger.

L'élaboration du PNA au Niger bénéficie de la synergie de coopérations internationales grâce aux logiciels libres et publics qui sont utilisés également par les [canadiens dans leur SISC](#) et les portails des données climatiques concernant l'appui des différents secteurs :

<https://donneesclimatiques.ca/>

Recommandations pour le PNA :

- Accès aux données via C3S CDS COPERNICUS (=> Stratégie ACMAD)
- Expansion de l'expérience initiale de l'utilisation d'AGRHYMET/SMHI C3S en matière de sécurité alimentaire
- Etablissement d'un traitement des données à distance spécifiquement pour le Niger / le Sahel / l'Afrique (DMN, AGRHYMET, ACMAD)
- Formation des experts pour l'utilisation des services de traitement des données à distance
- Etablissement d'un Service Climatique comme une « Bande transporteuse » de l'affinement des données aux informations climatiques de haute qualité à la demande des experts des secteurs.

4. Analyse des informations disponibles

Dans les chapitres précédents, de nombreux aspects de la production, de la taille et du stockage des données ainsi que la difficulté de leur traitement avaient été pointés. Ce chapitre montre maintenant comment évaluer le signal climatique sous l'aspect de différents scénarios des RCP (Fig. : 3).

Comme il y a plusieurs modèles MCG et réalisations de leurs réductions d'échelles MCR, il y a de nombreuses données ayant un contenu similaire. La réduction d'échelle est déjà faite pour les MCG avec une haute performance seulement. La méthodologie de pointe est l'approche multi-modèles où l'on prend toutes les réalisations disponibles comme un ensemble.

Pour cette étude, les modèles suivants ont été utilisés pour les analyses. Les analyses sont basées sur les variables de températures de 2m (tas) et précipitations (pr) avec une résolution temporelle quotidienne. Comme l'étude a été réalisée à Niamey, l'ensemble des données est incomplet et doit être complété pour la version finale du rapport. L'ensemble des données (tas et pr) réduit pour le Niger a une taille d'environ 30 GB.

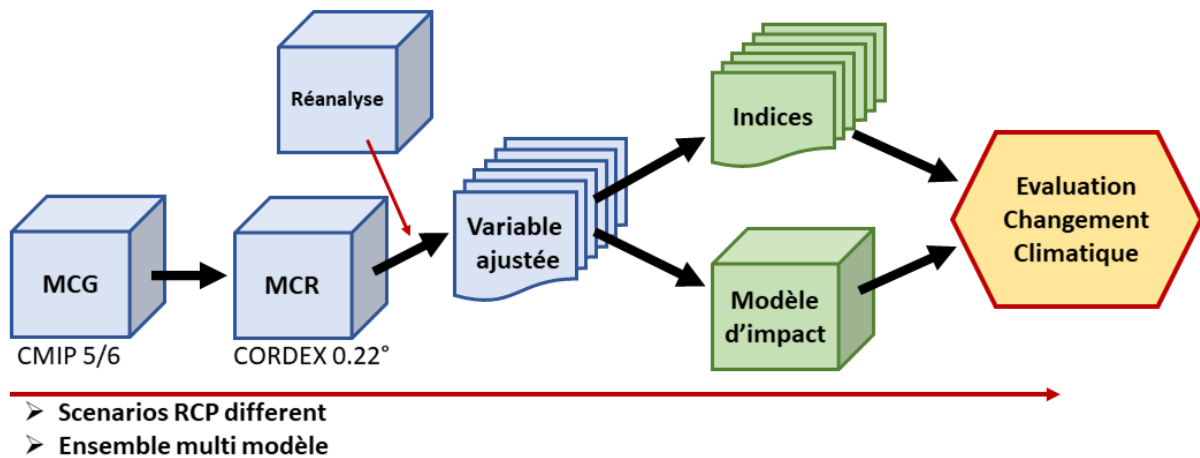


Fig. : 12 Chaîne de traitement des données pour les évaluations du changement climatique.

4.1. Etudes importantes en cours au niveau national et/ou régional

Plusieurs études couvrant le Niger ou la zone du Sahel ont été réalisées ou toujours en cours. En lien avec le programme africain d'adaptation (AAP), une étude sur les scénarios du changement climatique au Niger a été réalisée en décembre 2011. Les approches sont proches de cette étude et la section « 4.1.1 Amélioration apportée par cette étude » montre les aspects ajoutés. Ensuite le projet de développement d'informations et de prévisions climatiques (PDIPC) est en lien avec la feuille de route pour la mise en œuvre du cadre national pour les services climatologiques au Niger.

Alors que les AAP sont plus concernés par les objectifs du PNA, il y a aussi des études en accord avec le NDC. Par exemple la « Mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le Climat en Afrique de l'Ouest » qui s'est centré sur l'état des lieux des Contributions Déterminées au niveau National (CDN) et des besoins en renforcement de capacités.

Il est nécessaire de mentionner qu'à partir des modèles climatiques il y a aussi l'option de travailler sur l'aspect du changement de climat basé sur les données des images satellitaires.

En ce qui concerne le Niger, le groupe d'observation de la terre GEO a mis en place l'initiative phare [GEOGLAM](#) qui vise à lutter contre l'insécurité alimentaire et à soutenir les marchés dans un climat en mutation. Deux rapports mensuels sur l'état des cultures dans le monde ont été établis au sein de GEOGLAM et sont basés sur des observations de la Terre et des évaluations d'experts sur le terrain à savoir :

- Suivi des cultures (Crop Monitor) pour le système d'information sur la surveillance agricole (AMIS), qui fournit des rapports mensuels sur l'état de la production agricole (blé, maïs, soja et riz) dans les principaux pays producteurs. Il s'agit d'examiner les principaux pays de production/exportation, les facteurs de stabilisation/réduction du marché et d'éviter les chocs inattendus des prix alimentaires.
- Surveillance des cultures pour l'alerte précoce (anlg. :Crop Monitor for Early Warning) (CM4EW), pour soutenir l'alerte précoce pour la réponse à la sécurité alimentaire.

Tout comme le rapport AMIS, les rapports mensuels CM4EW représentent une évaluation consensuelle de l'état de la production agricole dans les régions touchées par l'insécurité alimentaire. L'accent est mis sur la production et les marchés agricoles situés en Afrique de l'Est, en Afrique de l'Ouest, en Afrique australe, en Asie du Sud-Est, en Asie centrale et du Sud, en Amérique centrale et dans les Caraïbes. Le Niger pourrait être aussi une zone cible de GEOGLAM.

Une autre initiative pertinente de GEO est le programme [Digital Earth Africa](#) (DE) qui a été lancé en 2019. Digital Earth Africa développe l'un des plus grands systèmes d'exploitation au monde pour l'accès et l'analyse d'images satellites pour l'Afrique. Il utilise des données d'observation de la Terre prêtes à être analysées et utilise l'[Open Data Cube](#) (ODC) (similaire à la technique de traitement du WEB proposée précédemment pour les données climatiques) pour produire des produits opérationnels et prêts à être utilisés pour la prise de décision sur l'ensemble du continent. Les produits et les données de « Digital Earth Africa » seront gratuits et ouverts à tous. Cela vise essentiellement à soutenir les ODDs et l'Accord de Paris en permettant aux gouvernements d'élaborer des politiques éclairées et de prendre des décisions fondées sur des données probantes en matière d'érosion des sols et des côtes, de l'agriculture, des forêts, de la désertification, de la qualité de l'eau et des modifications des établissements humains (en lien avec la CNULCD).

Le projet [SERVIR](#) couvrant l'Afrique de l'ouest est déjà établi au Niger en coopération avec le CILSS (consortium avec ARGHYMET /ACMAD) et toujours basé sur les observations de la terre.. Les domaines d'intervention de SERVIR AO sont :

- la sécurité alimentaire et l'agriculture,
- les ressources en eau et les catastrophes naturelles,
- le temps et le climat,
- l'occupation/utilisation des terres et les écosystèmes.

L'étude 'Identification des options d'agriculture intelligente face au climat prioritaires pour l'adaptation face au changement climatique sur le territoire de la République du Niger, plutôt basée sur les données du MCG est à mentionner. C'est une étude directement liée aux objectifs de la mise à jour du PNA. Un projet similaire est en cours au niveau du Niger, appuyé par la Coopération Allemande (GIZ), c'est le projet de 'Promotion d'une agriculture productive ([PromAP](#)).

Comme ce rapport se focalise principalement sur l'accès aux données climatiques et les options de traitement à distance, AGRHYMET est en train de réaliser une [étude de cas](#) en coopération avec le SMHI. Cette étude en cours a porté sur l'amélioration de la qualité des prévisions saisonnières afin de renforcer la résilience et d'améliorer la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, en particulier autour du bassin du fleuve Niger. Des prévisions climatiques saisonnières et un modèle hydrologique ont été utilisés pour prévoir certaines caractéristiques de la saison des pluies en Afrique de l'Ouest. On est en train de réaliser une approche avec exactement les mêmes les options expliquées au Chapitre 3, en utilisant les données basées dans le CDS fourni par le C3S. AGRHYMET a réalisé également plusieurs études ciblées sur l'analyse du climat au Niger et l'impact de CC ex. spécifiquement sur les productions céréalières, par exemple le crop model [SARRA-H](#)

Le projet 'Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine - Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique ([AMMA](#))' est plutôt centré sur les phénomènes météorologiques et vise à monitorer sur le long terme les évolutions climatiques, hydrologiques et écologiques en Afrique de l'Ouest. Ces études sont très précieuses pour les projections/scenarii du changement climatique, notamment en ce qui concerne les technologies modernes telles que l'intelligence artificielle (IA). AMMA a aussi réalisé des données de haute résolution qui couvrent le Niger telles que CORDEX.

Dans le cadre politique, la CNULCD a publié un rapport thématique centré sur l' Afrique de l'Ouest² par rapport à la situation de dégradation de la terre.

²UNCCD special report: https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2019-08/GLO%20WEST%20AFRICA%20FRENCH_WEB_Last.pdf

4.1.1. Amélioration apportée par cette étude

Par rapport à l'étude du changement du climat déjà existante au Niger, cette étude apporte plusieurs aspects nouveaux :

1. Evaluation des données spatiales

Les résultats et recommandations de cette étude se centrent sur les données 3D. Cela permet des analyses d'impact du changement climatique et des études de vulnérabilité de n'importe quelle zone au Niger. Malgré leur très grande taille, les données spatiales sont importantes pour réaliser une stratégie d'adaptation efficace. Les données des nouvelles générations CORDEX 0.22° sont recommandées et ont été utilisées dans cette étude.

2. Ajustement des biais basés sur la réanalyse ERA INTERIM.

L'ajustement a aussi été fait sur la base des données spatiales. Quatre réalisations ERA-Interim dont l'échelle a été réduite en utilisant des MCRs fondent les données de réanalyse.

Attention : L'ajustement des biais a été seulement effectué pour les variables 'température'.

Il est recommandé de le réaliser également pour la variable précipitations et pour toutes les variables qui seront utilisées dans le futur.

3. Différenciation des Scenarios

Les analyses des données de cette étude respectent les deux scénarios RCP2.6 et RCP8.5, les résultats sont différenciés pour montrer les différences entre le scénario optimiste et le pessimiste.

4. Approche Multimodèle

Les études existantes sont basées sur 5 MCG, cette étude de 9 réalisations MCR. Un ensemble conséquent, avec beaucoup de membres (modèles différents) est nécessaire pour les analyses d'impact et les études de vulnérabilité.

5. Introduction de méthodologies de l'évaluation des incertitudes.

En accompagnement de l'approche multimodèle et en utilisant un ensemble avec beaucoup de membres, il est recommandé d'introduire les méthodologies de l'évaluation des incertitudes.

6. Introduction de calcul des indices climatiques

Les indices dérivés sur la base de variables tas et pr (résolution temporelle quotidienne) est un concept général et adoptable pour beaucoup de questions spécifiques en ce qui concerne les études d'impact et leur adaptation dans les différents secteurs.

7. Efficacité de l'étude

Cette étude a été réalisée pendant 45 jours seulement (incluant des déplacements, entretiens et présentations dans un atelier). L'efficacité peut être réalisée grâce à un traitement des données de façon automatisée.

8. Transparence de l'analyse et option de répétition modifiée

Respectant les principes « FAIR » des traitements des données (ang. : **f**indable, **a**ccessible, **i**nteroperable, **r**eproduceable), toutes les analyses sont visibles dans un dépôt public.

9. Traitement des données en coopération internationale

L'utilisation du traitement des données à distance est une méthodologie nouvelle. Le Niger peut être le premier pays à réaliser la génération des informations à la demande des différents secteurs pour les études de vulnérabilité.

10. Évolutivité

Les analyses sont faites de façon à être reproductibles et l'approche est facilement utilisable pour les autres pays. Les systèmes de traitements des données à distance et l'automatisation appuient l'évolutivité.

11. Service climatique

Les études existantes proviennent plutôt des domaines scientifiques et se focalisent sur les aspects scientifiques. Cette étude recommande des options permettant de réaliser concrètement un pont entre science et cadre politique.

4.1.2. Données utilisées dans l'analyse de cette étude

Ce sont généralement des données disponibles avec une résolution de 0.44° et 0.22°. Pour cette étude les analyses sont basées sur un ensemble de données de 0.22° pour montrer des résultats avec la plus haute résolution spatiale. Cette résolution de 0.22° peut également être attendue pour la nouvelle génération de données quand les réductions des échelles de CMIP6 seront disponibles dans les mois à venir. L'ensemble dans cette étude a neuf membres. Pour les études avec un objectif d'estimation d'impact il est recommandé d'utiliser un ensemble de plus hauts nombres de membres, mais n'y a pour le moment pas davantage de données disponibles avec une résolution de 0.22°. Le nombre de données disponibles va augmenter pendant les mois à venir et l'étude pourrait être répliquée avec une plus haute précision.

- **evaluation**

AFR-22_ECMWF-ERAINT_evaluation_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_

AFR-22_ECMWF-ERAINT_evaluation_r1i1p1_GERICS-REMO2015_v1_day_

AFR-22.ICTP.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_

- **historical**

AFR-22_MOHC-HadGEM2-ES_historical_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_

AFR-22_MOHC-HadGEM2-ES_historical_r1i1p1_GERICS-REMO2015_v1_day_

AFR-22_MPI-M-MPI-ESM-LR_historical_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_

AFR-22_NCC-NorESM1-M_historical_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_

AFR-22.GERICS.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.REMO2015.v1_day_

AFR-22.GERICS.NCC-NorESM1-M.historical.r1i1p1.REMO2015.v1_day_

AFR-22.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.historical.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_

AFR-22.ICTP.NCC-NorESM1-M.historical.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_

- **rcp26**

AFR-22_MOHC-HadGEM2-ES_rcp26_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_

AFR-22_MOHC-HadGEM2-ES_rcp26_r1i1p1_GERICS-REMO2015_v1_day_

AFR-22_MPI-M-MPI-ESM-LR_rcp26_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_

AFR-22.CLMcom-KIT.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1_day_

AFR-22.GERICS.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp26.r1i1p1.REMO2015.v1_day_

AFR-22.GERICS.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.REMO2015.v1_day_

AFR-22.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp26.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_

AFR-22.ICTP.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_

- **rcp85**

AFR-22_MOHC-HadGEM2-ES_rcp85_r1i1p1_CLMcom-KIT-CCLM5-0-15_v1_day_
 AFR-22.CLMcom-KIT.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1_day_
 AFR-22.CLMcom-KIT.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1_day_
 AFR-22.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.REMO2015.v1_day_
 AFR-22.GERICS.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.REMO2015.v1_day_
 AFR-22.GERICS.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.REMO2015.v1_day_
 AFR-22.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp85.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_
 AFR-22.ICTP.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.RegCM4-7.v0_day_

Pas inclus à cause d'une erreur de téléchargement :







AFR-22.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.RegCM4-7.v0

En utilisant un ensemble de données, il est possible de calculer la médiane pour montrer la tendance principale du signal de changement climatique, ainsi que les incertitudes appropriées³.

Autour de celle-ci, les données comme les percentiles 33 et 66 pour l'évolution probable et 10 et 90 pour l'évolution très probable du changement climatique sont visualisées (Tab. 1).

Les séries temporelles sont basées sur une moyenne mobile (angl. : running mean or moving average), indiquant la moyenne mobile de 30 ans.

Tab. 1 Code couleur par médiane et incertitudes des séries temporelles

Probabilité du résultat	Valeur Statistique	Code couleur
Évaluation	Médiane	
Historial historique	Médiane	
RCP26	Médiane	
RCP85	Médiane	
Évolution probable	33-66 Centile	
Évolution très probable	10-90 Centile	

³GIEC Uncertainty Guidance: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf

4.2. Analyse du climat actuel (réduit pour le Niger)

Etant donné qu'un système de traitement des données climatiques à distance n'existe pas encore au Niger, les analyses de ce paragraphe sont basées sur les données climatiques téléchargées avant la mission de ESGF et enregistrées sur un disque dur.

Malgré tout, les analyses et visualisations de ce rapport ont été faites via un système de traitement de données à distance simulé sur l'ordinateur local en utilisant des algorithmes intégrés dans le cadre du logiciel « birdhouse ». Tous les codes pour les analyses de ce rapport sont transparents pour le public afin que chacun puisse le reproduire, le modifier et l'améliorer. :

https://github.com/nilshempelmann/NAP_Niger

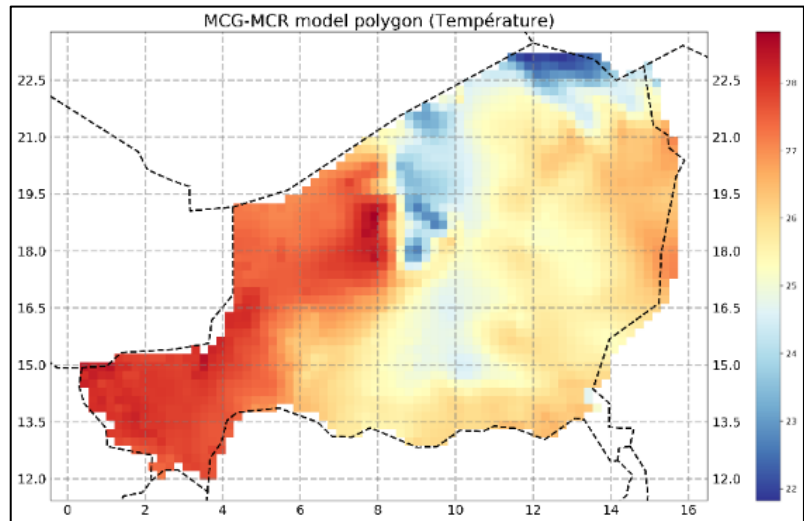


Fig. : 13 Réduction des données pour le Niger (exemple de températures moyennes multi-modèle historique)

Ainsi cette étude suit les exigences et recommandations du développement durable pour travailler de manière transparente, reproductible et évolutive. En outre, conformément aux directives internationales, les analyses sont à la pointe du progrès et les graphiques sont conformes aux spécifications du GIEC en matière de couleurs et échelle⁴.

Les séries temporelles présentées ne concernent que les cas de données situées à l'intérieur des frontières du Niger et ont été découpées à l'avance pour les frontières du Niger (Fig. : 13). Par contre les visualisations spatiales sous forme de cartes montrent également les valeurs au-delà des frontières, au sein des pays voisins, puisque le climat est un phénomène mondial et ne s'arrête pas à des frontières.

⁴ GIEC visual style guide: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/04/IPCC-visual-style-guide.pdf>

4.2.1. Ajustement des biais

Les modèles sont capables de simuler le climat futur mais présentent des biais systématiques lorsqu'ils sont comparés statistiquement aux observations climatologiques. Les méthodes d'ajustement des biais sont utilisées pour « calibrer » les simulations des modèles d'optimisation afin de s'assurer que leurs propriétés statistiques sont similaires à celles des valeurs correspondantes observées (Fig. : 14). Il existe dans la littérature deux types d'approches pour ajuster les résultats des modèles climatiques :

- Les méthodes delta sont les plus simples et consistent à ajuster les résultats moyens des simulations
- Les méthodes d'appariement des quantiles sont les plus avancées et les plus courantes dans la littérature. Plutôt que de se concentrer uniquement sur les résultats moyens, elles visent à corriger la distribution statistique complète des variables du modèle.

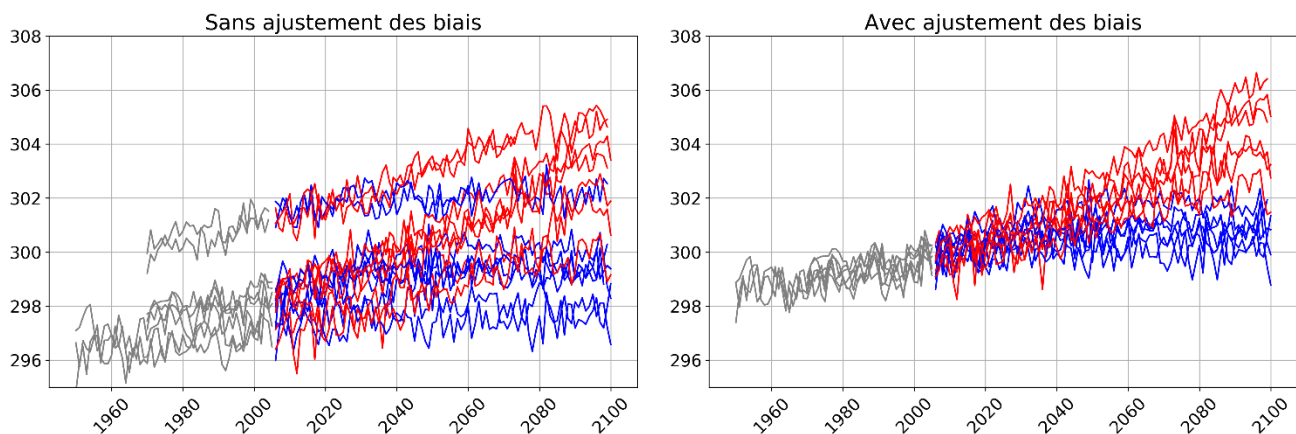


Fig. : 14 Séries temporelles des modèles sans et avec ajustement des biais (optimisation).

4.3. Réanalyse du climat actuel du Niger

Le Niger est un pays sahélien d'Afrique de l'Ouest, situé entre l'Algérie au nord-nord-ouest, la Libye au nord-est, le Tchad à l'est, le Nigeria au sud, le Bénin au sud-sud-ouest, le Burkina Faso et le Mali à l'ouest-sud-ouest. Le climat du Niger est caractérisé par son milieu sahélien, enclavé, sans débouché sur la mer, le point le plus proche de la mer se trouvant à environ 600km. Le Niger couvre une superficie de 1.267.000 km² dans les coordonnées géographiques : 11.50 (11°30 N) et 23.50 (23°30 N) de latitude nord d'une part, et les -0.08 (0°10 W) de longitude ouest et est 16.00 (16°00 E) d'autre part (Fig. : 13).

Le climat du Niger est de type sahélien et environ 80% du territoire est constitué par le Sahara et le Sahel. Seule la région du sud se trouve dans une bande verte. C'est ainsi que les précipitations et leur variabilité est le plus important moteur de l'impact par rapport au changement climatique. L'interaction entre l'eau dans le sol, la végétation et la variabilité du vent devient une force importante en particulier en ce qui concerne l'érosion hydrique et éolienne. Le sol et les initiatives de lutte contre la dégradation de la terre sont notamment prioritaires dans le cadre du changement climatique et des stratégies d'adaptation.

Au regard de la caractéristique de la variabilité des précipitations on trouve, mise à part une alternance des périodes annuelles de pluies et de périodes sèches, une grande variabilité interannuelle avec l'observation que la récurrence des années sèches devient de plus en plus fréquente.

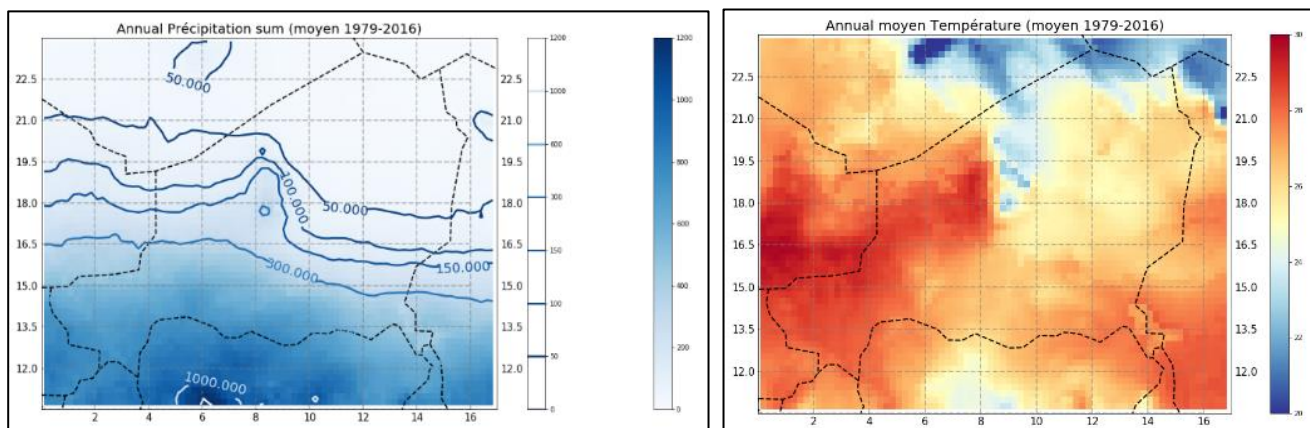


Fig. : 15 Précipitations et températures moyennes 1979-2016. Les données sont basées sur les réanalyses des ERA-Intérim, avec réduction des échelles de deux MCRs et résolution spatiale de 0.22°.

Recommandations pour le PNA :

- Production et stockage des données avec ajustement des biais
 - Variables de base : température / précipitation / vent
- Harmonisation des projets en cours
 - Centralisation des données des résultats avec un accès aux partages

5. Mise à jour des scénarii et proposition d'indices climatiques (réduits pour le Niger)

Pour une réduction des données qui sont disponibles pour les domaines AFR-22 et AFR-44, la première étape de traitement des données, on a fait une boîte à bornes sur la région Niger. Une fiche de 0.22° de résolution spatiale, disponible dans ESGF, contenant les valeurs d'une variable, de la région entière, et 5 années quotidiennes de résolution temporelle a une taille d'environ 800MB. Après la réduction de la taille par le Niger, les fiches sont de 35MB. Pour le calcul de valeurs de la région du Niger, on a fait une réduction additionnelle en fonction des frontières du pays. Avant les analyses, les valeurs des modèles doivent être réajustées selon les données d'observation par les données d'observation (Chapitre 4.2.1 Ajustement des biais).

5.1. Projection des indices climatiques

Le calcul des indices est une technique très répandue pour analyser les signaux de changement du climat. Les indices sont dérivés des variables 'température' et 'précipitations' avec une résolution quotidienne. Cette étude veut seulement montrer les principes de la dérivation des indicateurs et ne montre pas toutes les options, qui sont en fait illimitées. Il y a une liste des indicateurs recommandés avec les définitions et descriptions par les WCRP : <https://www.wcrp-climate.org/grand-challenges/gc-extreme-events> ou « l'European Climate Assessment and Dataset » ([ECA&D](#)) :

<https://www.ecad.eu//indicesextremes/indicesdictionary.php>

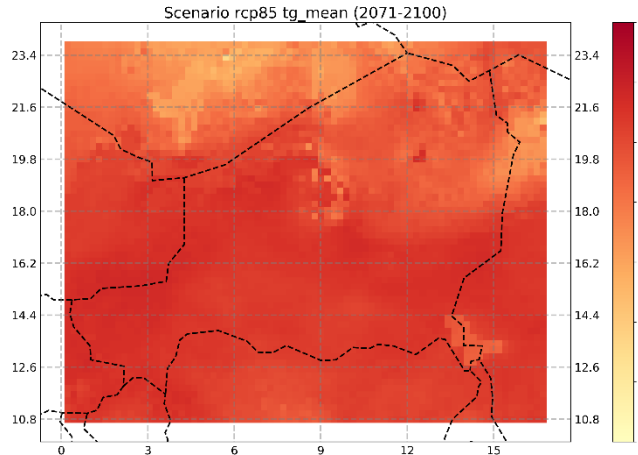
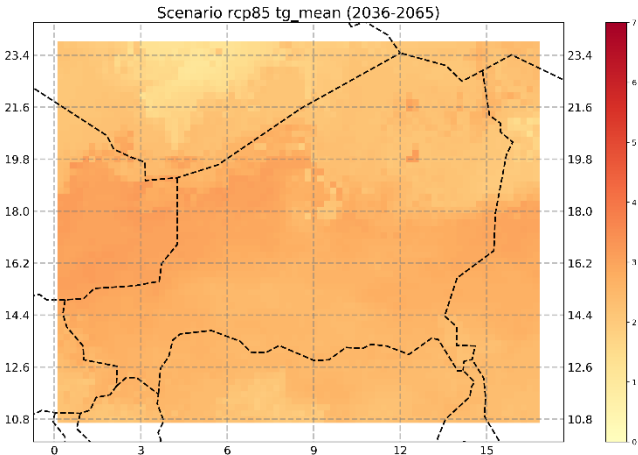
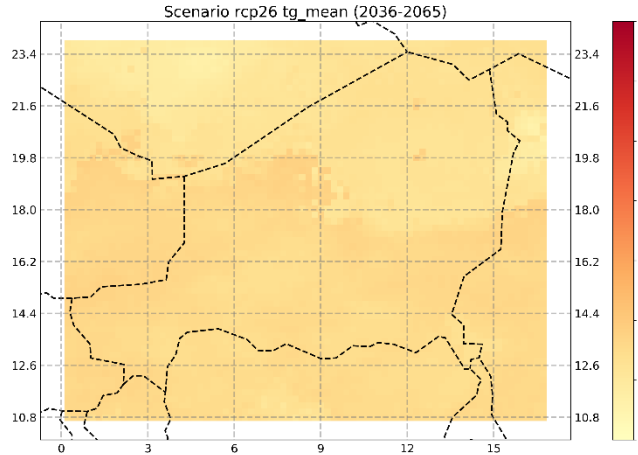
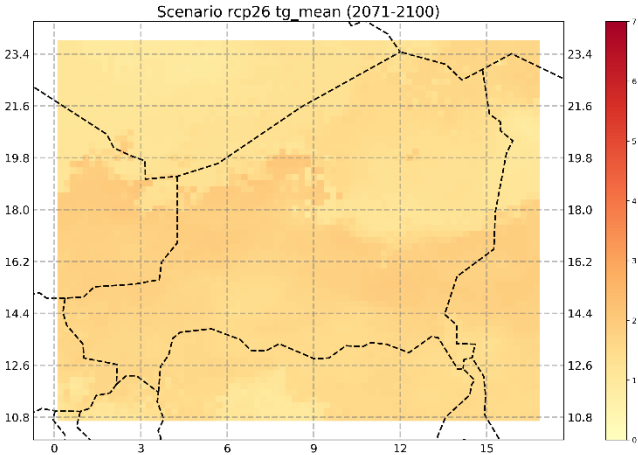
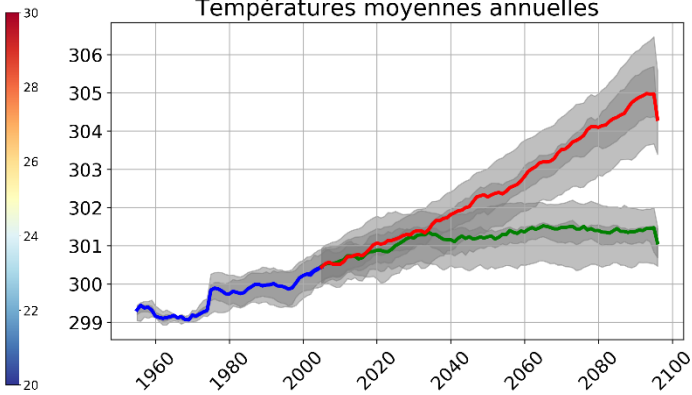
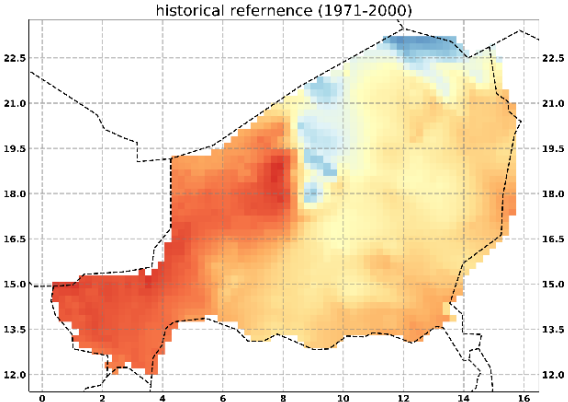
Une grande partie de cette liste des indices est intégrée dans le système intelligent de traitement des données à distance : <https://xclim.readthedocs.io/en/latest/indicators.html>

Les séries temporelles sont indiquées sous forme de moyennes mobiles et les signaux climatiques spatiaux sous forme de différence par rapport à la période de référence 1971-2000.

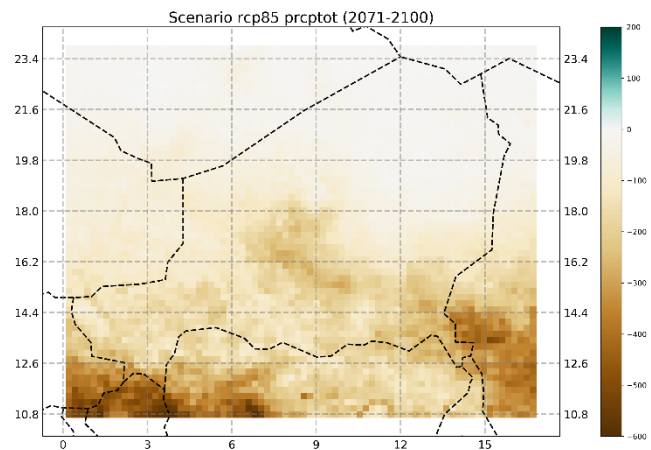
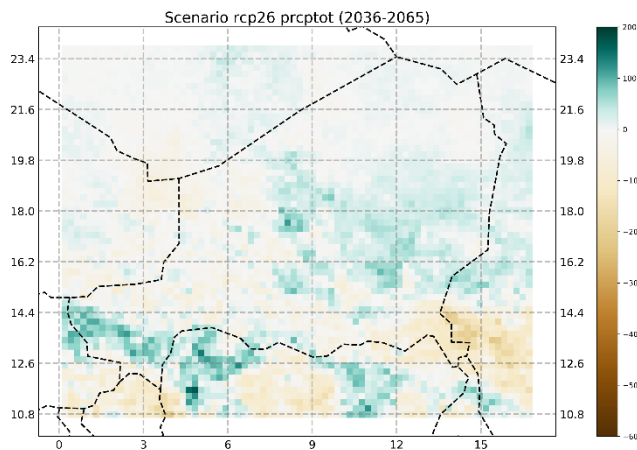
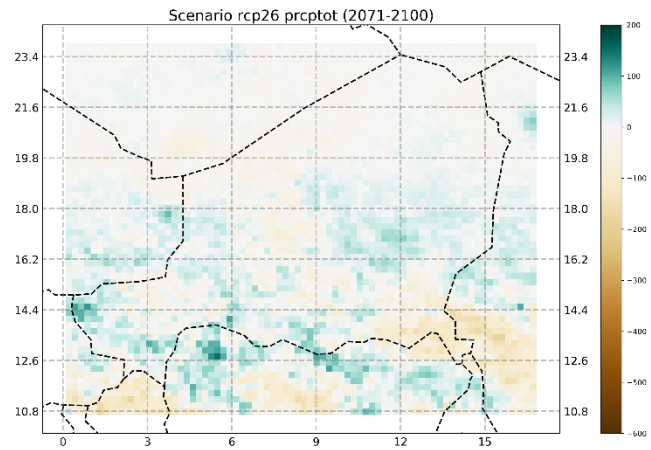
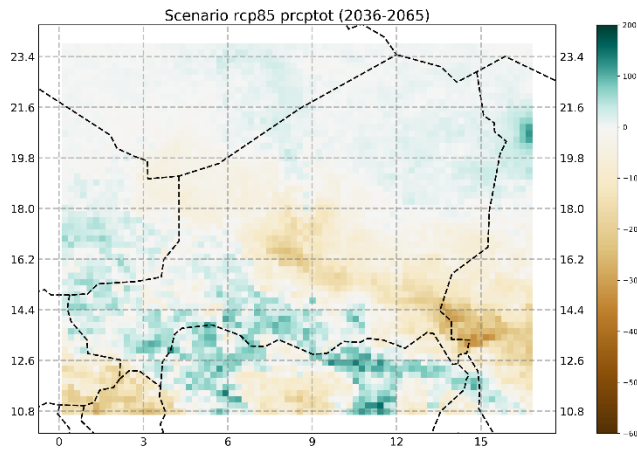
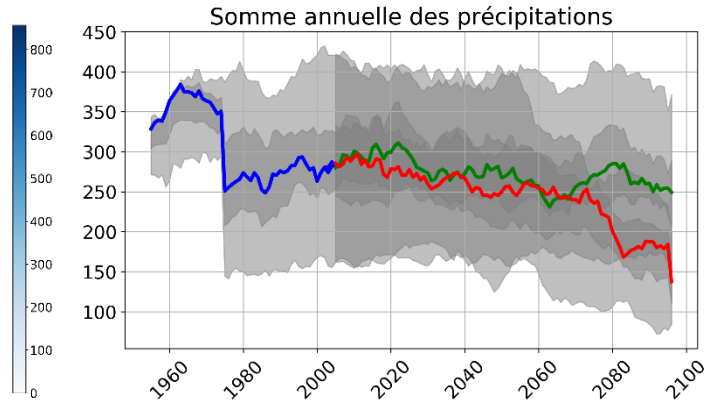
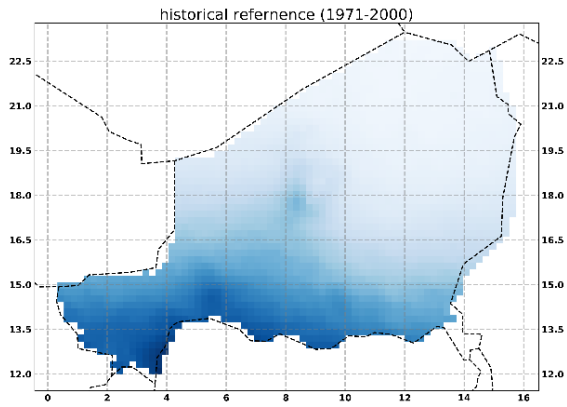
Dans les sections précédentes on présente :

- La référence du climat actuel (moyenne de 1971-2000)
- L'évolution temporelle dans le futur, séparée en deux scénarii (rcp26 et rcp85)
- Le signal de changement du climat en comparaison avec la période de référence
 - Futur proche (moyenne de 2036-2065) en deux scénarii (rcp26 et rcp85)
 - Futur lointain (moyenne de 2071-2100) en deux scénarii (rcp26 et rcp85)

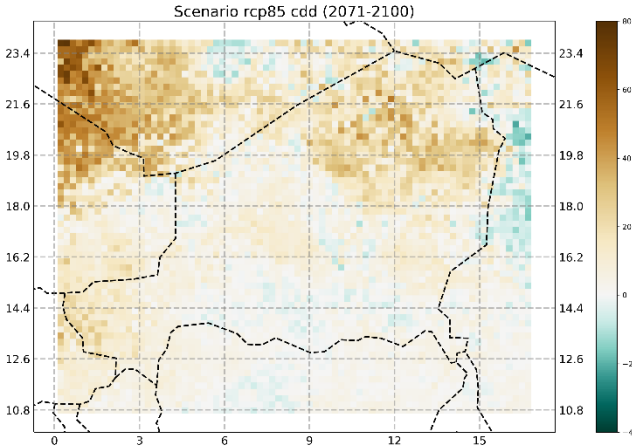
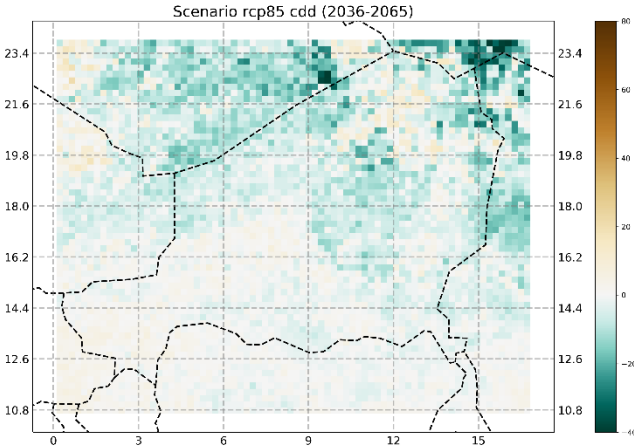
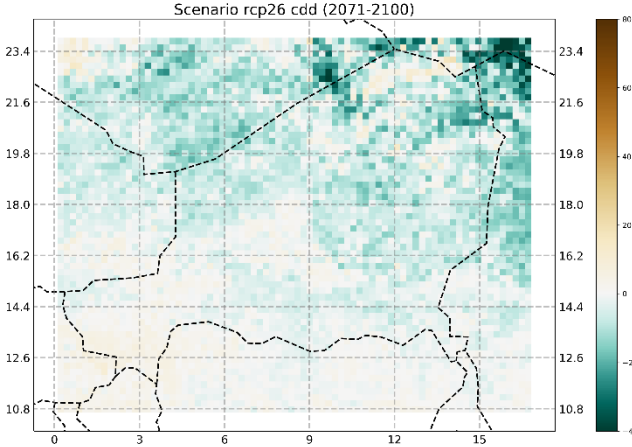
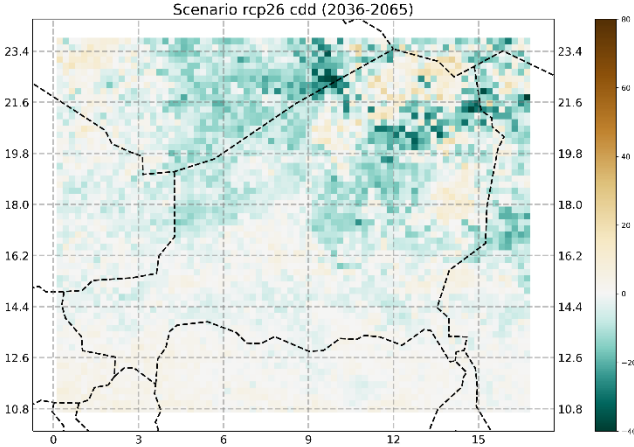
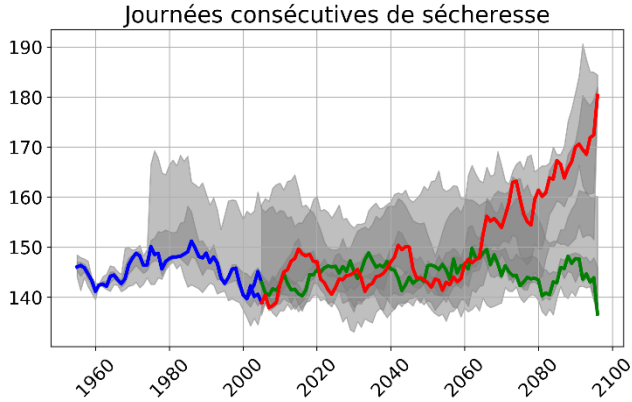
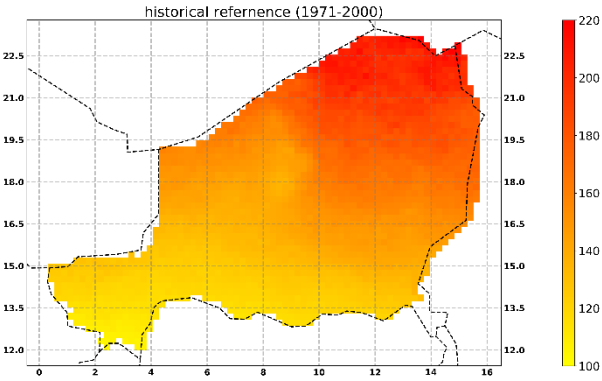
5.1.1. Températures moyennes annuelles (tg-mean)



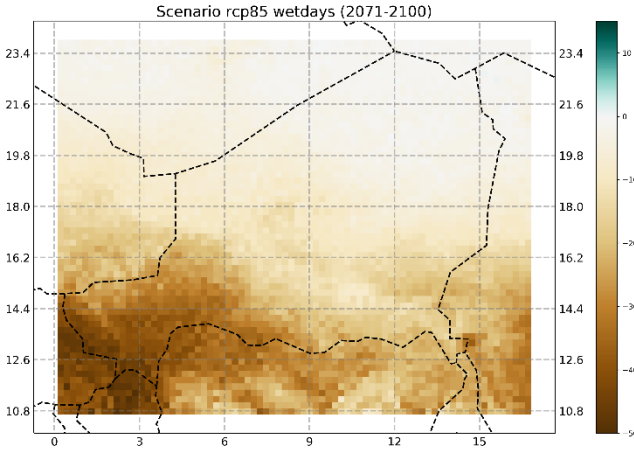
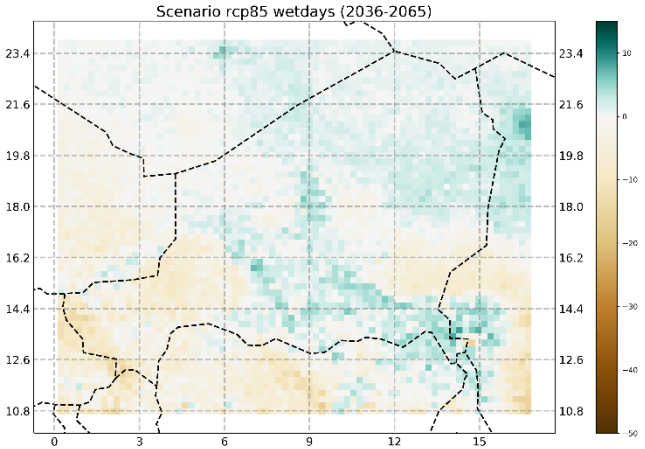
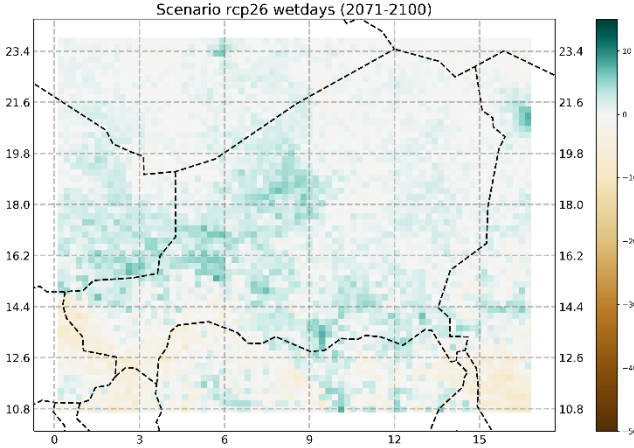
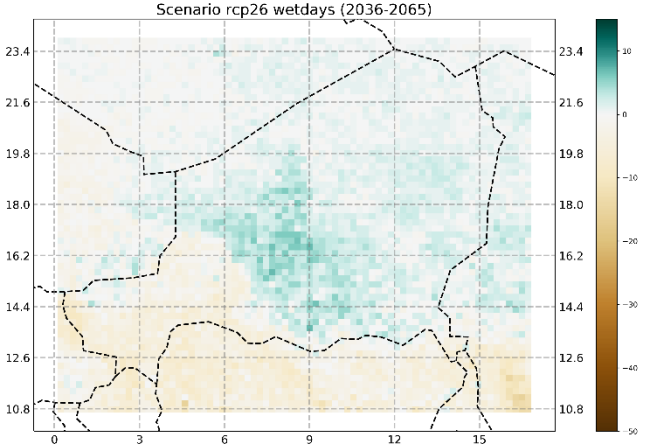
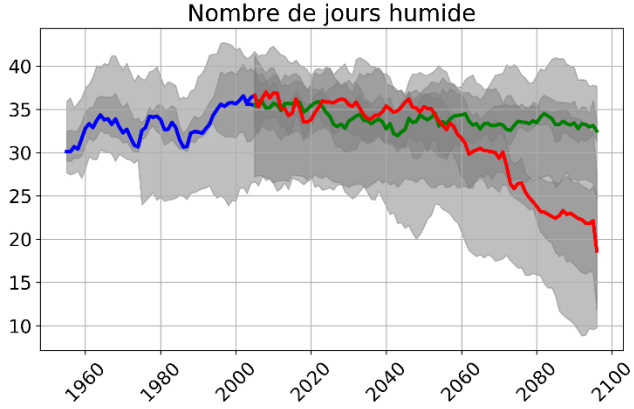
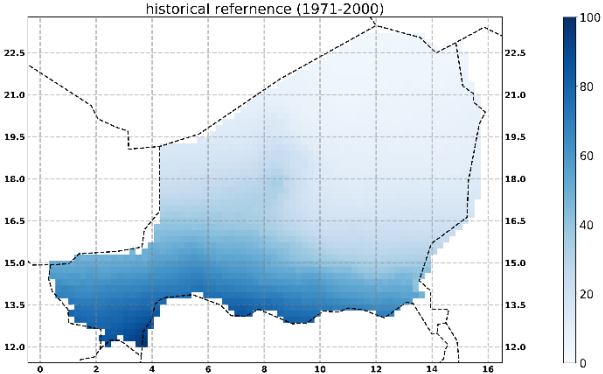
5.1.2. Somme annuelle des précipitations (precip tot)



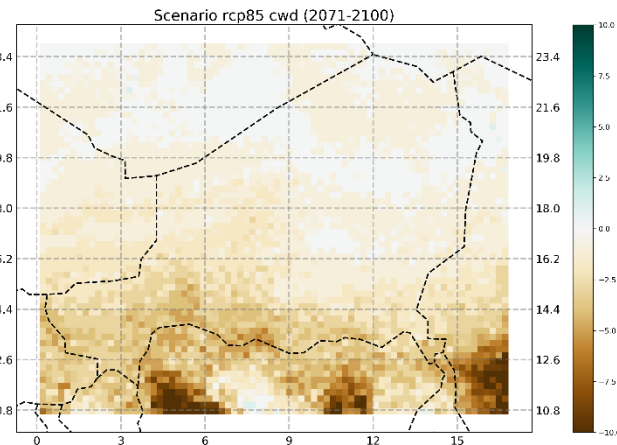
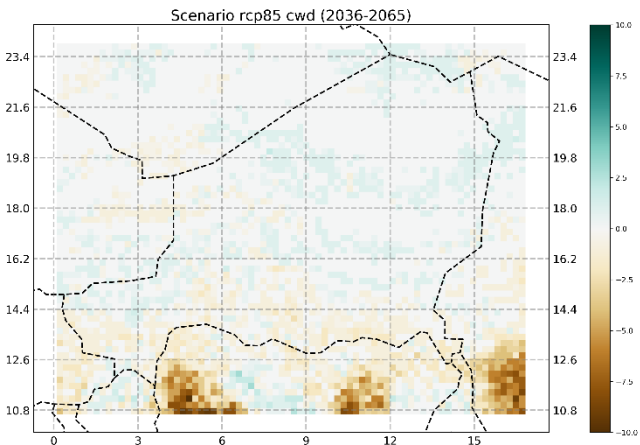
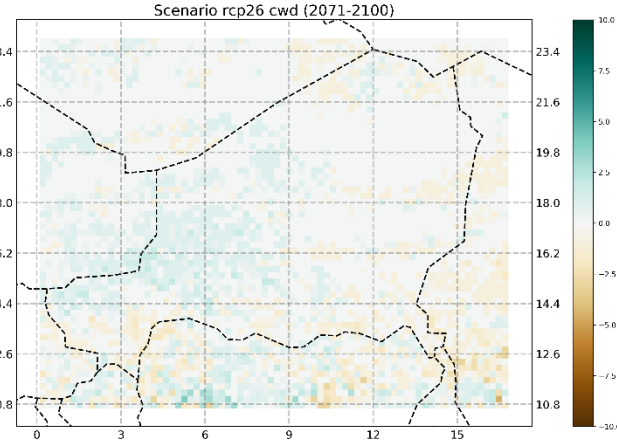
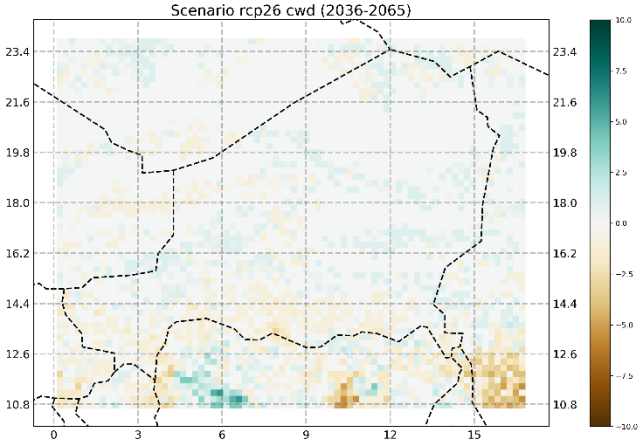
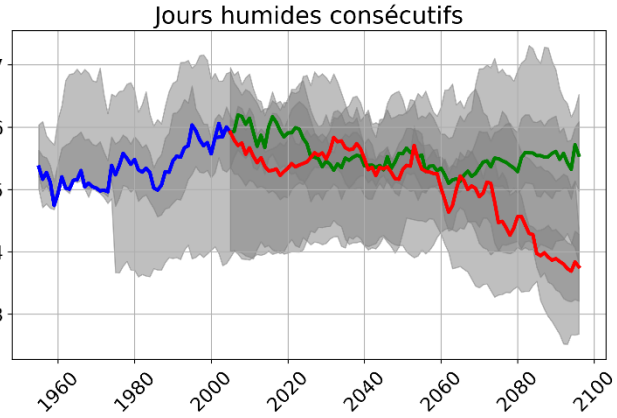
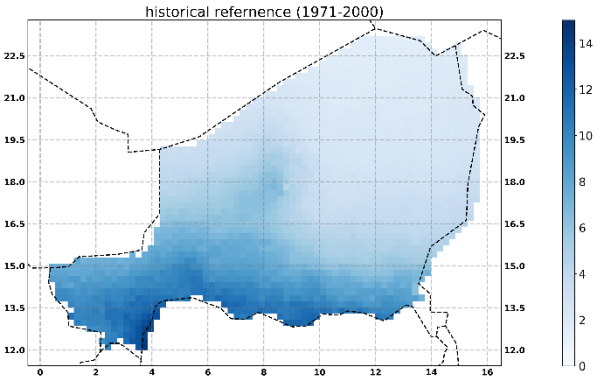
5.1.3. Journées consécutives de sécheresse (CDD)



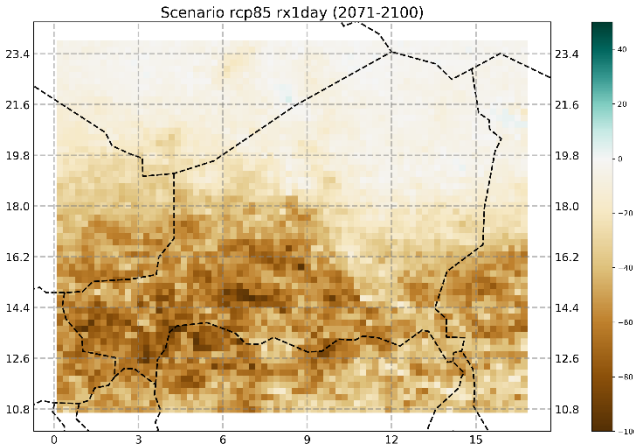
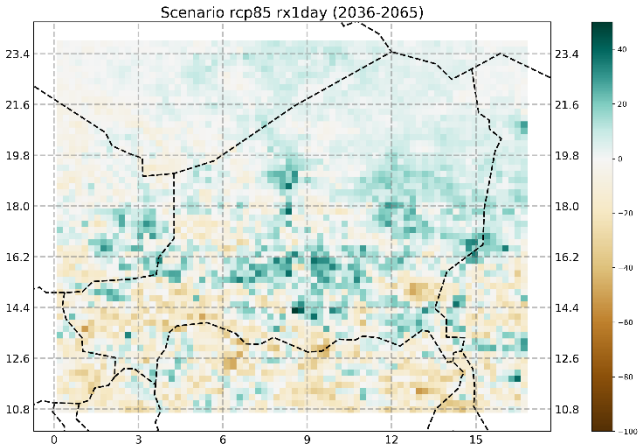
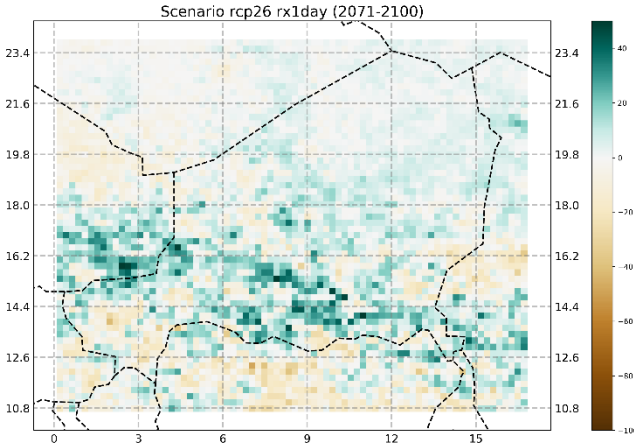
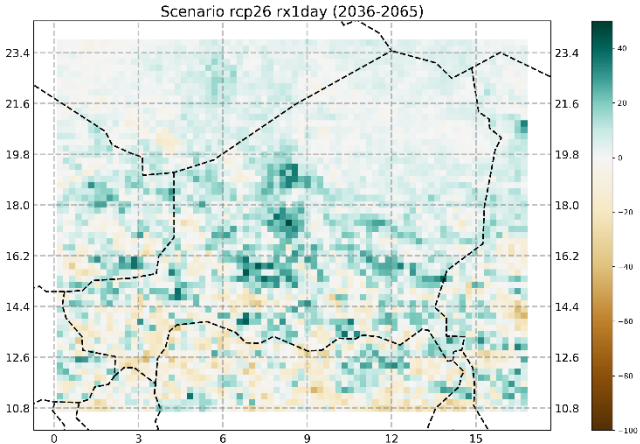
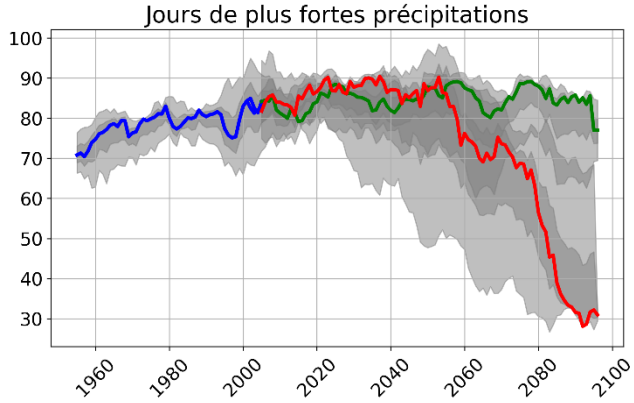
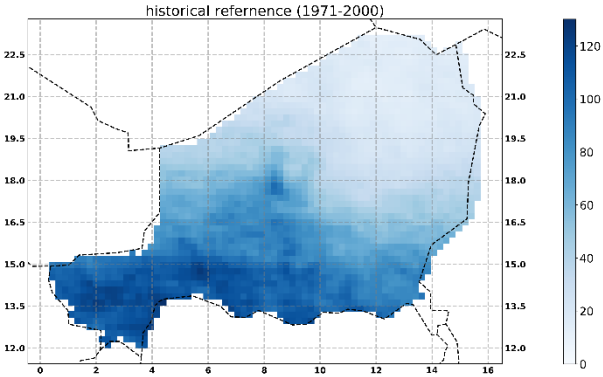
5.1.4. Nombre de jours humides (wetdays)



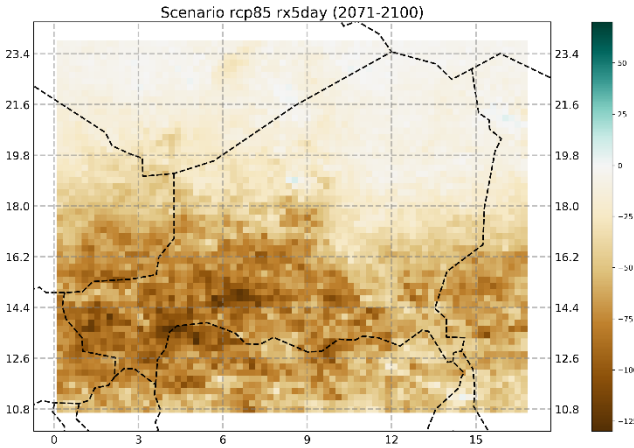
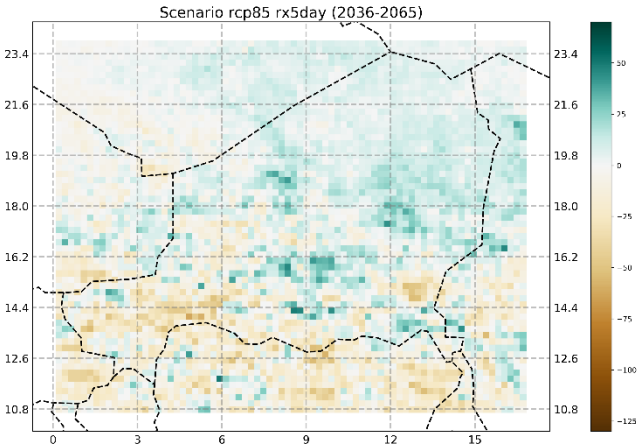
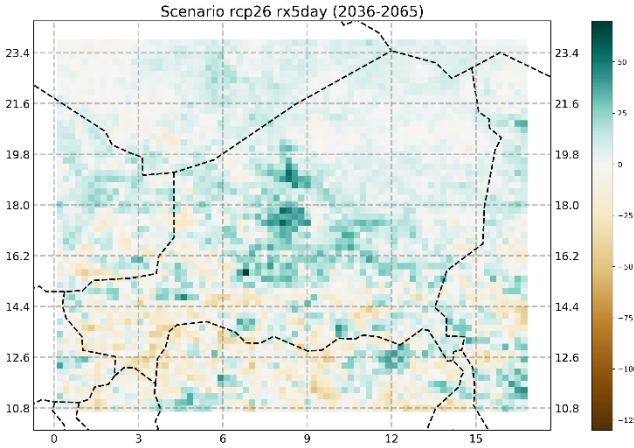
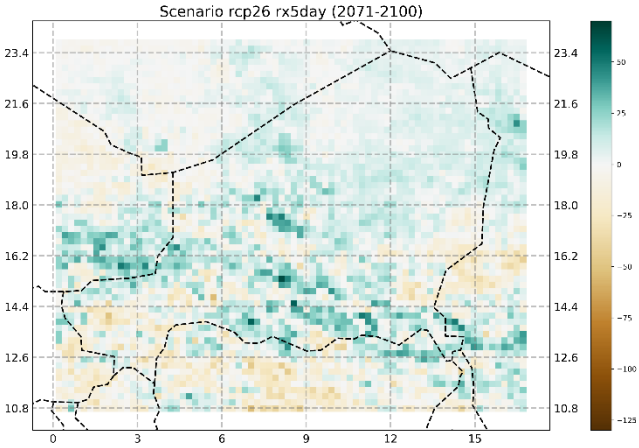
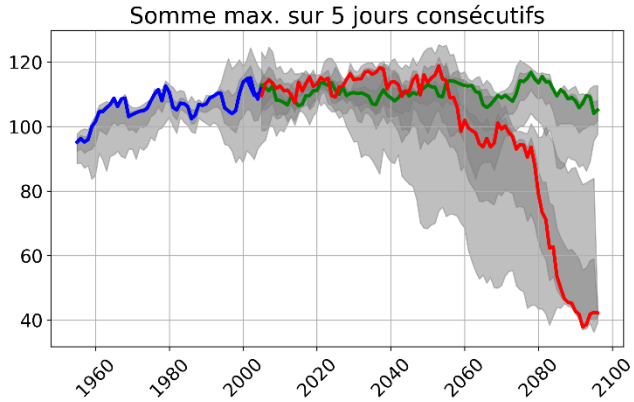
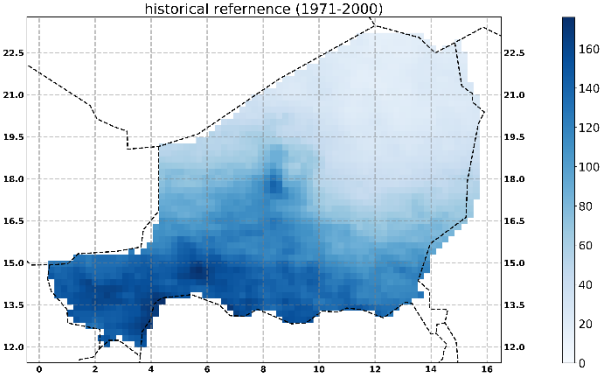
5.1.5. Jours humides consécutifs (CWD)



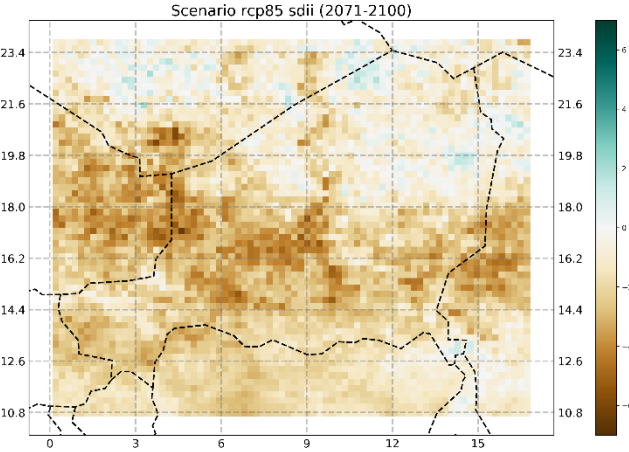
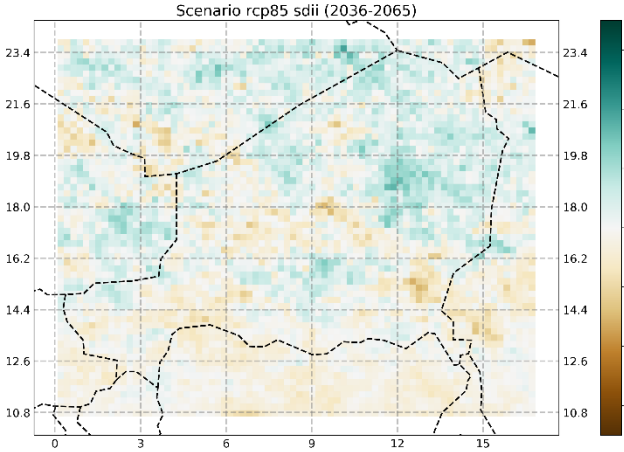
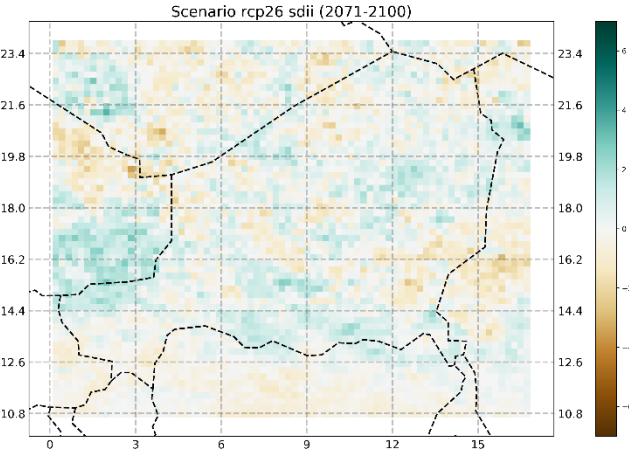
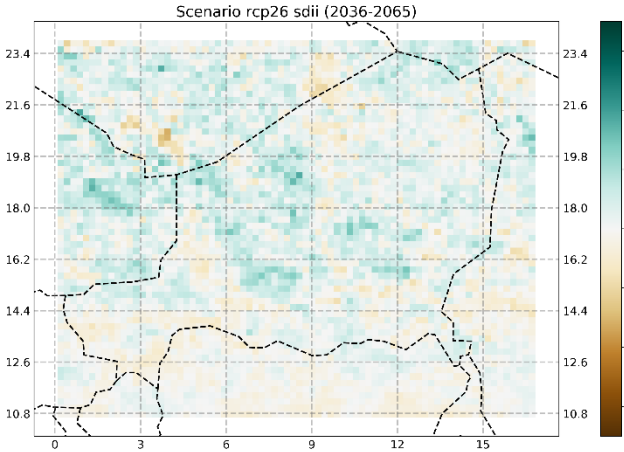
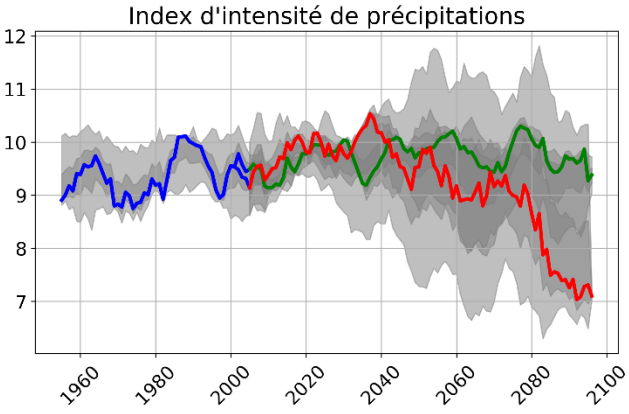
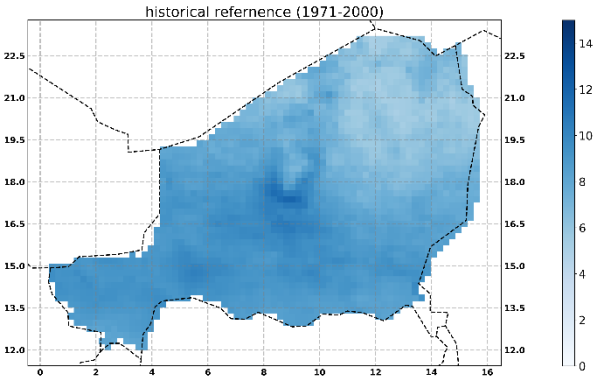
5.1.6. Jours de plus fortes précipitations (rx1day)



5.1.7. Somme maximale des précipitations sur 5 jours consécutifs (rx5day)



5.1.8. Index d'intensité des précipitations (sdii)



Recommandations pour le PNA :

- Calcul des changements du climat avec plus de données :
 - Indicateurs climatiques,
 - Anomalies,
 - Temps de retour (Return-times)
- Modèles d'impact
 - ex. : Hydrologie du bassin du Niger, agriculture, santé

6. Lignes directrices

Jusqu'ici ce rapport a largement évoqué les données, leur stockage, leur accès et les difficultés de leur évaluation. Pour le PNA et l'élaboration d'une stratégie d'adaptation efficace pour le Niger, une analyse de vulnérabilité (ou bénéfices) est nécessaire. Les analyses des données climatiques avec toutes leurs difficultés ne sont pas vraiment la chose la plus importante, en fin de compte, pour l'analyse de vulnérabilité. Les impacts déjà observés au cours des dernières années sont suffisants pour élaborer une stratégie d'adaptation (Fig. : 16). Par exemple sur la production agricole, ainsi que les techniques d'adaptation qui ont été expérimentées.

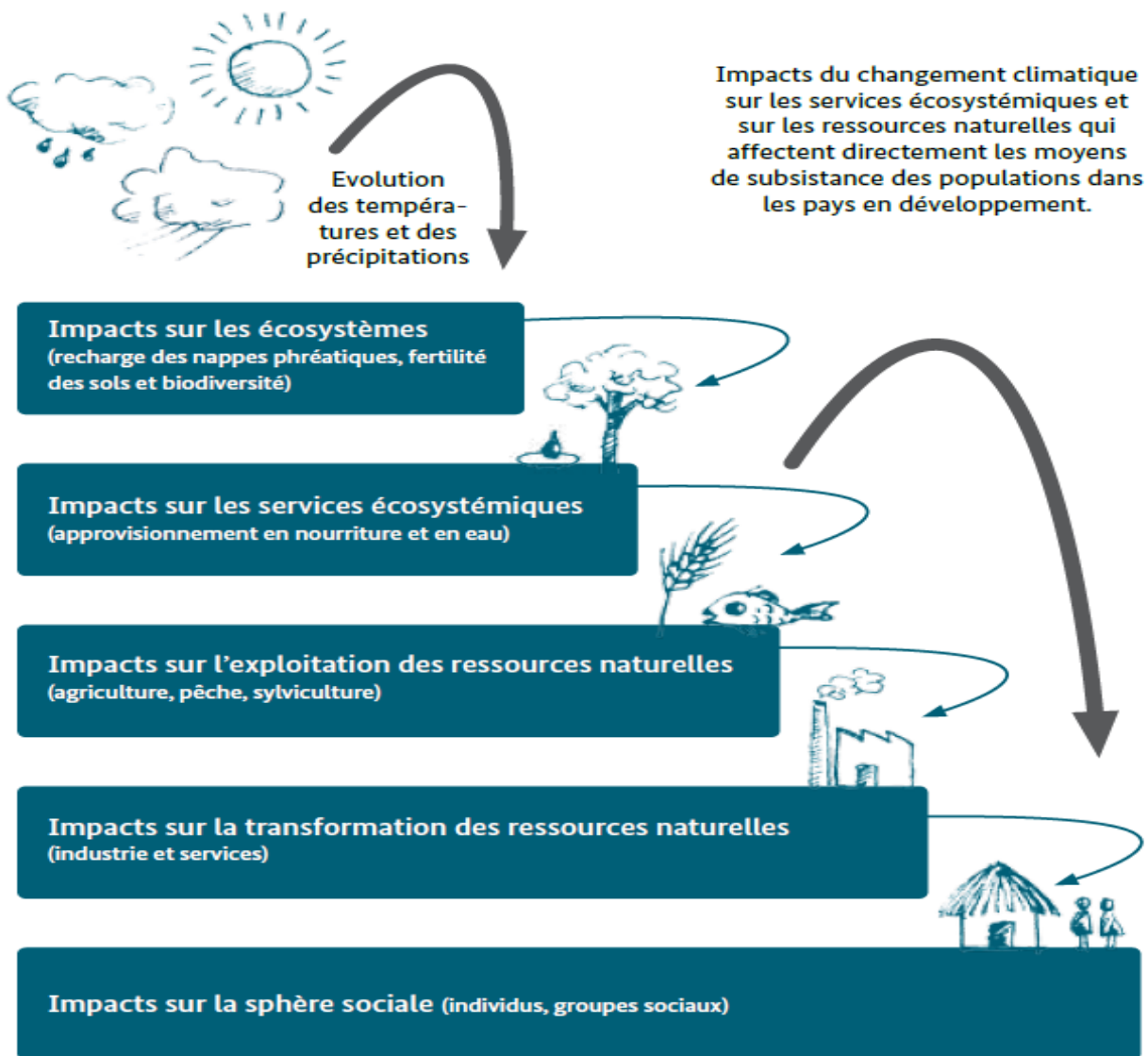


Fig. : 16 Schéma des impacts causés entre autres par le changement du climat

(source : https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=262)

6.1. Lignes directrices d'analyses de vulnérabilité et élaboration de l'adaptation dans les secteurs :

Conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées : [Guide de référence sur la vulnérabilité Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées](#)

Concept et lignes directrices pour le conduit d'analyses de vulnérabilité standardisée

Module 1 : Préparer l'analyse de vulnérabilité

Module 2 : Développer les chaines d'impact

Module 3 : Identifier et sélectionner les indicateurs

Module 4 : Recueillir et traiter les données

Module 5 : Normaliser les données des indicateurs

Module 6 : Pondérer et agréger les indicateurs

Module 7 : Agréger les composantes de la vulnérabilité

Module 8 : Présenter les résultats de votre analyse de vulnérabilité

Les autres cadres sont :

- **ONU :**
Lignes directrices pour les évaluations de l'impact et de la vulnérabilité du climat
<https://issuu.com/unpublications/docs/9789210563765>
- **GIEC : WG2 Impacts, Adaptation, and Vulnérabilité**
<http://www.ipcc-wg2.org/AR5/report/full-report/>
<https://leclimatchange.fr/impact-adaptation-vulnerabilite/>
- **PNUD :**
(périmé) Formuler des scénarios de changement climatique
[Formuler des scénarios de changement climatique pour éclairer les stratégies de développement à l'épreuve du climat](#)

- **Afrique de l'ouest :**

<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/Climate-impactsF-prelims.pdf>

- **Union Européenne :**

outils d'appui à l'adaptation

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/adaptation-support-tool>

- **Canada :**

Lignes directrices sur la méthodologie d'évaluation tous risques

<https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/ll-hzrds-sssmnt/index-fr.aspx>

- **République fédérale d'Allemagne :**

Conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées : [Guide de référence sur la vulnérabilité](#)

[Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées](#)

L'impact et la vulnérabilité du climat

[Des lignes directrices pour les évaluations de l'impact et de la vulnérabilité du climat](#)

6.2. Lignes directrices pour la communication sur l'adaptation :

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma1_auv_L21_Adaptation%20communication.pdf

https://unfccc.int/resource/docs/publications/09_resource_guide1.pdf

Appendice

Données réanalyse (évaluation)

AFR-22.CLMcom-KIT.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.GERICS.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.ICTP.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-44.CLMcom.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.DMI.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.HIRHAM5.v2
AFR-44.ICTP.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RegCM4-3.v4
AFR-44.KNMI.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RACMO22T.v1
AFR-44.MOHC.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.HadGEM3-RA.v1
AFR-44.MOHC.ECMWF-ERAIN.evaluation.r1i1p1.HadRM3P.v1
AFR-44.MPI-CSC.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.SMHI.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.UQAM.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.CRCM5.v1
MNA-22.SMHI.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-44.BOUN.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RegCM4-3.v5
MNA-44.SMHI.ECMWF-ERAINT.evaluation.r1i1p1.RCA4.v1

Données MCG-MCR historique

AFR-22.CLMcom-KIT.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.CLMcom-KIT.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.CLMcom-KIT.NCC-NorESM1-M.historical.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.GERICS.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.GERICS.NCC-NorESM1-M.historical.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.historical.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.NCC-NorESM1-M.historical.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-44.CLMcom.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.historical.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1

AFR-44.CLMcom.ICHEC-EC-EARTH.historical.r12i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.DMI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r3i1p1.HIRHAM5.v2
AFR-44.GERICS.IPSL-IPSL-CM5A-LR.historical.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.MIROC-MIROC5.historical.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2G.historical.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.RegCM4-3.v4
AFR-44.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.historical.r1i1p1.RegCM4-3.v4
AFR-44.KNMI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r12i1p1.RACMO22T.v1
AFR-44.KNMI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r1i1p1.RACMO22T.v1
AFR-44.KNMI.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.RACMO22T.v2
AFR-44.MPI-CSC.ICHEC-EC-EARTH.historical.r12i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.MPI-CSC.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.SMHI.CCCma-CanESM2.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.CSIRO-QCCCE-CSIRO-Mk3-6-0.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r12i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r3i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.IPSL-IPSL-CM5A-MR.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MIROC-MIROC5.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r2i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r3i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.NCC-NorESM1-M.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.historical.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.UQAM.CCCma-CanESM2.historical.r1i1p1.CRCM5.v1
AFR-44.UQAM.MPI-M-MPI-ESM-LR.historical.r1i1p1.CRCM5.v1

MNA-22.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r12i1p1.RCA4.v1
MNA-22.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.historical.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-44.BOUN.MOHC-HadGEM2-ES.historical.r1i1p1.RegCM4-3.v5
MNA-44.BOUN.MPI-M-MPI-ESM-MR.historical.r1i1p1.RegCM4-3.v5
MNA-44.SMHI.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.historical.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.historical.r12i1p1.RCA4.v1
MNA-44.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.historical.r1i1p1.RCA4.v1

Données MCG-MCR scenario RCP 2.6

AFR-22.CLMcom-KIT.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.CLMcom-KIT.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp26.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.CLMcom-KIT.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.GERICS.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp26.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.GERICS.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp26.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-44.GERICS.IPSL-IPSL-CM5A-LR.rcp26.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.MIROC-MIROC5.rcp26.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2G.rcp26.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.KNMI.ICHEC-EC-EARTH.rcp26.r12i1p1.RACMO22T.v1
AFR-44.KNMI.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.RACMO22T.v2
AFR-44.MPI-CSC.ICHEC-EC-EARTH.rcp26.r12i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.MPI-CSC.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp26.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp26.r12i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MIROC-MIROC5.rcp26.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MOHC-HadGEM2-ES.rcp26.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp26.r1i1p1.RCA4.v1

AFR-44.SMHI.NCC-NorESM1-M.rcp26.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-22 aucune réalisation pour le moment
MNA-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp26.r12i1p1.RCA4.v1

Données MCG-MCR scenario RCP 4.6

AFR-22 aucune réalisation pour le moment
AFR-44.CLMcom.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.rcp45.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.ICHEC-EC-EARTH.rcp45.r12i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.MOHC-HadGEM2-ES.rcp45.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp45.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.DMI.ICHEC-EC-EARTH.rcp45.r3i1p1.HIRHAM5.v2
AFR-44.KNMI.ICHEC-EC-EARTH.rcp45.r1i1p1.RACMO22T.v1
AFR-44.KNMI.MOHC-HadGEM2-ES.rcp45.r1i1p1.RACMO22T.v2
AFR-44.MPI-CSC.ICHEC-EC-EARTH.rcp45.r12i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.MPI-CSC.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp45.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.SMHI.CCCma-CanESM2.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.CSIRO-QCCCE-CSIRO-Mk3-6-0.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp45.r12i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.IPSL-IPSL-CM5A-MR.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MIROC-MIROC5.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MOHC-HadGEM2-ES.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.NCC-NorESM1-M.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.UQAM.CCCma-CanESM2.rcp45.r1i1p1.CRCM5.v1
AFR-44.UQAM.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp45.r1i1p1.CRCM5.v1
MNA-22 aucune réalisation pour le moment
MNA-44.BOUN.MOHC-HadGEM2-ES.rcp45.r1i1p1.RegCM4-3.v5
MNA-44.BOUN.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp45.r1i1p1.RegCM4-3.v5

MNA-44.SMHI.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp45.r12i1p1.RCA4.v1
MNA-44.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.rcp45.r1i1p1.RCA4.v1

Données MCG-MCR scenario RCP 6.0

Aucune réalisation pour le moment

Données MCG-MCR scenario RCP 8.5

AFR-22.CLMcom-KIT.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.CLMcom-KIT.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.CLMcom-KIT.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.CCLM5-0-15.v1
AFR-22.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.GERICS.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.GERICS.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.REMO2015.v1
AFR-22.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp85.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-22.ICTP.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.RegCM4-7.v0
AFR-44.CLMcom.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.rcp85.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r12i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.CLMcom.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.CCLM4-8-17.v1
AFR-44.DMI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r3i1p1.HIRHAM5.v2
AFR-44.GERICS.IPSL-IPSL-CM5A-LR.rcp85.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.MIROC-MIROC5.rcp85.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.GERICS.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.ICTP.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.RegCM4-3.v4
AFR-44.ICTP.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp85.r1i1p1.RegCM4-3.v4
AFR-44.KNMI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r1i1p1.RACMO22T.v1
AFR-44.KNMI.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.RACMO22T.v2

AFR-44.MPI-CSC.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r12i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.MPI-CSC.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.REMO2009.v1
AFR-44.SMHI.CCCma-CanESM2.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.CSIRO-QCCCE-CSIRO-Mk3-6-0.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r12i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r3i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.IPSL-IPSL-CM5A-MR.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MIROC-MIROC5.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r2i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR.rcp85.r3i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.NCC-NorESM1-M.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
AFR-44.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-22.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r12i1p1.RCA4.v1
MNA-22.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-44.BOUN.MOHC-HadGEM2-ES.rcp85.r1i1p1.RegCM4-3.v5
MNA-44.BOUN.MPI-M-MPI-ESM-MR.rcp85.r1i1p1.RegCM4-3.v5
MNA-44.SMHI.CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1
MNA-44.SMHI.ICHEC-EC-EARTH.rcp85.r12i1p1.RCA4.v1
MNA-44.SMHI.NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M.rcp85.r1i1p1.RCA4.v1