
RAPPORT

Séminaire formation-action sur la performance et réglage du modèle Weather Research and Forecasting (WRF) dans le cadre du Projet SLAPIS Sahel



Niamey du 13-16 février 2024

Rapporteurs :

Mesdames :

Gounga Aïchatou
Abdoul Razak Nadia

Messieurs :

Vieri Tarchiani
Ousman Baoua
Abdel Aziz Konseibo
Béré Thomas
Mohamed Mahamadou
Adamou Sayri Younoussa
Aboubacar Illiassou

Niamey, le 19 février 2024

Contexte et justification :

Dans le cadre du Projet SLAPIS Sahel, un séminaire de formation action sur le modèle Weather Research and Forecasting (WRF) a été organisé du 13 au 16 février 2024 à Niamey au Niger.

Ce séminaire a regroupé les experts en prévisions météorologiques, hydrologiques et en modélisation du Burkina Faso, du Niger et de l'Institut de BioEconomie d'Italie. Le modèle WRF étant déjà opérationnel au Niger et au Burkina Faso, ce séminaire est un rendez-vous d'échange de connaissances et d'expériences et enfin de dégager les pistes d'amélioration du modèle afin d'affiner davantage les prévisions météorologiques.

Cette initiative d'échange d'expériences entre ces différents acteurs rentre dans le cadre de la mise en œuvre du projet SLAPIS Sahel. Pour rappel, le projet SLAPIS Sahel vise à réduire les risques hydrométéorologiques et de mettre en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique pour un développement durable à travers le renforcement des compétences et des capacités des Services Météorologiques et Hydrométéorologiques Nationaux du Burkina Faso et du Niger. Sans oublier la mise en place d'un système d'Alerte Précoce transfrontalier contre les inondations de la Sirba.

De façon spécifique, ce séminaire a regroupé les participants de l'Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso, de l'Institut Bio-économie de l'Italie, du Centre Régional AGRHYMET, de l'Université Abdou Moumouni, de la Direction des Ressources en Eau et de la Direction de la Météorologie Nationale (Annexe I : liste de présence).

Objectifs du séminaire

Ce Séminaire vise à partager les expériences des équipes du Burkina Faso, de l'Italie et du Niger dans l'opérationnalisation du modèle WRF et de discuter sur les possibilités d'améliorer la performance de ce modèle.

Spécifiquement, les objectifs visés sont :

- approfondir la connaissance sur le modèle WRF et de son architecture des équipes du Burkina Faso et du Niger ;
- évaluer la performance du modèle WRF au Burkina Faso et au Niger ;
- prendre en compte les attentes des prévisionnistes, modélisateurs et spécialités du réseau du Burkina Faso et du Niger ;
- discuter sur la configuration du modèle WRF tant pour le Burkina Faso que pour le Niger ;
- dégager les stratégies d'amélioration conjointe de la performance du WRF ;
- élaborer un plan d'actions conjoint aux deux pays (Niger et Burkina Faso).

Résultats attendus

Les résultats attendus sont :

- * les équipes du Burkina Faso et du Niger ont une connaissance plus approfondie sur le modèle WRF et de son architecture ;
- * la performance du modèle WRF est évaluée tant pour le Burkina Faso que pour le Niger ;
- * les attentes des prévisionnistes, des modélisateurs et des spécialités réseau du Burkina Faso et du Niger sont bien définies et prises en compte dans le développement du modèle;
- * discussion et échange d'expérience sur l'opérationnalisation du WRF au Burkina Faso et au Niger sont effectuées;
- * les stratégies conjointes d'amélioration du modèle sont dégagées.
- * L'élaboration d'un plan d'actions conjoint aux deux pays (Niger & Burkina Faso).

Journée du mardi 13 février 2024

Ouverture des travaux du séminaire :

La cérémonie d'ouverture a débuté par le mot introductif du Coordonnateur du Niger du Projet SLAPIS Sahel qui a résumé de façon générale les objectifs du projet SLAPIS Sahel et les grandes lignes de ce présent séminaire.

La première allocution a été celle du Directeur Régional (Niger, Tchad et Burkina Faso) de la Coopération italienne résident au Niger, Monsieur Fabio Minniti qui a exprimé sa joie de participer à l'ouverture de cette formation en rappelant la coopération de longue date entre le Niger et l'Italie qui lie la Direction de la Météorologie Nationale du Niger et l'Italie.

La deuxième intervention a été celle du Directeur de la Météorologie Nationale, Monsieur Katiellou Gaptia Lawan qui a souhaité la bienvenue aux participants et a fait un bref rappel des projets mis en œuvre par la Direction de la Météorologie Nationale en collaboration avec la Coopération italienne entre autres les projets ANADIA & ANADIA 2. Pour la présente formation, le Directeur de la Météorologie a souligné toute son importance dans la prise des décisions face aux phénomènes météorologiques extrêmes. En effet, le modèle WRF au cœur de la présente formation permettra d'affiner davantage les prévisions météorologiques avec une résolution plus fine.

Toujours dans son allocution, il a rappelé que les prévisions du modèle WRF contribueront à une meilleure prise de décisions face événements météorologiques dans tous les secteurs socio-économiques (Agriculture, santé, énergie etc.). Il a enfin félicité les experts venus de l'Italie, de l'Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso, de l'AGRHYMET, de l'Université Abdoul Moumouni, de la Direction des Ressources en Eau du Niger et de la Direction de la Météorologie Nationale pour la parfaite collaboration dans le processus d'amélioration des prévisions météorologiques, hydrologiques et dans la modélisation. Sur ce, il a déclaré ouvert le présent séminaire.

Le séminaire :

Après la présentation des participants et de l'amendement du programme de l'atelier (annexe 2 : chronogramme du séminaire), les exposés suivants ont été présentés :

1. Présentation du projet SLAPIS Sahel et les résultats attendus de ce séminaire ;
2. Etat de lieu de l'exploitation du WRF au Burkina Faso ;
3. Etat de lieu de l'exploitation du WRF au Niger ;
4. Etat de lieu de l'exploitation du WRF au Centre Régional AGRHYMET ;
5. Etat de lieu de l'exploitation du WRF en Italie ;
6. Introduction aux méthodes d'évaluation de la performance du WRF.

Présentation du projet SLAPIS Sahel et les résultats attendus de ce présent séminaire:

Monsieur Vieri Tarchiani, a commencé par rappeler les différentes coopérations qui ont lié la DMN et l'Italie dans le domaine de la météorologie. Il s'agit du projet ANADIA et ANADIA 2.0 (de 2012 à 2021) et le projet SLAPIS Sahel de 2023 à 2026 conjointement mis en œuvre au Niger, au Burkina Faso et en Italie.

Il a ensuite rappelé l'objectif général du projet SLAPIS Sahel qui vise à réduire les risques hydrométéorologiques et de mettre en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique. Sans oublier le renforcement des capacités et les compétences des services Météorologiques et Hydrologiques Nationaux du Burkina Faso et du Niger à travers la mise en place d'un Système d'Alerte Précoce transfrontalier contre les inondations de la Sirba.

Monsieur Vieri a présenté les approches et les résultats attendus du projet SLAPIS Sahel dont le présent séminaire vise entre autres à l'élaboration d'un plan d'actions commun aux deux pays. Il a ensuite expliqué le rôle et la contribution de toutes les parties prenantes dans la mise en œuvre de

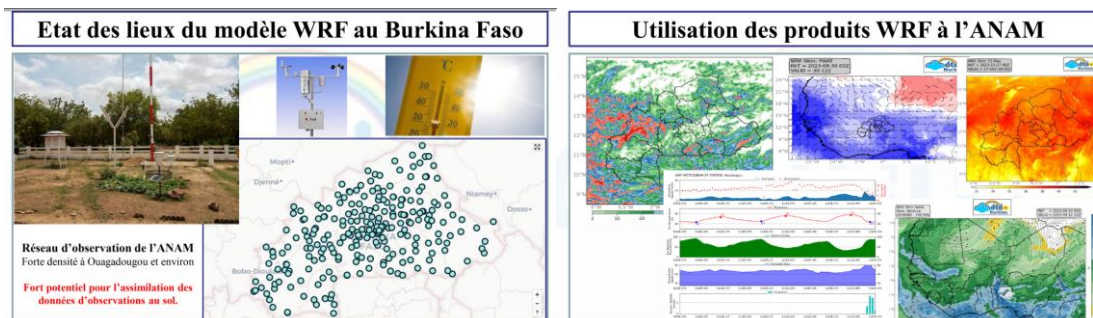
ce projet à savoir : le Centre Régional AGRHYMET, l'Université Abdou Moumouni et la Direction des Ressources en Eau.

Etat de lieu de l'exploitation du WRF au Burkina Faso

Les experts de l'Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso (ANAM), Messieurs Béré Thomas, Abdel Aziz Konseibo et Dabré Rachid Souleymane ont fait des exposés sur l'état des infrastructures, équipements informatiques et des produits du modèle WRF.

La première présentation sur les infrastructures et équipements informatiques a été faite par Monsieur Dabré Rachid Souleymane. Il a entre autres expliqué les capacités du High Performance Computing (HPC) ou super ordinateur, qui est très performant et fonctionne sous un environnement almalinux 8.8 avec deux réseaux (1 interne en infini-bande et un réseau ethernet). Pour rappel, ce HPC a été acquis en 2018 et il a commencé à être opérationnel en juin 2023. De façon spécifique, il fonctionne avec 10 nœuds de calcul totalisant 480 cœurs de 2 nœuds de stockage de 130 To de stockage utile.

La présentation sur l'exploitation du modèle a été faite conjointement par Messieurs Béré Thomas et Abdel Aziz Konseibo. Le modèle WRF (ARW) est opérationnel au Burkina Faso depuis juin 2023 avec 2 Runs à 9 Km et 3 Km de résolution. Ils ont expliqué les différents paramètres de sortie et de l'utilisation qui en est faite dans le domaine de la Prévision Numérique du Temps (PNT).



Figures : Etat des lieux du modèle WRF et utilisation des produits WRF à l'ANAM

Des perspectives de développement d'autres applications ont été proposées dont entre autre l'opérationnalisation d'autres WRF-Solar, WRF-CHEM (poussière, pollution, santé, énergie, ...) et le WRF-Hydro couplé (inondations -SLAPIS-). Ils ont aussi mentionné que l'ANAM est appuyé par le Programme Alimentaire Mondiale (PAM) avec la mise à disposition d'un expert en WRF. Mais la principale difficulté est l'insuffisance de formation dans le domaine de la maintenance et de l'exploitation du modèle.

Enfin la présentation des experts du Burkina Faso a été suivie par une série de questions sur les sorties de modèle, l'assimilation de donnée, la perte des données suite au crash du système, la capitalisation des données des stations automatiques, la connexion internet et. A toutes ces questions des réponses ont été données par les experts de l'ANAM.

Etat de lieu de l'exploitation du WRF au Niger

De même que le Burkina Faso, le Niger a également présenté son environnement informatique, l'interface WRF et les paramètres de sortie. La présentation sur l'infrastructure et équipements informatiques a été faite par Monsieur Saadou Moussa. Il ressort de son intervention que le HPC ou super ordinateur de la DMN possède 288 cœurs, 768 Go de RAM et 6To de disque dur. Pour la sauvegarde des données, le HPC dispose d'un espace de stockage de 376 cœurs, 896 Go de RAM et 104 espaces de disque.

Monsieur Saadou a aussi présenté le réseau d'observation météorologique de la DMN qui comprend : 15 stations synoptiques, 8 stations climatologiques, 2 stations agrométéorologiques, 106 stations automatiques et 13 pluviomètres automatiques.

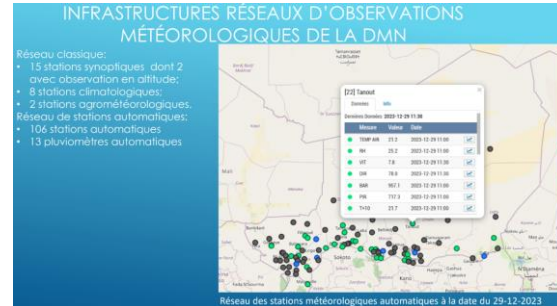
La présentation sur l'interface du modèle WRF a été faite par Monsieur Younoussa Adamou Sayri qui a expliqué les différents paramètres disponibles, les différents runs du modèle et les difficultés rencontrées dans l'opérationnalisation de ce modèle.

CALCULATEUR DE LA DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE NATIONALE (DMN)

Catégorie	Désignation	Nbre	Modèle	Processeurs	Nbre de cœur	RAM (Go)	Disque dur (To)
Principale	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8890 v4 @ 2.20GHz	48	64	2
	PowerEdge R930	4	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8894 v4 @ 2.40GHz	96	256	2
	PowerEdge R930	4	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8894 v4 @ 2.40GHz	96	256	2
	PowerEdge R930	4	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8894 v4 @ 2.40GHz	96	256	2
Traitement	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8891 v4 @ 2.80GHz	288	768	6
	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8891 v4 @ 2.80GHz	20	32	48
Stockage	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xeon® CPU E7-8891 v4 @ 2.80GHz	40	64	96
					376	896	104

OS: Bright basé sur Ubuntu 20.04.5, licence gratuite de 8 nœuds limit

équipements support et réseau	Installation électrique	Conditionnement salle du calculateur
Internet 20 bits/s en FO	Secteur Nigelec	Deux climatiseurs de 2 CV
switchfast Ethernet	Groupe de 200 KVA	Système de détection d'incendie
Firewall	Distributeur de 10 KVA	



Figures des infrastructures de la DMN et des spécificités techniques du calculateur

Les difficultés qui rencontrées dans la mise en œuvre du WRF au Niger depuis 2023 sont liées principalement aux coupures d'électricité, mise en veille automatique du système d'exploitation et de l'instabilité du réseau internet. Des solutions ont été trouvées pour certaines contraintes et d'autres sont en cours d'évaluation. Une meilleure exploitation de ce modèle WRF est espérée au cours de l'année 2024.

Des questions pertinentes ont été posées auxquelles des réponses ont été données. Des suggestions ont été faites pour une meilleure amélioration des sorties du modèle parmi lesquelles on peut citer : acquisition d'un système d'alimentation électrique, l'augmentation du débit internet sur le calculateur, l'installation d'un système de climatisation de secours, acquisition et installation d'un système de détection d'alerte et d'extension d'incendie dans la salle de calcul et l'aménagement d'un cadre de test, d'étalonnage et de calibrage des instruments d'observation météorologique.

Etat de lieu de l'exploitation du WRF au Centre Régional AGRHYMET

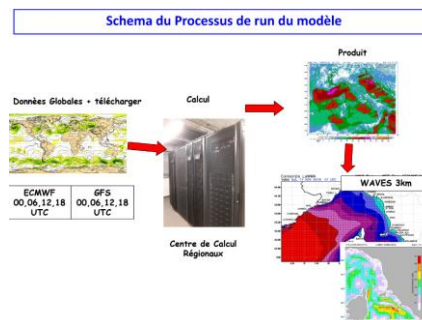
Compte tenu des débats suscités par les présentations du Burkina Faso et du Niger sur l'opérationnalisation du WRF et de ses sorties, il a été demandé à Dr Ibrah Saidou de partager son expérience de mise en œuvre du WRF au niveau régional. A cet effet, une présentation a été faite sur donnant plus de détails sur le dimensionnement du modèle, les spécifications techniques d'un HPC et sur les équipements informatiques de manière générale qui accompagnent le calculateur.

Les principales difficultés rencontrées au niveau régional dans la mise en œuvre du modèle WRF sont dues à l'insuffisance de personnel tant pour la maintenance que l'exploitation. Des échanges fructueux ont clos l'exposé de Dr Ibrah.

Etat de lieu de l'exploitation du WRF en Italie

Monsieur Francesco Pasi a aussi partagé l'expérience de la mise en œuvre du WRF dans la modélisation numérique du Temps au niveau du Service Météorologique de la région de Toscane en Italie. Il a tout d'abord donné des détails sur le centre de calcul, la performance du calculateur (HPC) qui dispose 32 nœuds, 1024 processeurs, 140 Go de RAM, mémoire locale 1 To et un stockage de 10 To.

Il a aussi mentionné pour l'exploitation, le modèle WRF est initialisé quatre (4) fois par jour à 00h, 06h, 12h et 18h et les produits numériques développés sont destinés à la protection civile et au public de façon générale avec des applications spécifiques sur les risques de feux de brousse, la pollution et l'hydrologie.



Figures : centre de calcul de la région Toscane et schéma du processus de run du modèle

Toujours, dans la capitalisation des connaissances, Monsieur Pasi a exposé aussi sur un autre modèle numérique utilisé en Italie, le Moloch (<https://www.lamma.toscana.it/modelli/modelli-atmosferici>) conçue par le conseil national de la recherche d'Italie (CNR) avec un temps de calcul plus réduit par rapport au modèle WRF. Le modèle est à accès libre et disponible pour tout pays désireux de l'exploiter.

Introduction aux méthodes d'évaluation de la performance du WRF

La dernière présentation de la journée sur méthodes d'évaluation du WRF a été faite par Monsieur Francesco Pasi. Il a tout d'abord rappelé l'importance de l'évaluation d'un modèle qui permet de surveiller et d'améliorer la qualité des prévisions. C'est dans cette logique que les sorties du WRF sont constamment évaluées en Italie.

Il a surtout insisté sur la qualité des observations et la densification du réseau d'observation météorologique. En ses termes « les résultats des vérifications sont plus fiables lorsque la quantité et la qualité des données de vérification sont élevées ».

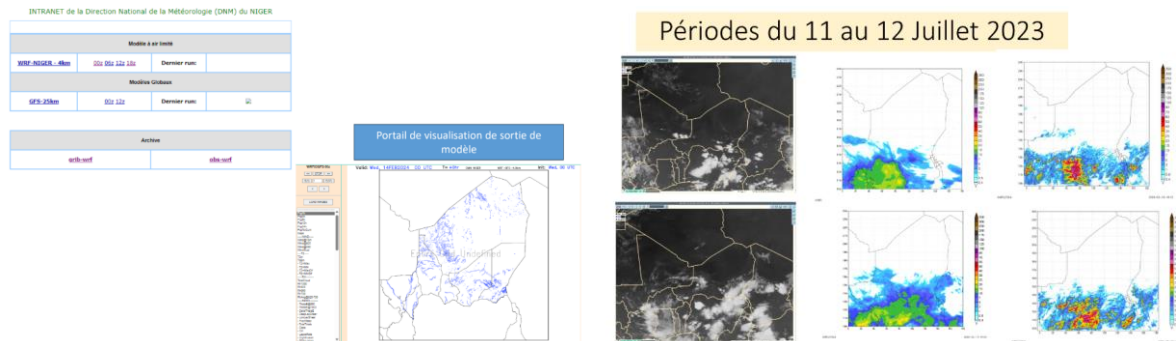
Plusieurs méthodes et approches existent dans l'évaluation des prévisions, il convient juste de chercher la méthode qui convient le mieux entre le Biais, le RMSE, Accuracy (précision), taux de succès, la vérification visuelle, le tableau de contingence etc.

Journée du mercredi 14 février 2024

Les travaux ont débuté par la présentation et l'amendement du compte rendu de la première journée. Conformément au chronogramme du séminaire, cette deuxième journée a été consacrée à l'évaluation du modèle WRF au Niger, Italie et au Burkina Faso sans oublier les cas d'étude.

L'exposé du Niger a été fait par Monsieur Adamou Sayri Younoussa, Cette présentation a permis de rappeler la configuration du modèle utilisé par la DMN (4 Runs/jour avec une résolution de 4 Km sur le Niger) et la méthode d'évaluation adoptée (RMSE, Accuracy, Biais...). Cela a suscité beaucoup de questions et de discussions, principalement sur l'approche utilisée pour l'extraction des données du modèle sur les coordonnées des stations, la bonne synchronisation des périodes des cumuls de pluie entre les imageries satellitaires, les stations synoptiques, et les runs des modèles.

Des discussions ont aussi porté sur la méthodologie utilisée par la DMN dans l'évaluation du WRF. En effet, il a été suggéré d'utiliser les données spatialisées en lieu et place des données des stations pour l'évaluation du modèle du fait que le modèle est conçu par points de grille en termes de résolution.



Figures : interface du WRF Niger et évaluation visuelle du phénomène pluvieux du 11/07/2023

Enfin, il en ressort de ces riches discussions qu'aucune méthode d'évaluation n'est unanimement acceptée. Cependant, les échanges se poursuivront plus tard pour un consensus sur la méthode à retenir pour l'évaluation future du modèle WRF (utilisation des données margées) tant pour le Burkina Faso, le Niger et l'Italie.

La seconde communication a porté sur la présentation des résultats de l'évaluation de WRF en Italie, faite par IBE/LaMMA. Elle a été le lieu de rappeler quelques principes d'évaluation des prévisions de variables en points de grille. En Italie, des techniques ont été trouvées pour réduire la complexité du processus d'évaluation à travers l'agrégation des données (points de grille) par régions administratives/physiques et la répartition des cumuls de pluie par classes.

En comparaison avec d'autres modèles utilisés en Italie, cette évaluation a montré que les performances des différents modèles étaient quasi-similaires et que WRF (forcé avec GFS) a les meilleurs résultats qui répondent le mieux aux besoins des utilisateurs.

La troisième séance a été pratique sur l'évaluation de WRF en utilisant le logiciel R sur le HPC de la DMN. La méthode d'extraction des données sur les coordonnées des stations a été précisée (Bilinear). Cependant, compte tenu de contraintes liées à la connexion internet, plusieurs exercices n'ont pas été effectués au cours de cette session pratique, dirigée par Monsieur Francesco Pasi.

La dernière présentation de la journée a porté sur l'évaluation d'un cas d'étude pour la prévision des événements météorologiques extrêmes suivie d'une session pratique portant sur une revue des fichiers `met_em*`, `wrfout_*`, extraction des données des stations en utilisant GrADS. D'autres commandes de traitement et de visualisation des données et graphiques ont été introduites et la période du 12 au 22 juillet 2023 a été utilisée comme période de test.

Des échanges techniques sur les différentes méthodes d'évaluation ainsi que sur les outils de traitement et de visualisation : WRF-Python, MetPy et GrADS ont clôturé les travaux de la journée.

Journée du jeudi 15 février 2024

Les travaux de cette troisième journée ont débuté par la présentation et l'adoption du compte rendu de la journée précédente.

Cette journée a été consacrée aux discussions techniques sur la meilleure approche ou technique d'évaluation consensuelle que les trois pays doivent utiliser, sans oublier les paramètres de configuration. Compte tenu des riches exposés sur les méthodes d'évaluation et la configuration système des deux premiers jours du séminaire, il a été question d'approfondir les réflexions sur l'évaluation du modèle WRF au cours de la saison d'hivernage 2023 et pour les années à venir.

Ainsi, la première idée a porté sur une suggestion d'utiliser l'outil MET pour la validation telle que présentée par Dr Ibrah Saidou. L'outil en question présente plusieurs paramètres, le présentateur a choisi un des paramètres à savoir « `pcp_combine` » pour la validation des sorties du modèle. En effet,

Le « pcp_combine » à la possibilité de prendre 24 fichiers horaires, les traiter sur plusieurs couches. En seconde partie, Dr Ibrah a démontré que le paramètre « Grid_Stat » prends en compte les données d'observations et de sorties du WRF. Il permet également de faire la comparaison de plusieurs fichiers et de faire des statistiques.

Toujours, dans le même ordre d'idée, de réfléchir sur les méthodes d'évaluation consensuelle du WRF pour les trois pays, Monsieur Pasi a fait une présentation sur le GrADS en termes d'interpolation, afin de montrer une fois de plus l'importance de l'outil surtout pour l'évaluation visuelle. Le GrADS à travers des syntaxes, permet de générer automatiquement des cartes.

De plus, il a partagé son expérience sur la résolution des modèles en faisant la comparaison des sorties du WRF à 4 et 25 km. En effet, les sorties de WRF à 4 km ont été comparées avec la même donnée mais dégradée à 25 km, il ressort que le model à 4 km peut être porté à 25 km et avoir des résultats de bonne qualité par rapport au GFS.

Pour la question relative à la configuration du WRF, Monsieur Pasi a projeté les différentes configurations WRF des trois pays et on constate une seule différence au niveau du paramètre de la microphysique ; ainsi le Niger utilise 2, le BF 3 et l'Italie 8, au regard de la nature des précipitations convectives, le paramètre microphysique est crucial pour la prévision de pluie dans le tropique et plus spécifiquement au Sahel. La discussion sur cette question de paramétrisation physique a permis de dégager pour le Burkina Faso et le Niger les points suivants :

NIGER 2		BURKINA 3		Italie 8	
mp_physics (max_dom)	microphysics option				
0	no microphysics				
1	Kessler scheme: A warm-rain (i.e. no ice) scheme used commonly in idealized cloud modeling studies.			5	Ferrier scheme: A scheme that includes prognostic mixed-phase processes. This scheme was recently changed so that ice saturation is assumed at temperatures colder than -30C rather than -10C as in the original implementation. This scheme is well tested for WRF-NMM, used operationally at NCEP.
2	Lin et al. scheme: a sophisticated scheme that has ice, snow and graupel processes, suitable for real-data high-resolution simulations.			6	WSM 6-class graupel scheme: A new scheme with ice, snow and graupel processes suitable for high-resolution simulations. This scheme has been preliminarily tested for WRF-NMM.
3	WRF Single-Moment (WSM) 3-class simple ice scheme: A simple efficient scheme with ice and snow processes suitable for mesoscale grid sizes.			7	Goddard GCE scheme (also uses gsfcgce_hail, gsfcgce_2ice)
4	WRF Single-Moment (WSM) 5-class scheme. A slightly more sophisticated version of option 3 that allows for mixed-phase processes and super-cooled water. This scheme has been preliminarily tested for WRF-NMM.			8	Thompson graupel scheme: a scheme with six classes of moisture species plus number concentration for ice as prognostic variables. This scheme has been preliminarily tested for WRF-NMM.

Figure : configuration de la microphysique du WRF des trois pays

- étudier bien la documentation sur les régions tropicales ;
- tourner le modèle WRF de la saison 2023 de chaque pays avec 2 configurations différentes (microphysique 2 et 3) ;
- évaluer les résultats avec les CHIRPS comme référence ;
- initialiser la simulation à 00 h pour minimum 30 h.

Les discussions sur les méthodes d'évaluation du WRF ont abouti aux options suivantes :

Pour la validation à court et moyen terme, il a été convenu que le Niger et le Burkina Faso utilisent :

- les CHIRPS avec les observations locales (mergées) ;
- les données TAMSAT avec les observations locales (mergées) ;
- l'évaluation de la saison d'hivernage 2023 avec une résolution de 5 km (CHIRPS) ;
- le paramètre pluie uniquement.

Toutefois, au besoin ces deux pays peuvent aussi en optionnel :

- utiliser l'outil « Met » (facultative) ; Dr Ibrah est disponible pour d'éventuel assistance technique en la matière ;

- faire des analyses plus poussées sur des cas d'études en utilisant les microphysiques différents dans des conditions spécifiques sur une période limitée (par exemple : précipitation forte, concentré d'un système organisé large et persistant, une situation quotidienne, etc.) ;
- vérifier (au préalable) la disponibilité des GFS par heure pour le passé sinon à 3 h ;
- vérifier la fenêtre temporelle des CHIRPS journaliers, si elle est de 00 à 00 ou de 06 à 06. Tâche à effectuer par Monsieur Bernard

Il a été aussi décidé que la validation du WRF à long terme à partir de 2024 portera sur :

- les paramètres vent, température et l'humidité en plus de la pluviométrie ;
- l'intégration du volet hydrologique. Pour 2025 il est envisagé de comparer WRF avec ICON et aussi la possibilité d'utiliser le WRF dans le cadre du WAFFGS (WAFFGS.hecwater.org) malgré qu'il serait pratiquement impossible de valider les sorties de WRF par rapport aux sous-bassins de FFGS qui sont trop petits en dimension;
- l'acquisition par la DMN des données satellitaires à travers la station de l'AGRHYMET.

En fin de journée, Monsieur Moumouni Kaougé Boubacar a partagé le script développé sur R que la DMN utilise pour comparer les données du WRF et les données d'observation des stations météorologiques. Il a été demandé que le script soit aussi partagé avec les experts du Burkina Faso.

Les échanges fructueux de cette troisième journée ont été sanctionnés par des recommandations qui sont :

1. améliorer la page de visualisation de la DMN, de vérifier les variables à cartographier, d'adapter la liste dans la page html ;
2. partager la page de visualisation avec le Burkina Faso ;
3. élargir le domaine Niger à l'Ouest de 2 degrés pour la DMN;
4. faire 2 runs en saison sèche à 00 et 12 et en hivernage 4 runs pour le WRF du Niger;
5. renforcer les capacités du personnel de l'ANAM et de la DMN sur les hardwares (HPC) et l'administration de système linux (formation continue et/ou certifiante) ;
6. ajouter à la page de visualisation de la DMN des cartes html de prévision des autres modèles à savoir le GFS, ICON, ECMWF ;
7. Renforcer les capacités du personnel de la DMN et de l'ANAM sur le WRF.

Journée du vendredi 16 février 2024

Les travaux ont débuté par la présentation du compte rendu de la troisième journée qui a été amendé et adopté.

Conformément à la demande de la plénière, le Professeur Ibrahim Boubacar de l'Université Abdou Moumouni a partagé l'expérience de l'Université en matière d'évaluation et d'assimilation des données. Ainsi, le Professeur a présenté un cas d'étude sur « utilisation des simulations climatiques pour des études d'impacts de la variabilité et du changement climatique sur les ressources en eau ».

Cette présentation a permis aux participants de mieux comprendre le processus de collecte, et de traitement des données afin de caractériser la dynamique climatique et le régime hydrologique des cours d'eau. Pour l'évaluation de la qualité des simulations climatiques, plusieurs approches ont été utilisées dont entre autres:

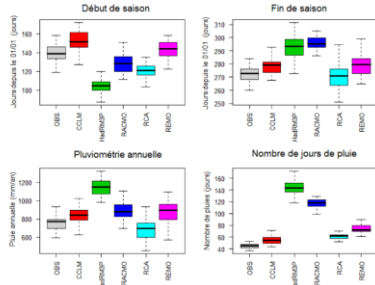
- Le diagramme de Taylor ;
- Le coefficient de corrélation ;
- La matrice de confusion ;
- L'erreur quadratique moyenne et la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne ;
- Le quantile quantile etc...

Pour la correction des données issues de simulations climatique, deux méthodes ont été adoptées à savoir la méthode de delta basée sur l'écart de moyen et la méthode Quantile Quantile basée sur la correction de l'amplitude et de la fréquence.

En fin, le Professeur a expliqué la méthodologie utilisée pour l'évaluation de la variabilité future du climat. Ce riche exposé a permis aux participants d'avoir une idée de la multitude de techniques et de méthodes utilisée dans l'évaluation des prévisions et des simulations climatiques.

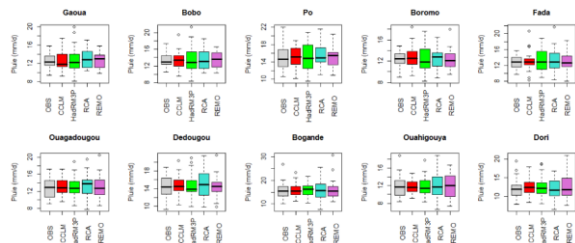
Evaluation de la qualité des simulations climatiques

Evaluation de la qualité des simulations (boîte à moustaches)



Correction des données issues des simulations climatiques

Pluie moyenne journalière (période 1961-1990)



Figures: méthode d'évaluation des simulations climatiques à l'Université Abdou Moumouni

Le deuxième exposé d'ordre participatif a été dirigé par Monsieur Vieri Tarcharni et a porté sur les grandes lignes du plans d'actions conjoint des deux pays (Burkina Faso et Niger) sur l'évaluation de la performance et réglages du modèle WRF. Le plan d'actions suivant a été élaboré :

Tableau : plan d'actions 2023 et 2024 de l'ANAM et de la DMN

Domaine d'intervention	Activités à mener	Acteurs	Chronogramme
1. Simuler l'année 2023 en hindcast avec les données initiales opérationnelles de GFS de juin à octobre 2023			
<ul style="list-style-type: none"> Tourner le modèle WRF de la saison 2023 de chaque pays avec 2 configurations différentes (l'originale et une autre au choix) Initialiser la simulation à 00 h pour minimum 30 h Utiliser les GFS à la résolution temporelle la plus élevée disponible (il faudra donc vérifier la disponibilité des GFS pour le passé par heure sinon à 3 h). S'assurer que les simulations soient initialisées sur le même GFS. Maintenir le modèle opérationnel (2 runs à 00h et 12h) et dans les périodes où le cluster n'est pas occupé lancer les simulations en hindcast. Pour ce faire il faudra utiliser le SLURM pour programmer les différents jobs. 	Vérifier l'espace requis pour archiver les sorties de WRF et les données d'utilisation. S'assurer qu'il soit accessible et à supporter un système de back-up.	DMN & ANAM	Fin Février 2024
	Télécharger les données GFS à pas de 3 heures		Fin Février 2024
	Modifier le SLURM pour planifier les runs opérationnels et celles en Hindcast		Fin Février 2024
			Mars-Avril 2024
2. Validation des sorties WRF 2023			
<ul style="list-style-type: none"> Evaluer les résultats par comparaison avec les CHIRPS comme référence Les CHIRPS mergés avec les 	Récupérer les données CHIRPS et TAMSAT mergées	DMN & ANAM	Mars 2024
	Modifier le script R de la DMN		Mars 2024

<p>observations locales tant pour le Niger que pour le Burkina Faso seront utilisées. Il faudra préalablement vérifier (par AGRHYMET) la fenêtre temporelle des CHIRPS journaliers, si c'est de 00 à 00 ou de 06 à 06</p> <ul style="list-style-type: none"> • En deuxième choix on utilisera aussi les données TAMSAT mergées avec les observations locales. • L'analyse sera faite sur toute la saison 2023 de juin à octobre pour l'ensemble des points de grille. • Les produits WRF devront être dégradés à la résolution de 5 km pour les comparer aux données CHIRPS, et de 4 km de TAMSAT. • Prendre en compte uniquement la pluviométrie. • Il est recommandé d'utiliser R pour l'analyse géo-statistique. La DMN a déjà un script R pour analyser et comparer les données des WRF avec les données observées par les stations. Le script devra être modifié pour comparer WRF et CHIRPS (et TAMSAT) par point de grille. Le script sera partagé avec l'ANAM. • En option on peut aussi utiliser « MET » (facultatif) pour calculer les scores d'évaluation spatiale ; Dr Ibrah de AGRHYMET est disponible pour d'éventuel besoin /aide en la matière. • En optionnel on pourra faire des analyses plus poussées sur des cas d'études en utilisant les microphysiques différentes dans des conditions spécifiques sur une période limitée (par exemple : Précipitation forte, concentré d'un système organisé large et persistant, une situation quotidienne, etc.). 	Calculer les indices statistiques WRF-CHIRPS pour les 4 configurations		Avril-Mai 2024
	En alternative appliquer le « MET »		Avril-Mai 2024
	Visualiser les indices statistiques avec R		Avril-Mai 2024
	Identifier la meilleure configuration		Mai 2024
			Fin mai 2024
		<p>Pour le suivi du processus d'évaluation on envisage une visioconférence mensuelle entre les équipes. La date limite de cette évaluation de la saison d'hivernage 2023 est décidée pour le 1^{er} juin 2024</p>	
3. La validation WRF 2024			
<ul style="list-style-type: none"> • Les données 2024, en plus de la pluviométrie, feront l'objet d'une évaluation du vent, de la température, l'humidité et possiblement sur les différentes saisons : vérification ponctuelle de la TMIN / TMAX journalière sur les stations synoptiques et de même pour la VMAX journalière • Application hydrologique : Pour 	Run WRF avec la nouvelle configuration	DMN & ANAM	A partir de juin 2024
	Utiliser R ou MET pour la comparaison ICON-		Novembre 2024

<p>2024 on envisage de comparer WRF avec Icon pour évaluer son possible utilisation dans le FFGS (WAFFGS.hecwater.org) car il semble difficile de valider les sorties de WRF par rapport aux sous-bassins de FFGS qui sont trop petits.</p> <ul style="list-style-type: none"> Application hydrologique : prévoir une extraction des sorties de WRF par sous bassin. La DRE, l'Université et AGRHYMET vont définir les zones et fournir un shapefile. Ils devront aussi décider si classer les données de pluies ou calculer une moyenne sur les pixels de chaque zone. On devra par la suite faire une validation avec CHIRPS ou TAMSAT. 	WRF		
	Définir les sous bassins et produire les SHP		Avril 2024
	Insérer l'extraction par bassin dans le WRF opérationnel		Mai 2024
	Comparer la prévision avec CHIRPS et/ou TAMSAT		Novembre 2024

Recommandations :

Les échanges fructueux au cours de ce séminaire ont abouti aux recommandations suivantes :

A l'endroit de la DMN et de l'ANAM :

- Mettre en place des équipes au Burkina Faso et au Niger dédiées à l'évaluation de WRF et les mettre dans les conditions de finaliser ce travail ;
- Définir et partager une feuille de route conjointe qui décrit succinctement les tâches et responsabilités des équipes mises en place au niveau national (Burkina Faso & Niger) ;
- Renforcer les capacités des cadres de l'ANAM et de la DMN sur le hardware HPC et l'administration système (formation certifiante) ;
- Renforcer le système de conditionnement des salles serveur ;
- Mettre en œuvre un système d'alerte et extinction incendies ;
- Opérationnaliser le système de messagerie d'alerte pour le calculateur.

A l'endroit de la DMN :

- Partager la page de visualisation html de la DMN avec l'ANAM ;
- Effectuer 2 runs en saison sèche à 00h et 12h et en hivernage 4 runs pour le WRF (00h, 06h, 12h et 18h) ;
- Mettre en place une cellule de permanence de suivi du calculateur et d'autres équipements sensibles ;
- Acquérir des accessoires pour switch infiniband ;
- Acquérir des lots de pièces de recharge du calculateur et autres pièces sensibles.

A l'endroit du Projet SLAPIS Sahel :

- Renforcer les capacités de la DMN et de l'ANAM sur le WRF ;
- Augmenter le domaine Niger à l'Ouest de 2 degrés ;
- Activer sur le site du WRF Niger les fonctions et paramètres suivants : wind925, wind850, windgust, td2m, t2max, t2min, rhavg, kindex, lifted index, Cin, TotalTotal, PW+wind, DLS, LLS, wind stream + rh @ 700 850 925, meteogram, vertical sounding.
- Améliorer la page de visualisation html avec la vérification des variables à cartographier ;
- Ajouter à la page de visualisation html les prévisions des modèles de GFS, ICON, ECMWF ;
- Acquérir les données satellitaires à travers la station de l'AGRHYMET (SAWIDRA) pour l'assimilation des données à la DMN ;
- Faire une étude de faisabilité de la mise en place d'un modèle wrf (domaine & configuration) qui couvre le Niger et le Burkina sur un cloud en parallèle aux systèmes existants dans les deux pays ;

- Etudier les possibilités d'utilisation de l'Intelligence Artificielle dans les prévisions météorologiques des deux pays.

Cérémonie de clôture:

Monsieur Vieri Tarcharni a fait un récapitulatif des grandes lignes du séminaire et a exprimé sa satisfaction suite à l'engagement de tous les participants. Il a aussi tenu à remercier le Directeur de la Météorologie Nationale pour la parfaite organisation de ce séminaire malgré les moyens limités. Tout en espérant la reprise prochaine des activités du Projet SLAPIS Sahel, il a encouragé les partenaires de l'AGRHYMET, de l'Université Abdou Moumouni et de la Direction des Ressources en Eau à persévérer dans cette collaboration car le Projet SLAPIS Sahel est multidisciplinaire et intégrateur de toutes les composantes du climat et de l'eau.

Le Directeur de la Météorologie Nationale du Niger Monsieur Katiellou Gaptia Lawan a adressé ses vifs remerciements à l'endroit des participants et les a félicités du travail abattu au cours de ces quatre jours de séminaire. Il a pris acte des recommandations et à exhorté les différents techniciens dans leurs domaines de compétence à mettre tout en œuvre pour que d'ici le 1^{er} juin 2024 que l'évaluation tant souhaitée de la saison d'hivernage 2023 soit disponible.

Tout souhaitant bon retour aux participants, le Directeur de la Météorologie à clos les travaux du séminaire.

ANNEXES

Annexe I : exemplaire de la liste de présence



LISTE DE PRESENCE: 14/02/2024
PROJET SLAPIS SAHEL: SEMINAIRE WRF

NOMS & PRENOMS	STRUCTURE	FONCTION	PAYS	EMAIL & Telephone	Signature
1. TARAHIAN VIERI	IBE-CNR	CHERCHEUR	ITALIE	V.TARAHIANI@IBECNR.IT	[Signature]
2. Tahiana Mahamadou	DRE/MIHE	DRE	NIGER	tahiamah@igbho.gov.ni	[Signature]
3. PASI FRANCESCO	IBE-CNR	CHERCHEUR	ITALIE	PASI@LAMI.TORINVA.IT	[Signature]
4. Ibrahim Seidou Samba	AGHYNE	Expert climat	NIGER	Ibrahim@ymail.com	[Signature]
5. Ibrahim Babacar	FAST/IAPI	enseignement recherche	Niger	ibrahimbabacar@fast.sn	[Signature]
6. MINOUNGOU Bernard	AGHYNET	Hydrologue	Niger	bernard.minoungou@aghyne.net	[Signature]
7. Omar Farouk Halidou	DMN	DPM	Niger	forouk73@yahoo.com	[Signature]
8. Omar Yahya Hamoy	DMN	DROM	Niger	omaryahya85@gmail.com	[Signature]



9. Abouba Yousof Ilassou	DMN	DCCD	Niger	abouba.yousof@gmail.com	[Signature]
10. Jean ASSOUBA A-R Daniel	DMN	DAN	Niger	razak.assouba@gmail.com	[Signature]
11. Moumoui Kacoué Babacar	DMN	"	Niger	bkacoue@gmail.com	[Signature]
12. Mme Aminou Nafissa Biguon	DMN	chef service prévision	Niger	nafissabiguon@aghyne.net	[Signature]
13. Mohamed HOUSSEINI	DRE MIHE	Hydrologue	Niger	92.265050@yahoo.com	[Signature]
14. Katiellou Oupha Louani	DMN	DMN	Niger	katiellouou@yahoo.com	[Signature]
15. Ousman Baoua	DMN	DPM	Niger	ousmanbaoua@yahoo.fr	[Signature]
16. Mme Ab Nadio Bassirou A.	DMN	DPM	Niger	nadiobassirou@gmail.com	[Signature]
17. Tine Camya Ousobou ORE	DMN	DROM	Niger	ousoboukacou@yahoo.com	[Signature]
18. Ismael Mayra Ouattara	DMN	DROM	Niger	ismaelmayra@gmail.com	[Signature]



19. ADAMOU SAYRI YOUNOUSSA	DMN	prévisioniste	Niger	sayri.younoussa@gmail.com	[Signature]
20. TOUSSA Saadou	DMN	Administratif	Niger	511doumoussa@yahoo.fr	[Signature]
21. Mohamed Rahamadou	DRE	Hydrologue	Niger	mohamed.rahamadou@gmail.com	[Signature]
22. BERE Rakouende Thomas	ANAF	Climatologue	Burkina Faso	bererthomas@gmail.com	[Signature]
23. KONSEIBO Abdel Aziz T.	ANAF-BF	Prévisioniste Modélisateur	Burkina Faso	kabdelaziz@yahoo.fr	[Signature]
24. DABRE Rachid S.	ANAF-BF	Infarmicien	Burkina Faso	dabrerachid@gmail.com	[Signature]

Annexe II : Chronogramme du séminaire

Mardi 13	<p>09h00, Gaptia Lawan Katiellou, Salut de la DMN participants et ouverture du Séminaire 09h30, V. Tarchiani, Présentation du projet SLAPIS Sahel et introduction au Séminaire 1) WRF au Burkina Faso 10h00, Etat des lieux du WRF au Burkina Faso, ANAM 10h20, Utilisation des produits WRF à l'ANAM, Représentant des prévisionnistes ANAM 10h40, Configuration de WRF au Burkina Faso, Représentant des modélisateurs ANAM 2) WRF au Niger 11h00, Etat des lieux du WRF au Niger, Représentant des prévisionnistes DMN 11h20, Configuration de WRF au Niger, Représentant des modélisateurs DMN 3) WRF en Italie 11h40, Etat des lieux du WRF en Italie, F. Pasi (IBE/LaMMA) 12h00, Utilisation des produits WRF au LaMMA, F. Pasi (IBE/LaMMA) 12h40, Configuration de WRF en Italie, V. Capecchi (IBE/LaMMA) 13h00, Discussion 13h30, Déjeuner 4) Introduction à l'Evaluation de la performance de WRF 14h30, Méthodes pour l'évaluation de la performance des modèles, V. Capecchi (LaMMA) 16h30 fin des travaux</p>
Mercredi 14	<p>5) Evaluation WRF 09h00, Présentation des résultats de l'évaluation WRF faite par DMN, DMN 10h00, Présentation des résultats de l'évaluation WRF faite par IBE/LaMMA, V. Capecchi (LaMMA) 11h00, Présentation des résultats de l'évaluation faite par l'ANAM, ANAM 12h00, Discussion 13h00, Déjeuner 14h30, Cas d'étude pour la prévision des inondations 16h30, fin des travaux</p>
Jeudi 15	<p>6) Configuration WRF 09h00, Propositions d'amélioration WRF, IBE/LaMMA, ANAM, DMN 10h00, Exercice pratique de configuration WRF Niger, IBE/LaMMA, DMN 13h00, Déjeuner 14h30, Test nouvelle configuration 16h30, Fin des travaux</p>
Vendredi 16	<p>7) Plan d'action 2024 09h00, Introduction de la journée, V. Tarchiani (IBE) 10h00, Propositions de plan d'action conjoint, ANAM, DMN, IBE/LaMMA 11h00, Discussion et finalisation plan d'action 12h00, Présentation plan d'Action et définition tâches et responsabilités 13h30, Clôture du Séminaire</p>