

RÉPUBLIQUE DU NIGER
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CELLULE DE COORDINATION DES PROJETS PDIPC ET
PROMOVARE

ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES MODÈLES CLIMATIQUES SUR LE NIGER

Rapport Technique I

*Collecte de données et sélection des données d'observation de
référence*

O. Seidou, B.S. Zango et B.B. Nathan Boongo

14 juillet 2017



Table des matières

1	INTRODUCTION	13
2	LE CLIMAT DU NIGER	17
3	DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES	25
3.1	Données d'observation	25
3.2	Mesures aux stations	25
3.3	Pluies estimées par satellite avec ou sans combinaison avec les observations aux stations	25
3.4	Réanalyses combinées avec les observations	27
3.5	Sorties de modèles régionaux de climat	29
3.6	Sorties de modèles globaux	29
4	SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AVEC LES SORTIES DE MODÈLES CLIMATIQUES	35
4.1	Méthodologie générale	35
4.2	Sélection du produit d'observation de référence - précipitations	36
4.2.1	principes	36
4.2.2	Résultats	38
4.3	Sélection du produit d'observation de référence - températures	41
4.3.1	principes	41
4.3.2	Températures maximales	41
4.3.3	Températures minimales	68

Table des matières

4.4	Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent	68
4.4.1	Principe	68
4.4.2	Résultats	80
5	CONCLUSIONS ET PROCHAINES ÉTAPES	91

Liste des tableaux

3.1	Données d'observations disponibles aux stations pluviométriques du Niger	26
3.2	Précipitations estimées par satellite ou combinaison d'estimation par satellites et d'observations disponibles	28
3.3	Variables WFDEI disponibles	30
3.4	Modèles régionaux de climat disponibles - partie I	31
3.5	Modèles régionaux de climat disponibles - partie II	32
3.6	Sorties de modèles globaux disponibles (partie I)	33
3.7	Sorties de modèles globaux disponibles (partie II)	34
4.1	Biais et Coefficient de corrélation des cumuls annuels de précipitation .	39
4.1	Biais et Coefficient de corrélation des cumuls annuels de précipitation .	40
4.2	Performance minimale, moyenne et maximale des différents produits d'observation	41
4.3	Biais des températures maximales moyennes annuelles WFDEI et corrélation des séries annuelles des températures maximales WFDEI avec les valeurs aux stations	58
4.4	Biais des températures minimales moyennes annuelles WFDEI et corrélation des séries annuelles des températures minimales WFDEI avec les valeurs aux stations	70
4.5	Biais de la vitesse moyenne du vent (m/s) et Coefficient de corrélation . .	80

Table des figures

2.1	Shéma conceptuel des mécanismes du climat Ouest African (adapté de Peyrillé (2006))	18
2.2	Cycle de la mousson Ouest Africaine (adapté de CEDEAO and CSAO/OCDE (2008))	19
2.3	Distribution temporelle des précipitations au Niger : cumuls mensuels moyens aux principales stations synoptiques du pays	20
2.4	Distribution temporelle des précipitations au Niger : cumuls annuels entre 1979 et 2010	21
2.5	Isohyètes (a) et zones climatiques (b) au Niger	23
3.1	Stations hydrométriques utilisées dans l'étude	27
4.1	Distribution spatiale du cumul annuel de précipitations au Niger selon TRMM, CRU-WFDEI, GPCP et GPCP-WFDEI	37
4.2	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Agadez	42
4.3	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Bilma	43
4.4	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Birni nkonni	44

Table des figures

4.5	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Diffa	45
4.6	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Dosso	46
4.7	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Gaya	47
4.8	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Goure	48
4.9	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Magaria	49
4.10	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Maine soroa	50
4.11	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Maradi aero	51
4.12	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Niamey aero	52
4.13	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Nguigmi	53

4.14	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Tahoua	54
4.15	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Tillabery	55
4.16	Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Zinder aero	56
4.17	Distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures maximales au Niger selon WFDEI	57
4.18	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Agadez	59
4.19	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Birni nkonni	60
4.20	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Gaya	61
4.21	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Maine soroa	62
4.22	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Maradi aéroport	63
4.23	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Niamey aero	64

Table des figures

4.24	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Tahoua	65
4.25	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Tillabery	66
4.26	Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Zinder aero	67
4.27	Distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures minimales au Niger selon WFDEI	69
4.28	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Agadez	71
4.29	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Birni Nkonni	72
4.30	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Gaya	73
4.31	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Maine Soroa	74
4.32	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Maradi Aero	75
4.33	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Niamey Aero	76

4.34	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Tahoua	77
4.35	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Tillabery	78
4.36	Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Zinder Aero	79
4.37	Distribution spatiale de la vitesse moyenne annuelle du vent au Niger selon WFDEI	81
4.38	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Agadez	82
4.39	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Birni Nkonni	83
4.40	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Gaya .	84
4.41	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Maine Soroa	85
4.42	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Maradi Aero	86
4.43	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Niamey Aero	87
4.44	Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Tahoua	88

Table des figures

4.45 Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesses du vent selon WFDEI au niveau de la station de Tillabery 89

4.46 Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesses du vent selon WFDEI au niveau de la station de Zinder Aero 90

1 INTRODUCTION

Le Niger est un pays du Sahel, d'une superficie de 1 267 000 km^2 , situé entre la longitude $0^{\circ}16'$ et 16° Est, et la latitude $11^{\circ}1'$ et $23^{\circ}17'$ Nord. Le climat du pays est généralement aride avec des cumuls annuels allant d'environ 1200mm/an au sud à seulement une centaine de mm par an au nord. La répartition spatiale et temporelle de précipitation est très variable; étant donné que les principales activités pour la vaste majorité de la population sont l'agriculture pluviale et l'élevage, cette variabilité se traduit par une pauvreté généralisée et une insécurité alimentaire chronique. Au cours des quarante dernières années, le pays a connu sept épisodes de sécheresse dont les conséquences sur les productions agropastorales, la sécurité alimentaire et la vie socioéconomique ont été sévères. De nombreux autres secteurs de l'économie sont également touchés de façon directe ou indirecte par la variabilité climatique : les inondations d'origine fluviale et pluviale sont très communes, ainsi que les infestations de parasites dont les activités sont contrôlées par le climat (sauterelles, moustiques, etc.).

Conscientes de l'extrême vulnérabilité de l'économie du Niger face aux chocs climatiques, les autorités de la république du Niger ont élaboré un Programme Stratégique pour la Résilience Climatique (PSRC) dont l'objectif est de permettre l'élaboration de stratégies d'adaptation appropriées pour les différentes communes et localités du pays. Le Projet de Développement de l'Information et de la Prospective Climatiques (PDIPC) est un des quatre du PSRC et vise à améliorer la résilience des populations aux changements climatiques par une meilleure intégration des informations climatiques dans la planification et la mise en oeuvre des actions de développement. Les principales réalisations attendues du projet sont : (i) le développement et la diffusion de scénarios et produits

1 INTRODUCTION

climatiques aux usagers finaux, (ii) le renforcement des capacités pour l'intégration des produits climatiques dans les actions de développement, (iii) l'élaboration d'une carte de vulnérabilité des activités agro-pastorales des communes du Niger, et (iv) le renforcement du système d'alerte précoce SAP pour le rendre à multirisques climatiques.

Le présent rapport porte sur la composante 2 (appui à la recherche en modélisation et évaluation de vulnérabilité). Le PDIPC a retenu les services du consultant pour réaliser une étude intitulée *Identification des Modèles Climatiques Régionaux les Plus Performants et le Downscaling Statistico-Dynamique des Modèles Globaux les plus Performants pour le Niger*. Les deux parties ont convenu que l'étude se déroulera en 7 phases distinctes :

1. L'acquisition et l'analyse (comparaison avec les observations) de toutes les sorties (pluie, vent, températures min/max, humidité) de modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 , et des régionaux de l'expérience CORDEX disponibles sur le Niger jusqu'à l'horizon 2100, et pour les scénarios RCP (Representative Concentration Pathways : van Vuuren, Edmonds, Kainuma, Riahi, Thomson, Hibbard, Hurtt, Kram, Krey, Lamarque, Masui, Meinshausen, Nakicenovic, Smith, and Rose (van Vuuren et al.)) sélectionnés en concertation avec la Cellule de Coordination des Projets PDIPC et PROMOVARE ;
2. Le développement d'un outil informatique permettant l'automatisation de la vérification de n'importe quel modèle régional CORDEX ou modèle global CMIP5 au niveau d'une station spécifique pour les variables listées plus haut ;
3. Le développement d'un outil informatique facile à utiliser pour la mise à l'échelle statistico-dynamique des sorties de modèles climatiques globaux et régionaux. La mise à l'échelle statistique utilisera une combinaison de transformation Quantile-Quantile et une recherche du Voisin le Plus Proche, telle que développée dans les travaux de recherche du consultant.
4. L'animation d'un atelier de formation sur la vérification des sorties de modèles climatiques. L'atelier comportera un volet théorique et pratique en vue de la prise en main de l'outil informatique spécifiquement développé à cet effet par les participants ; Les données du Niger (sorties de modèles et observations) seront pré-

installées dans l'outil pour en faciliter la prise en main.

5. La production d'un rapport technique détaillant la vérification de la performance des modèles des expériences CMIP5 et CORDEX avant et après la mise à l'échelle statistico-dynamique ;
6. La génération de scénario de changements climatiques pour les dix meilleurs modèles (tels que déterminés au point 5) pour les variables listées ci-dessus, et pour des horizons allant de 2025 à 2100

Le présent rapport décrit les données collectées et le choix des sélection des produits d'observation de référence parmi les réanalyses et les estimations par satellite. Ce sont ces produits d'observation de référence qui seront plus tard comparées aux sorties de modèles climatiques sur la période historique. En plus de cette introduction, il comporte quatre autres chapitres :

- 2 Une brève description du climat du Niger ;
- 3 Une description des données disponibles ;
- 4 La méthodologie et les résultats de la sélection des produits d'observation de référence pour la précipitation, les températures maximales et minimales, l'humidité relative et la vitesse du vent ;
- 5 Les conclusions et les prochaines étapes de l'étude.

2 LE CLIMAT DU NIGER

Le climat du Niger est de type tropical semi-aride, caractérisé par deux saisons : une saison sèche allant d'octobre à mai et une saison pluvieuse allant de juin à septembre. Le début la saison de pluie est marqué par le passage de la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ZCIT) en direction nord, tandis que la saison sèche commence lorsque la ZCIT migre vers le sud. La ZCIT est simplement la zone de rencontre des alizés marins et humides venant de l'Océan Atlantique (la mousson) et des alizés continentaux, chaud et venant du désert du Sahara (l'harmattan). L'intensité relative des alizés change en fonction de la position du soleil et d'autres facteurs comme la différence de température entre le continent et l'Océan Atlantique, poussant la ZCIT vers le nord entre février et aout jusqu'à sa position la plus septentrionale d'environ 20 degrés nord, et du nord au sud de septembre à janvier pour atteindre une position approximative de 5 degrés nord.

Pour une zone donnée du sahel, le passage de la ZCIT marque le début de la saison des pluies lorsqu'elle se déplace vers le nord, et la fin de la saison des pluies lorsqu'elle se déplace vers le sud. Autant l'harmattan que la mousson sont des vents de basse altitude (0-3 km). La circulation à haute altitude en Afrique de l'Ouest est dominée par le courant-jet d'est africain (3-6km) et le courant-jet tropical d'est (6-12km). Il a été déterminé que le cycle saisonnier de ces courants a une influence sur la quantité de précipitation qui tombe dans la région

La température moyenne varie de $18,1^{\circ}C$ à $33,1^{\circ}C$ pendant la saison sèche. La vitesse du vent est modérée ($5m/s$ – $10m/s$) et la direction dominante est du Nord-Est ou de l'Est vers le Sud-Ouest ou l'Ouest. Les records de températures observés sont de $2,4^{\circ}C$ (observé le 13 janvier 1995 à Bilma) pour les températures minimales et de $49,5^{\circ}C$ (observé le 07

2 LE CLIMAT DU NIGER

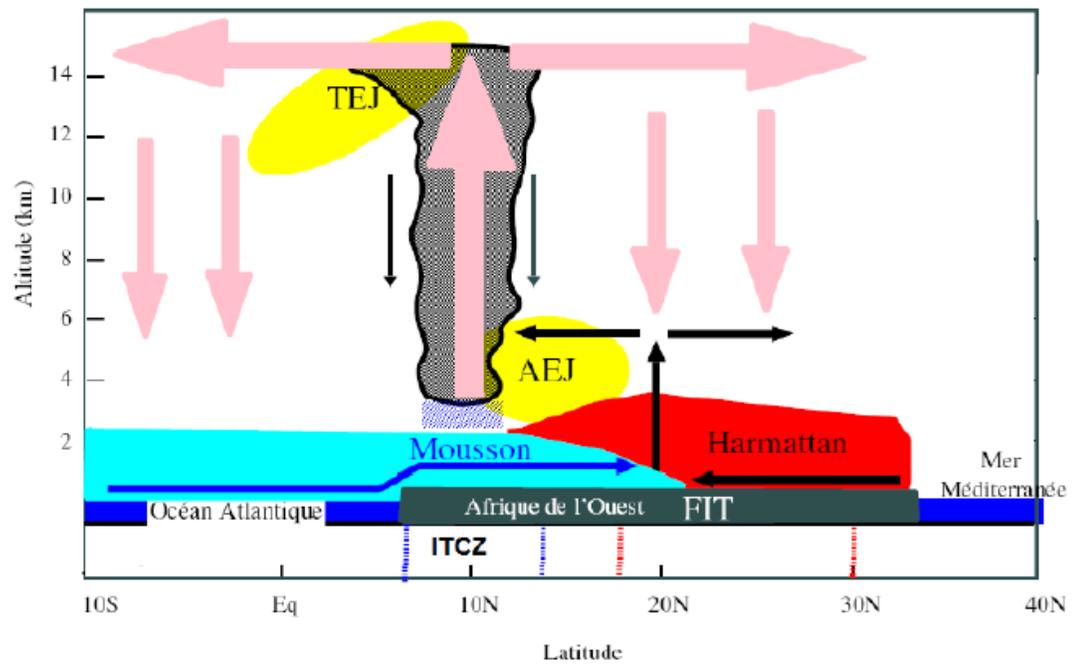


FIGURE 2.1 – Schéma conceptuel des mécanismes du climat Ouest Africain (adapté de Peyrillé (2006))

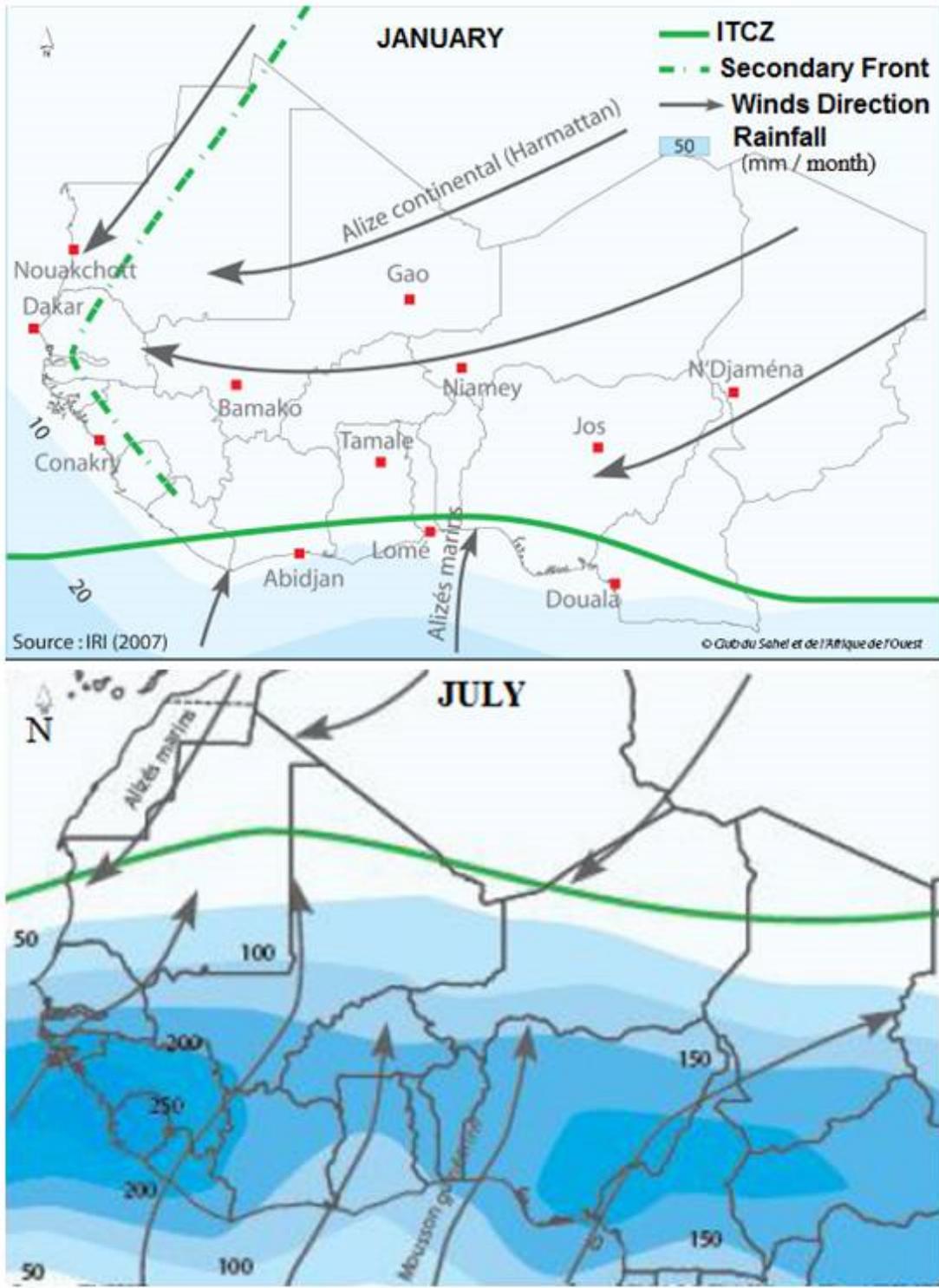


FIGURE 2.2 – Cycle de la mousson Ouest Africaine (adapté de CEDEAO and CSAO/OCDE (2008))

2 LE CLIMAT DU NIGER

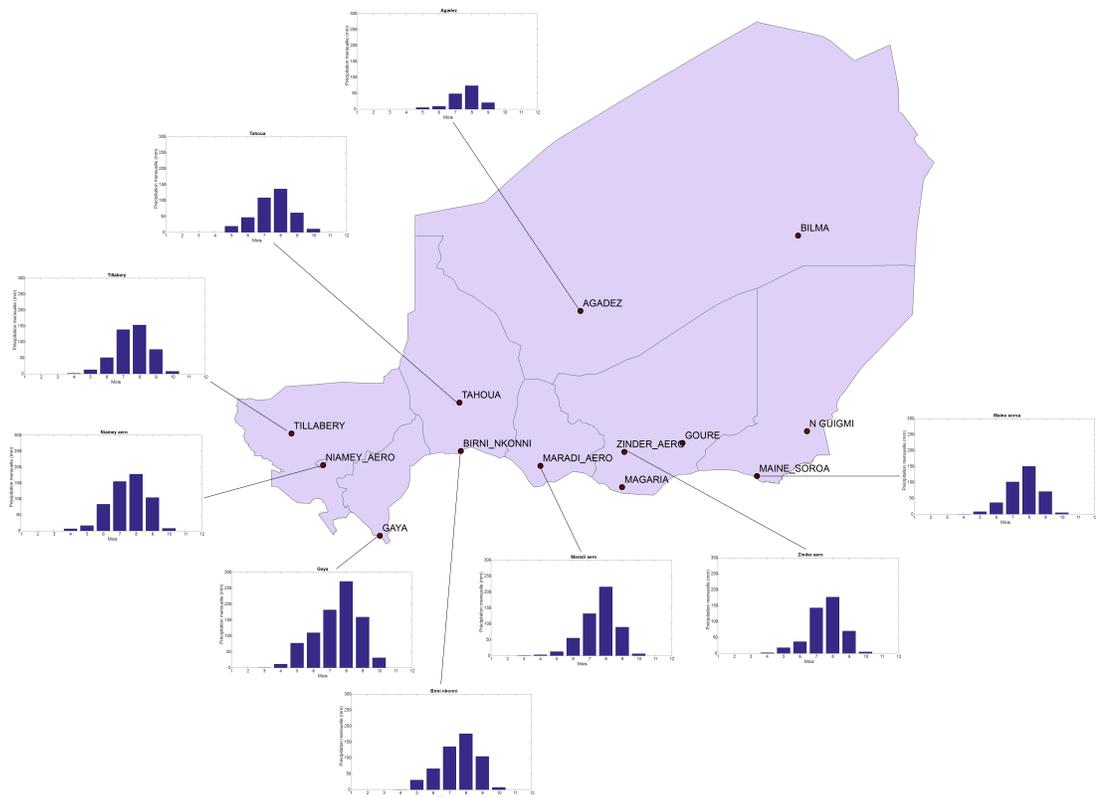


FIGURE 2.3 – Distribution temporelle des précipitations au Niger : cumuls mensuels moyens aux principales stations synoptiques du pays

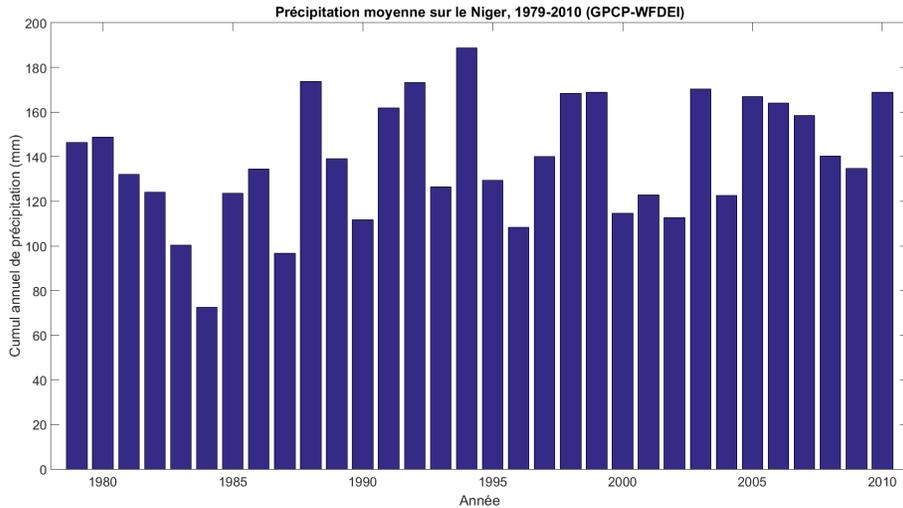


FIGURE 2.4 – Distribution temporelle des précipitations au Niger : cumuls annuels entre 1979 et 2010

septembre 1978 à Diffa) pour les températures maximales 4. Pendant la saison des pluies, la température moyenne varie entre $28,17^{\circ}C$ et $31,7^{\circ}C$. La direction dominante du vent est du Sud-Ouest vers le Nord-Est. La vitesse du vent est généralement faible à modérée (2 à 8 m/s) 4 au cours de cette période, mais on peut observer des vents maximums instantanés (rafales) avec des vitesses supérieures à 40 m/s 4 lors du passage des lignes de grains se déplaçant d'Est en Ouest. La pluviométrie est caractérisée par une forte variation dans l'espace et dans le temps. Cette pluviométrie permet en année normale la recharge des nappes, la formation des plans d'eau et le développement du couvert végétal. Les années 1970-1990 ont été marquées par des précipitations particulièrement basses, mais on semble observer un retour aux années plus humides dans les années 2000.

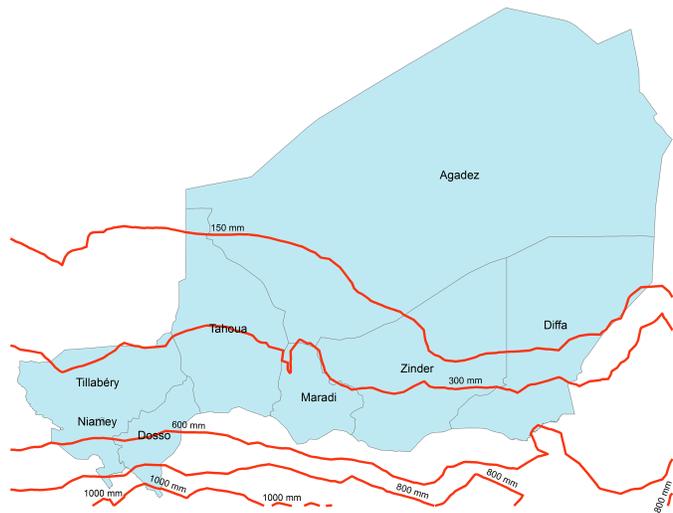
Ainsi, on distingue cinq zones climatiques au Niger (Figure 2.5a), dont les limites et l'étendue fluctuent en fonction de la période sur laquelle les cumuls pluviométriques sont calculés :

1. la zone soudanienne qui reçoit plus de 800 mm de pluie par an et qui représente

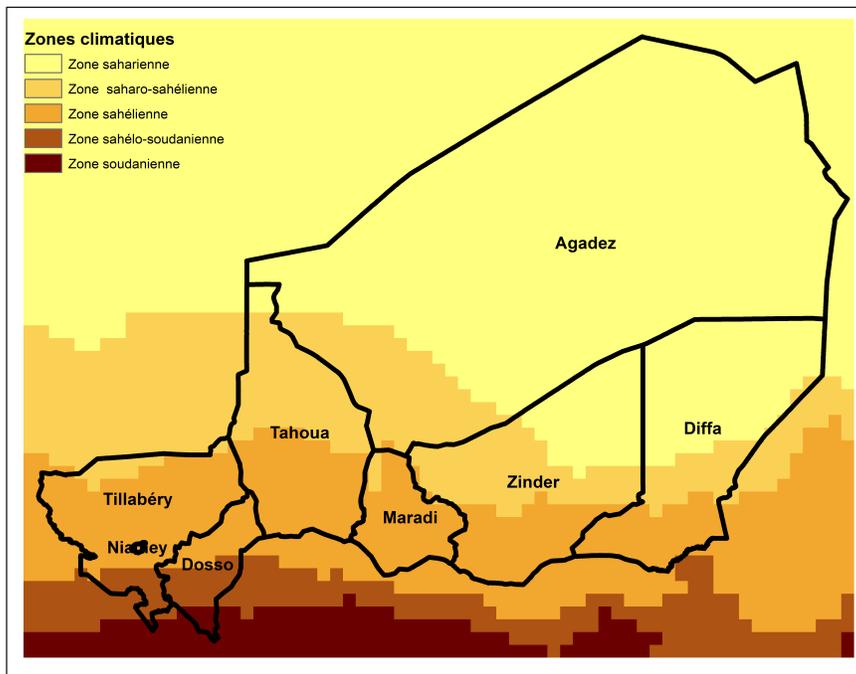
2 LE CLIMAT DU NIGER

0.43% du territoire lorsque les cumuls sont calculés avec les données GPCP-WFDEI de 1979 à 2010 ;

2. la zone sahélo-soudanienne qui représente environ 2% de la superficie totale du pays et reçoit 600 à 800 mm de pluie en moyenne par an ; elle est propice à la production agricole et animale ;
3. la zone sahélienne qui couvre 21.54% du pays et reçoit 300 à 600 mm de pluie en moyenne par an ; elle est propice à l'agro-pastoralisme ;
4. la zone sahélo saharienne qui représente 17% de la superficie du pays et reçoit 150 mm à 300 mm de pluie en moyenne par an). Elle est propice à l'élevage transhumant ;
5. la zone saharienne, désertique, qui couvre 59% du pays et reçoit moins de 150 mm de pluie en moyenne par an. On y pratique des cultures irriguées.



a



b

FIGURE 2.5 – Isohyètes (a) et zones climatiques (b) au Niger

3 DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES

Les données climatiques qui ont été collectées pour les fins de cette étude sont décrites dans les sections ci-dessous :

3.1 Données d'observation

Les données d'observation représentent la situation de référence qu'essaient de reproduire les modèles climatiques sur la période historique.

3.2 Mesures aux stations

Des séries de précipitations, de températures minimales et maximales, et de vitesse du vents recueillies au niveau de 42 stations (parmi lesquelles 14 sont des stations synoptiques) ont été obtenues par la météo nationale du Niger (Figure 3.1). Les coordonnées de ces stations et la longueur des séries temporelles sont présentées dans la Table 3.1.

3.3 Pluies estimées par satellite avec ou sans combinaison avec les observations aux stations

On dispose de produits d'observation sous forme de grille qui ont été dérivées à partir de mesures satellitaires comme le TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), ou encore obtenus par fusion de mesures satellitaires et d'observations comme le GPCP (Global

3 DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES

Nom	Type	Lat	Long	Précipitation	Températures	Vent
1 AGADEZ	S	16.97	7.98	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2008 (n=1)
2 BILMA	S	18.68	12.92	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Non
3 BIRNI N KONNI	S	13.8	5.28	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2010 (n=1)
4 DIFFA	S	13.42	12.78	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19630)	Non
5 DOSSO	S	13.02	3.18	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=18963)	Non
6 GAYA	S	11.88	3.45	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1970 au 31/12/2010 (n=1)
7 GOURE	S	13.97	10.27	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19631)	Non
8 MAGARIA	S	12.98	8.93	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19505)	Non
9 MAINE SOROA	S	13.23	11.98	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2010 (n=1)
10 MARADI AERO	S	13.47	7.08	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1962 au 31/12/2010 (n=1)
11 NIAMEY AERO	S	13.48	2.17	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2010 (n=1)
12 NGUIGMI	S	14.25	13.12	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Non
13 TAHOVA	S	14.9	5.25	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2010 (n=1)
14 TILLABERY	S	14.2	1.45	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2010 (n=1)
15 ZINDER AERO	S	13.77	8.98	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2010 (n=1)
16 ABALAK	P	15.47	6.25	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1978 au 31/12/2015 (n=13454)	Non
17 AGUIE	P	13.5	7.77	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1981 au 31/12/2015 (n=12783)	Non
18 ARLIT	P	18.5	7.33	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1972 au 31/12/2015 (n=15522)	Non
19 BIRNI N GAOURE PTT	P	13.08	2.9	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19905)	Non
20 BOUZA	P	14.42	6.05	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19722)	Non
21 DAKORO	P	14.5	6.77	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=17745)	Non
22 DOGONDOUTCHI	P	13.63	4	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19816)	Non
23 FILINGUE	P	14.38	3.32	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20027)	Non
24 GUIDAN ROUNDJI	P	13.65	6.68	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=17527)	Non
25 ILELA	P	14.47	5.25	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19661)	Non
26 KETTA	P	14.77	5.77	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=18076)	Non
27 KOLO	P	13.3	2.35	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=18442)	Non
28 LOGA	P	13.6	3.23	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1973 au 31/12/2015 (n=15340)	Non
29 MADAOUA	P	14.12	5.98	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19387)	Non
30 MADAROUNFA	P	13.4	7.1	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1981 au 31/12/2015 (n=12418)	Non
31 MATAMEYE	P	13.48	8.33	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1967 au 31/12/2015 (n=12754)	Non
32 MAYAHI	P	13.95	7.67	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=18716)	Non
33 MYRRAH	P	13.7	9.15	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=18656)	Non
34 OUALLAM	P	14.23	2.08	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Non
35 SAY	P	13.1	2.35	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20058)	Non
36 TANOUT	P	14.97	8.88	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19415)	Non
37 TCHINTABARADEN	P	15.88	5.8	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1970 au 31/12/2015 (n=16130)	Non
38 TCHIROZERINE	P	17.22	7.83	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1991 au 31/12/2015 (n=6513)	Non
39 TERA	P	14.03	0.82	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19296)	Non
40 TESSAOUA	P	13.73	7.98	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=20088)	Oui : du 1/1/1961 au 31/12/2015 (n=19721)	Non

TABLE 3.1 – Données d'observations disponibles aux stations pluviométriques du Niger

3.4 Réanalyses combinées avec les observations

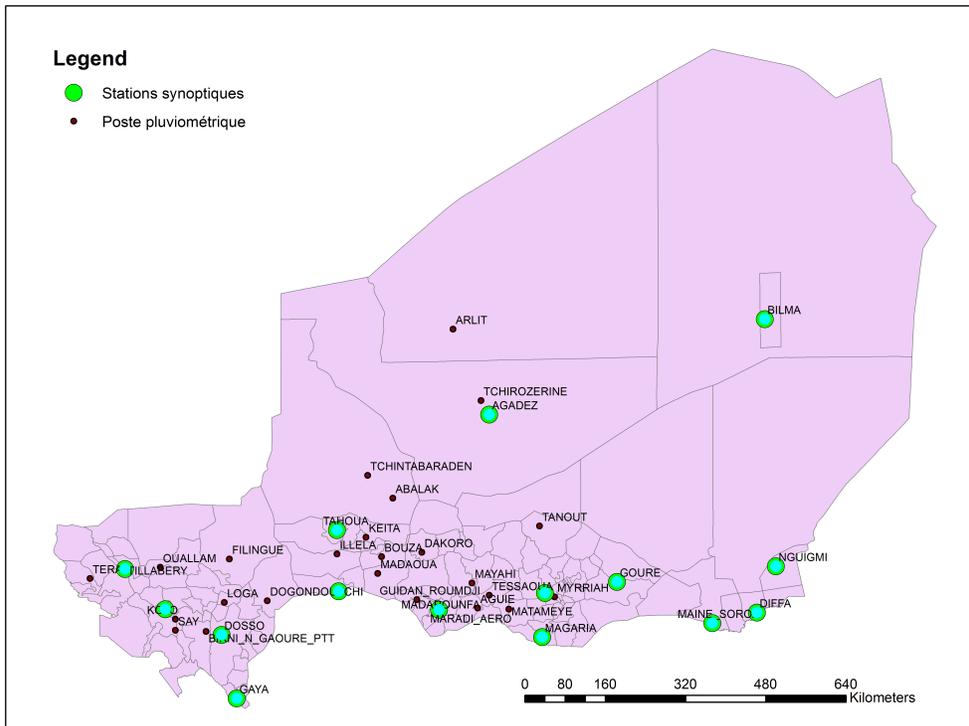


FIGURE 3.1 – Stations hydrométriques utilisées dans l'étude

Precipitation Climatology Project). L'étendue spatiale des grilles ainsi que la résolution spatiotemporelle de ces produits sont présentées dans la Table 3.2

3.4 Réanalyses combinées avec les observations

Les données de réanalyse disponibles sont celles de WFDEI (WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data) qui ont été obtenue en corrigeant le biais des réanalyses ERA-Interim avec des observations de précipitation. Ces observations viennent soit du GPCP, soit du Climatic Research Unit (CRU :<http://www.cru.uea.ac.uk/about-cru>) dans le cas de la précipitation. Lorsque les observations viennent du GPCP (resp. CRU) les données sont appelées GPCP-WFDEI (resp. CRU-WFDEI) dans ce

3 DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES

	GPCP	TRMM
Variable	Précipitation	Précipitation
Nom complet du produit	Global Precipitation Climatology Project (GPCP)	TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission 3B43 Monthly 0.25x0.25 degree merged
Organisation	NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD, USA	NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD, USA
Premier enr.	1996	1998
Derner enr.	2010	2013
Nb. points en x	360	1440
Longitudes minimale et maximale	-179.5 à 179.5	-179.875 à 179.875
Nb points en y	180	400
Latitudes minimale et maximale	-89.5 à 89.5	-49.875 à 49.875
Nombre de dates d'observation	4109	192

TABLE 3.2 – Précipitations estimées par satellite ou combinaison d'estimation par satellites et d'observations disponibles

3.5 Sorties de modèles régionaux de climat

rapport ; Pour les autres variables climatiques (températures minimales et maximales, vitesse du vent), les observations viennent du CRU. La procédure de génération des données WFDEI est décrite en détail dans Weedon et al. (2014). Le tableau 3.3 présente les données WFDEI disponibles.

3.5 Sorties de modèles régionaux de climat

Un total de 60 sorties de RCM (20 modèles, trois variables) de l'expérience CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment : <http://www.cordex.org/>) ont été obtenues auprès des chercheurs de WASCAL (West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use : www.wascal.org). L'expérience CORDEX vise à fournir un cadre d'évaluation et de vérification de l'efficacité des modèles et à concevoir une série d'expériences destinées à obtenir des projections climatiques pouvant servir aux études d'impacts et d'adaptation. Pour le moment, seul le downscaling dynamique a été effectué, amenant la résolution des sorties de modèles à 50km. En dépit du traitement additionnel, les simulations sont toujours susceptibles de comporter des biais et doivent être vérifiées. Les caractéristiques des sorties de MRCs sont présentées dans les tables 3.4 (10 premiers modèles) et 3.5 (10 derniers modèles)

3.6 Sorties de modèles globaux

Au total 19 sorties de modèles globaux ont été téléchargés du site de l'expérience CMIP5 (<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>) et sont présentés dans les tableaux 3.6 (10 premières sorties) et 3.7 (9 dernières sorties).

3 DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES

	CRU-WFDEI	WFDEI	WFDEI	GPCP-WFDEI	WFDEI	WFDEI	WFDEI	WFDEI
Variable	Précipitation	Humidité relative	Humidité spécifique	Précipitation	Température moyenne	Température maximale	Température minimale	Vitesse du vent
Nom complet du produit	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data	WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data
Organisation	Met Office, JCHMR, Walingford, UK							
Premier enr.	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979
Dernier enr.	2012	2012	2012	2010	2012	2012	2012	2012
Nb. points en x	720	720	720	720	720	720	720	720
Longitudes min et max	-179.75 à 179.75							
Nb points en y	360	360	360	360	360	360	360	360
Latitudes min et max	-89.75 à 89.75							
Nombre de dates d'observation	23742	23742	23742	46022	23742	23742	23742	23742

TABLE 3.3 – Variables WFDEI disponibles

3.6 Sorties de modèles globaux

	CANRCM4	CCLM-4-8-17	CCLM-4-8-17	CCLM-4-8-17	HIRHAM5-v1	RACMO22T	RCA4-v1	RCA4-v1	RCA4-v1	RCA4-v1
Institution	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Victoria, BC, Canada)	Climate Limited-area Modelling Community (CLM-Community)	Climate Limited-area Modelling Community (CLM-Community)	Climate Limited-area Modelling Community (CLM-Community)	Danish Meteorological Institute	Royal Netherlands Meteorological Institute	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rosby Centre			
GCM	CanESM2	ICHEC-EARTH	MOHC-HadGEM2-ES	MPI-MPI-ESM-LR	NCC-NorESM1-M	ICHEC-EARTH	CCCma-CanESM2	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CSIRO-QCCCE-CSIRO-Mk3-6-0	ICHEC-EC-EARTH
Variables	pr	pr	pr	pr	pr	pr	pr	pr	pr	pr
Premier enr.	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin	pr, tasmax,tasmin
Dernier enr.	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005
Nb. points en x	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
Longitudes min et max	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6
Nb points en y	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
Latitudes min et max	1.6885e-06 à 39.6	3.6637e-15 à 39.6	3.6637e-15 à 39.6	3.6637e-15 à 39.6	0 à 39.6	2.2204e-15 à 39.6	0 à 39.6	0 à 39.6	0 à 39.6	0 à 39.6
Nombre de dates d'observation	20440	20089	20160	20454	20089	20454	18250	18263	20075	18263

TABLE 3.4 – Modèles régionaux de climat disponibles - partie I

3 DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES

	RCA4-v1	RCA4-v1	RCA4-v1	RCA4-v1	RCA4-v1	RCA4-v1	REMO2009-v1	REMO2009-v1	REMO2009-v1	WRF331-v1
Institution	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rossby Centre	Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Climate Service Center, Max Planck Institute for Meteorology	Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Climate Service Center Germany	Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Climate Service Center Germany	Uni Research and the Bjerknes Centre for Climate Research					
GCM	IPSL-IPSL-CM5A-MR	MIROC-MIROC5	MOHC-HadGEM2-ES	MPI-MPI-ESM-LR	NCC-NOESM1-M	NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M	ICHEC-EC-EARTH	IPSL-IPSL-CM5A-LR	MOHC-HadGEM2-ES	NCC-NOESM1-M
Variables	pr	pr	pr	pr						
Premier enr.	pr, tas-max,tasmin	pr, tas-max,tasmin	pr, tas-max,tasmin	pr, tas-max,tasmin						
Dernier enr.	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005
Nb. points en x	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
Longitudes min et max	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6	-19.8 à 39.6						
Nb points en y	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
Latitudes min et max	0 à 39.6	3.6637e-15 à 39.6	3.6637e-15 à 39.6	3.6637e-15 à 39.6	1.9073e-06 à 39.6					
Nombre de dates d'observation	20075	18250	18000	18263	18250	18250	20454	20454	20160	20454

TABLE 3.5 – Modèles régionaux de climat disponibles - partie II

	CMCC-CESM	CMCC-CM	CanESM2	HadGEM2-CC	HadGEM2-CC	MPI-ESM	MPI-ESM	MPI-ESM	MPI-ESM	MPI-ESM	MPI-ESM
Institution	CMCC - Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici, Bologna, Italy	CMCC - Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici, Bologna, Italy	CCCma (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Victoria, BC, Canada)	Met Office Hadley Centre, Fitzroy Road, Exeter, Devon, EX1 3PB, UK	Met Office Hadley Centre, Fitzroy Road, Exeter, Devon, EX1 3PB, UK	Max Planck Institute for Meteorology					
Variable	pr	pr	pr	pr	pr	hus	pr	tas	tas	tasmax	tasmax
Premier enr.	1965	1966	1850	1954	1959	1970	1970	1970	1970	1970	1970
Dernier enr.	1965	1972	2005	2004	2004	2005	2005	2005	2005	2005	2005
Nb. points en x	16	80	22	32	32	32	32	32	32	32	32
Longitudes min et max	-18.75 à 37.5	-19.5 à 39.75	-19.6875 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375	-18.75 à 39.375
Nb points en y	11	53	14	33	33	21	21	21	21	21	21
Latitudes min et max	1.8556 à 38.9666	0.37422 à 39.293	1.3953 à 37.6731	0 à 40	0 à 40	0.93263 à 38.2377					
Nombre de dates d'observation	1826	2191	56940	34590	33150	13149	13149	13149	13149	13149	13149

TABLE 3.6 – Sorties de modèles globaux disponibles (partie I)

3 DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES

	MPI-ESM	MRI-CGCM3	MRI-CGCM3	MRI-CGCM3	MRI-CGCM3	MRI-CGCM3	NorESM1-M	NorESM1-M	NorESM1-M	NorESM1-M
Institution	Max Planck Institute for Meteorology	MRI (Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan)	Norwegian Climate Centre	Norwegian Climate Centre	Norwegian Climate Centre	Norwegian Climate Centre				
Variable Premier enr.	tasmin 1970	hur 2006	pr 1950	tasmax 1950	tasmin 1950	hur 1950	pr 1950	tasmax 1950	tasmin 1950	
Dernier enr.	2005	2012	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	
Nb. points en x	32	53	53	53	53	25	25	25	25	
Longitudes min et max	-18.75 à 39.375	-19.125 à 39.375	-19.125 à 39.375	-19.125 à 39.375	-19.125 à 39.375	-20 à 40	-20 à 40	-20 à 40	-20 à 40	
Nb points en y	21	36	36	36	36	21	21	21	21	
Latitudes min et max	0.93263 à 38.2377	0.56074 à 39.8128	0.56074 à 39.8128	0.56074 à 39.8128	0.56074 à 39.8128	0.94737 à 38.8421	0.94737 à 38.8421	0.94737 à 38.8421	0.94737 à 38.8421	
Nombre de dates d'observation	13149	2557	48579	48579	48579	68985	137970	137970	137970	

TABLE 3.7 – Sorties de modèles globaux disponibles (partie II)

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AVEC LES SORTIES DE MODÈLES CLIMATIQUES

4.1 Méthodologie générale

Pour chacun des paramètres climatiques sélectionnés, la première étape consistera à sélectionner un produit d'observation sous forme de grille qui soit représentatif du climat du Niger. Pour cela, les produits d'observations disponibles (GPCP, TRMM, GPCP-WFDEI, CRU-WFDEI, WFDEI) seront comparés aux données mesurées aux stations synoptiques du pays. Étant donné que les données sont sur des grilles différentes, elles seront toutes interpolées sur une grille commune avec une résolution spatiale de 0.25⁰. On examinera les biais et la corrélation temporelle entre les données des stations synoptiques et le produit d'observation sur une base mensuelle et annuelle à chaque station et on choisira le produit qui performe le mieux en considérant simultanément ces deux paramètres.

4.2 Sélection du produit d'observation de référence - précipitations

4.2.1 principes

Comme décrit au chapitre au chapitre précédent, quatre produits de précipitation sous forme de grille sont disponibles :

1. TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)
2. GPCP (Global Precipitation Climatology Project)
3. CRU-WFDEI (Watch Forcing Data methodology applied to ERA-Interim Reanalysis data) où les données de réanalyse ERA-Interim sont fusionnées avec les données d'observation du CRU (Climatic Research Unit)
4. GPCP-WFDEI (Watch Forcing Data methodology applied to ERA-Interim Reanalysis data) où les données de réanalyse ERA-Interim sont fusionnées avec les données d'observation du GPCP

Les cartes des cumuls annuels moyens de précipitations estimées avec chacun de ces produits sont présentées cote à cote sur la figure 4.1. Afin de choisir entre ces quatre produits, on va extraire les séries temporelles de précipitation au niveau des 40 stations climatiques pour lesquelles des données sont disponibles et qui sont listées dans la table 3.1 :

Pour chacune des séries temporelles extraites, on tracera les deux courbes et leur différences sur le même graphique pour avoir une idée de l'erreur d'estimation en fonction du temps ; on calculera également le coefficient de corrélation de Pearson avec les observations ainsi que le biais absolu (en mm) et relatif (en pourcentage). La formule du coefficient de corrélation est donnée par

$$r = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.1)$$

où n représente le nombre de dates pour lesquelles autant les données observées que les données estimées sont disponibles, $x_i, i = 1 : n$ représentent la précipitation observée et $y_i, i = 1 : n$ la précipitation estimée.

4.2 Sélection du produit d'observation de référence - précipitations

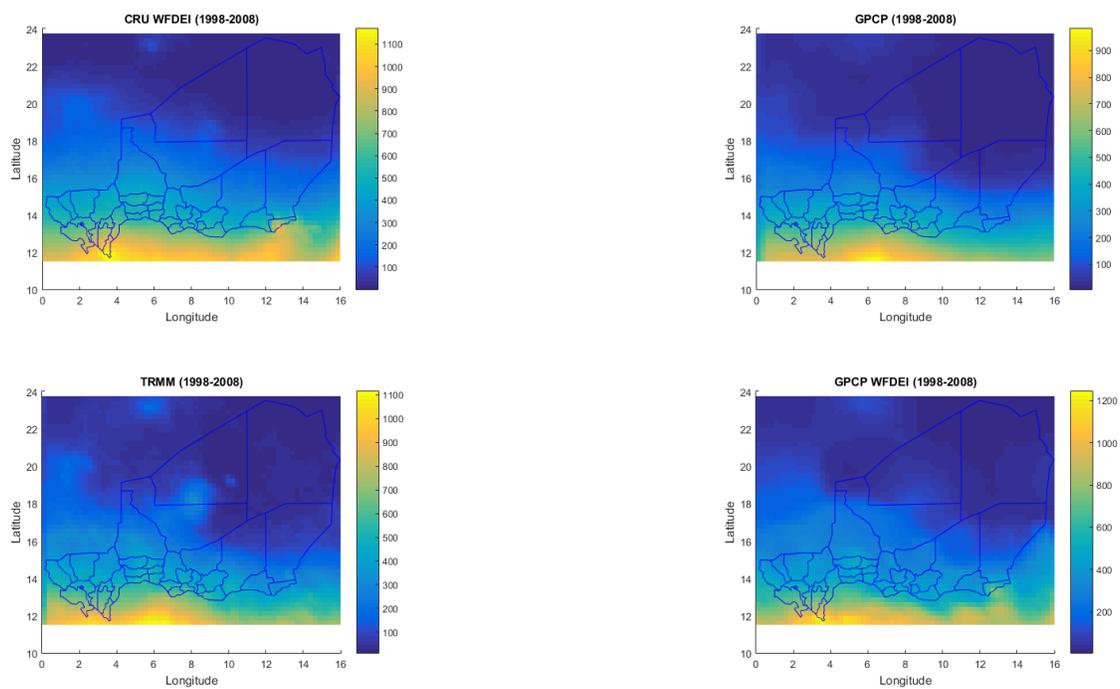


FIGURE 4.1 – Distribution spatiale du cumul annuel de précipitations au Niger selon TRMM, CRU-WFDEI, GPCP et GPCP-WFDEI

La formule du biais est donnée par :

$$BIAS = \overline{x - y} \quad (4.2)$$

La formule du biais relatif est donnée par :

$$BIASR = 100 \frac{\overline{x - y}}{\bar{x}} \quad (4.3)$$

4.2.2 Résultats

On donne dans le tableau 4.1 le biais moyen et le coefficient de corrélation pour chacun des quatre produits. On montre aussi les séries temporelles des précipitations mensuelles observées et estimées, ainsi que la différence avec les observations sur les figures 4.2 (Agadez), 4.4 (Birnin' Konni), 4.5 (Mainé Soroa), 4.8 (Maradi aéroport), 4.2 (Agadez), 4.9 (Niamey aéroport), 4.11 (Tahoua), 4.12 (Tahoua), 4.13 (Tillabery) et , 4.14 (Zinder aéroport). On constate des biais importants pour les produits WFDEI (152% pour CRU-WFDEI à Diffa, 105% pour GPCP-WFDEI à Diffa et 115% pour TRMM à Bilma ; le coefficient de corrélation pour GPCP-WFDEI est toutefois excellent (0.99 à 1). Les corrélations et biais minimum, moyens et maximum pour chaque produits sont présentés dans la Table 4.2. On voit dans cette table que le produit pour l'écart entre l'erreur maximale et l'erreur minimale est le plus bas est GPCP (-22.78% à 30.76%). Les autres produits surestiment de plus de 100% au niveau d'au moins une station. Le produit recommandé est par conséquent GPCP lorsque des données d'observations ne sont pas disponibles.

4.2 Sélection du produit d'observation de référence - précipitations

TABLE 4.1 – Biais et Coefficient de corrélation des cumuls annuels de précipitation

	CRU WFDEI (1998–2008)		GPCP (1998–2008)		TRMM (1998–2008)		GPCP WFDEI (1998–2008)	
	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation
	CRU WFDEI (1998–2008)		GPCP (1998–2008)		TRMM (1998–2008)		GPCP WFDEI (1998–2008)	
	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation
AGADEZ	29.8 (19%)	0.57	-23.7 (-15%)	0.74	18.4 (12%)	0.79	24.9 (16%)	1.00
BILMA	9.8 (59%)	0.32	3.0 (18%)	0.37	19.1 (115%)	0.79	7.6 (46%)	1.00
BIRNI NKONNI	7.5 (1%)	0.68	43.8 (8%)	0.76	41.4 (8%)	0.63	-32.2 (-6%)	0.99
DIFFA	501.6 (152%)	0.71	52.9 (16%)	0.03	2.6 (1%)	0.91	346.3 (105%)	0.98
DOSSO	179.3 (31%)	-0.04	125.0 (22%)	-0.02	18.3 (3%)	0.68	73.5 (13%)	0.96
GAYA	277.3 (33%)	0.58	43.4 (5%)	-0.36	28.4 (3%)	0.78	249.8 (30%)	0.92
GOURE	50.2 (14%)	0.29	20.6 (6%)	0.33	43.7 (12%)	0.45	20.4 (6%)	0.99
MAGARIA	41.3 (7%)	0.55	22.3 (4%)	0.10	-34.2 (-6%)	0.81	-126.7 (-22%)	0.96
MAINE SOROA	215.3 (58%)	0.60	35.7 (10%)	0.35	3.3 (1%)	0.79	56.4 (15%)	0.97
MARADI AERO	60.2 (12%)	0.62	63.1 (12%)	0.67	7.2 (1%)	0.81	-47.4 (-9%)	1.00
NIAMEY AERO	53.5 (10%)	0.87	-18.1 (-3%)	0.82	-39.2 (-7%)	0.84	-11.7 (-2%)	0.98
NGUIGMI	172.4 (88%)	0.87	56.2 (29%)	0.66	76.2 (39%)	0.76	138.0 (70%)	0.94
TAHOUA	147.4 (38%)	0.92	41.0 (11%)	0.53	43.9 (11%)	0.79	122.3 (32%)	0.98
TILLABERY	38.7 (9%)	0.81	24.6 (6%)	-0.03	-8.3 (-2%)	0.90	-33.1 (-7%)	0.99
ZINDER AERO	24.4 (5%)	0.37	17.1 (4%)	-0.15	-20.7 (-5%)	0.74	-42.7 (-9%)	0.99
ABALAK	139.9 (53%)	0.47	81.4 (31%)	0.33	33.3 (13%)	0.85	42.6 (16%)	0.71
AGUJE	41.3 (8%)	0.63	-5.5 (-1%)	-0.23	20.7 (4%)	0.52	-41.2 (-8%)	0.49
ARLIT	34.8 (49%)	-0.23	7.3 (10%)	-0.06	79.8 (113%)	0.62	6.2 (9%)	0.12
BIRNI'N GAURE	104.7 (17%)	0.25	26.8 (4%)	0.89	-40.0 (-6%)	0.11	4.0 (1%)	0.33
BOUZA	4.9 (1%)	0.52	-28.8 (-6%)	-0.65	-44.8 (-9%)	0.03	-39.8 (-8%)	0.54
DAKORO	62.2 (15%)	0.48	36.3 (9%)	0.32	-7.6 (-2%)	0.72	-80.6 (-20%)	0.77
DOGONDOUTCHI	138.5 (28%)	0.25	59.9 (12%)	0.50	20.2 (4%)	0.01	62.4 (13%)	-0.13
FILINGUE	76.3 (18%)	0.36	43.8 (11%)	0.45	-32.8 (-8%)	0.48	-27.9 (-7%)	0.10
GUIDAN ROUNDJI	63.2 (13%)	0.43	34.0 (7%)	0.23	-1.1 (-0%)	0.30	-59.8 (-12%)	0.55
ILLELA	79.9 (18%)	0.41	41.5 (9%)	0.44	21.0 (5%)	0.24	33.2 (7%)	0.42
KEITA	45.4 (10%)	0.44	-37.0 (-8%)	-0.21	-16.2 (-3%)	-0.32	49.4 (11%)	0.07
KOLO	101.0 (19%)	0.26	54.8 (10%)	0.68	-1.2 (-0%)	0.44	39.3 (7%)	0.47

TABLE 4.1 – Biais et Coefficient de corrélation des cumuls annuels de précipitation

	CRU WFDEI (1998–2008)		GPCP (1998–2008)		TRMM (1998–2008)		GPCP WFDEI (1998–2008)	
	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation	Biais des moyennes annuelles (mm)	Coefficient de corrélation
LOGA	99.4 (19%)	0.45	49.6 (10%)	0.41	-14.8 (-3%)	0.60	-30.8 (-6%)	0.42
MADAOUA	26.7 (5%)	0.48	21.0 (4%)	0.70	-15.1 (-3%)	0.33	-33.8 (-7%)	0.56
MADAROUNFA	45.0 (8%)	0.89	54.5 (10%)	0.71	-1.7 (-0%)	0.38	-60.1 (-11%)	0.60
MATAMEYE	-29.7 (-5%)	0.12	-27.1 (-5%)	0.73	-89.5 (-16%)	0.33	-129.0 (-22%)	-0.02
MAYAHI	63.1 (15%)	0.44	33.2 (8%)	0.86	41.0 (10%)	0.50	-23.1 (-5%)	0.42
MYRRIAH	60.7 (14%)	-0.37	23.3 (5%)	0.25	17.5 (4%)	0.25	-0.0 (-0%)	0.37
OULLAM	56.2 (13%)	0.42	17.0 (4%)	-0.39	16.1 (4%)	0.48	-17.0 (-4%)	0.22
SAY	132.0 (24%)	0.38	61.3 (11%)	0.17	22.7 (4%)	0.44	79.3 (14%)	0.50
TANOUT	107.1 (45%)	0.48	71.6 (30%)	0.27	29.3 (12%)	0.68	64.9 (28%)	0.56
TCHINTABARADEN	87.6 (31%)	0.74	1.9 (1%)	-0.16	3.3 (1%)	0.51	6.8 (2%)	0.71
TCHIROZERINE	9.5 (6%)	0.53	-37.1 (-23%)	0.59	59.6 (37%)	0.79	22.0 (14%)	0.68
TERA	94.2 (23%)	0.52	43.4 (10%)	-0.06	48.5 (12%)	0.53	24.0 (6%)	0.48
TESSAOUA	-5.8 (-1%)	0.52	-17.7 (-3%)	-0.27	-48.6 (-9%)	0.43	-83.8 (-16%)	0.57

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

	CRU WFDEI (1998-2008)	GPCP (1998-2008)	TRMM (1998-2008)	GPCP WFDEI (1998-2008)
Biais minimum	-5.1591	-2.278463e+01	-1.555876e+01	-2.241915e+01
Biais moyen	24.5314	7.059847e+00	8.732812e+00	6.919668e+00
Biais maximal	151.758	3.076369e+01	1.147550e+02	1.047744e+02
Corrélation minimale	-0.37193	-6.525472e-01	-3.212661e-01	-1.250612e-01
Corrélation moyenne	0.46543	2.828940e-01	5.428903e-01	6.290127e-01
Corrélation maximale	0.91748	8.865462e-01	9.116866e-01	9.988633e-01

TABLE 4.2 – Performance minimale, moyenne et maximale des différents produits d'observation

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

4.3.1 principes

Un seul produit d'observations sous forme de grille est disponible pour les températures maximales et minimales. Il s'agit de WFDEI (Watch Forcing methodology applied to ERA-Interim). Il n'y aura pas de comparaison mais on générera les mêmes graphiques et on calculera les mêmes indices de performance que pour la précipitation : le coefficient de corrélation de Pearson (équation 4.1), le biais (équation 4.2) et le biais relatif (équation 4.3).

4.3.2 Températures maximales

La figure 4.17 montre la distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures maximales au Niger selon WFDEI. On donne dans le tableau 4.3 le biais moyen et le coefficient de corrélation entre WFDEI et les températures maximales mesurées. On montre aussi les séries temporelles des précipitations mensuelles observées et estimées, ainsi que la différence avec les observations sur les figures 4.18 (Agadez), 4.19 (Birnin' Konni), 4.20 (Mainé Soroa), 4.21 (Maradi aéroport), 4.18 (Agadez), 4.22 (Niamey aéroport), 4.23 (Tahoua), 4.24 (Tahoua), 4.25 (Tillabery) et , 4.26 (Zinder aéroport). Les biais particulièrement bas et le coefficient de corrélation parfait suggère que les données des stations synoptiques du Niger ont été utilisées pour l'élaboration des produits WFDEI. Pour connaître la performance du produit sur les autres zones du pays, des vérifications

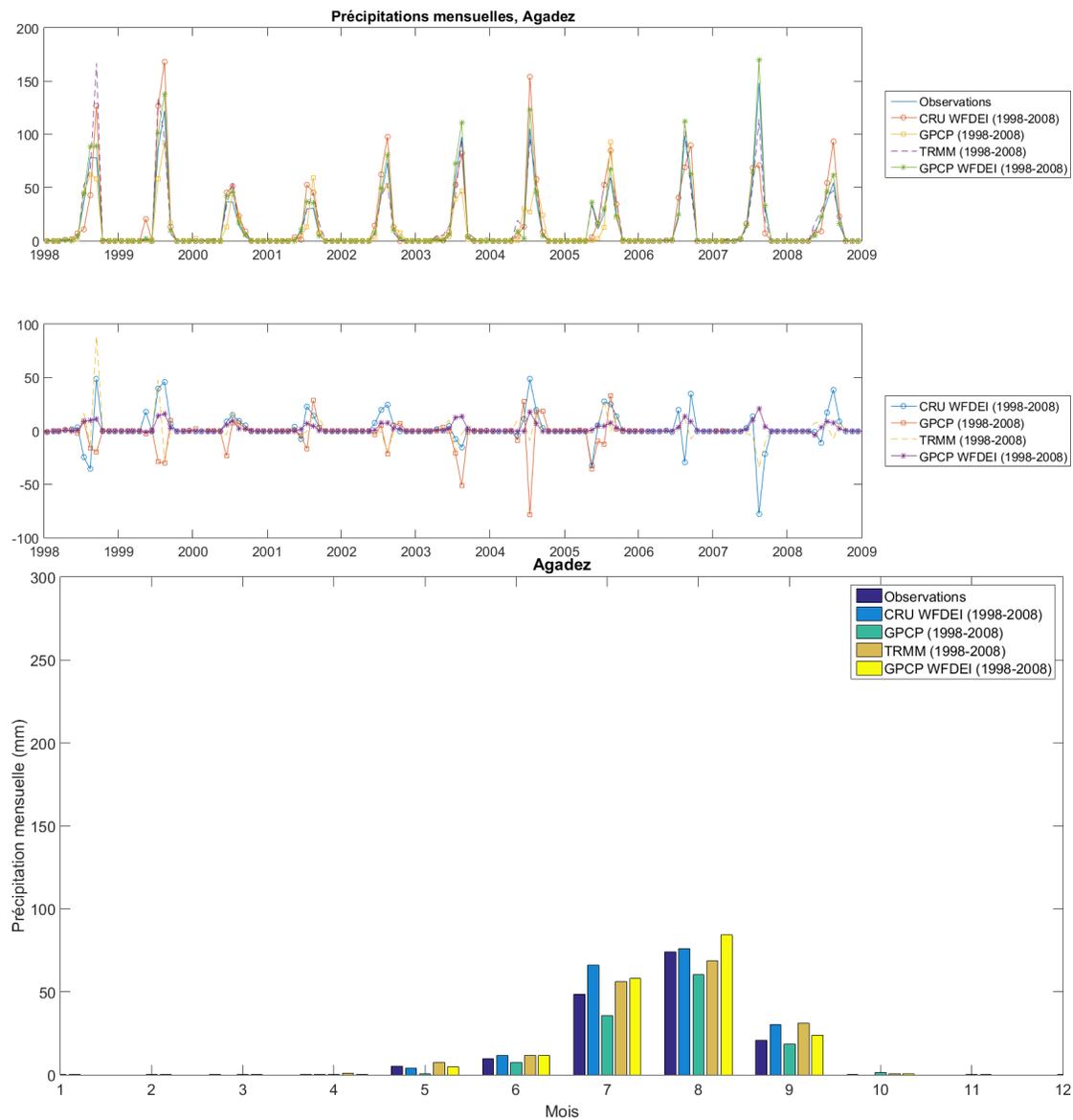


FIGURE 4.2 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d’estimation et moyennes des produits d’observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Agadez

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

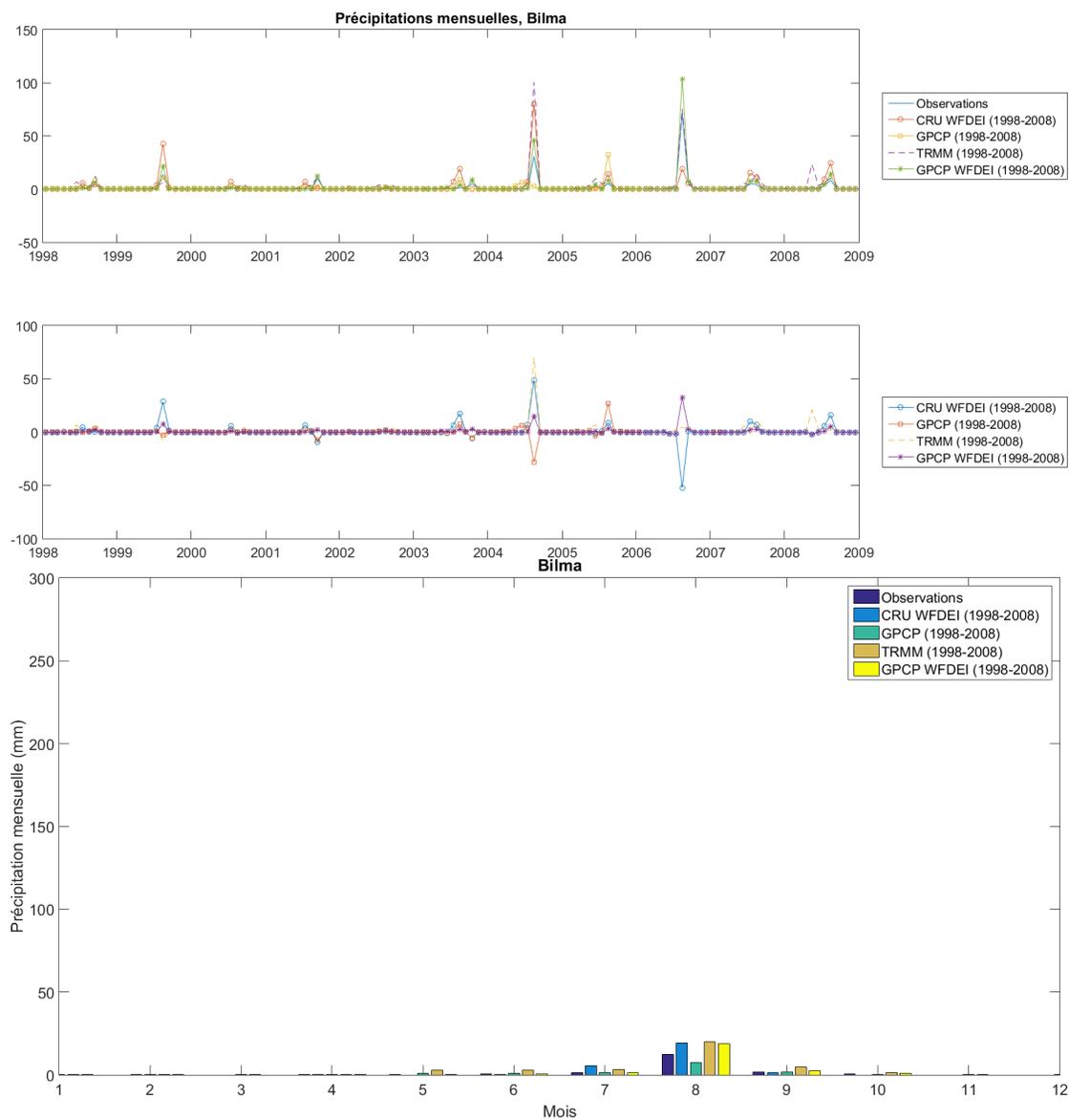


FIGURE 4.3 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Bilma

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

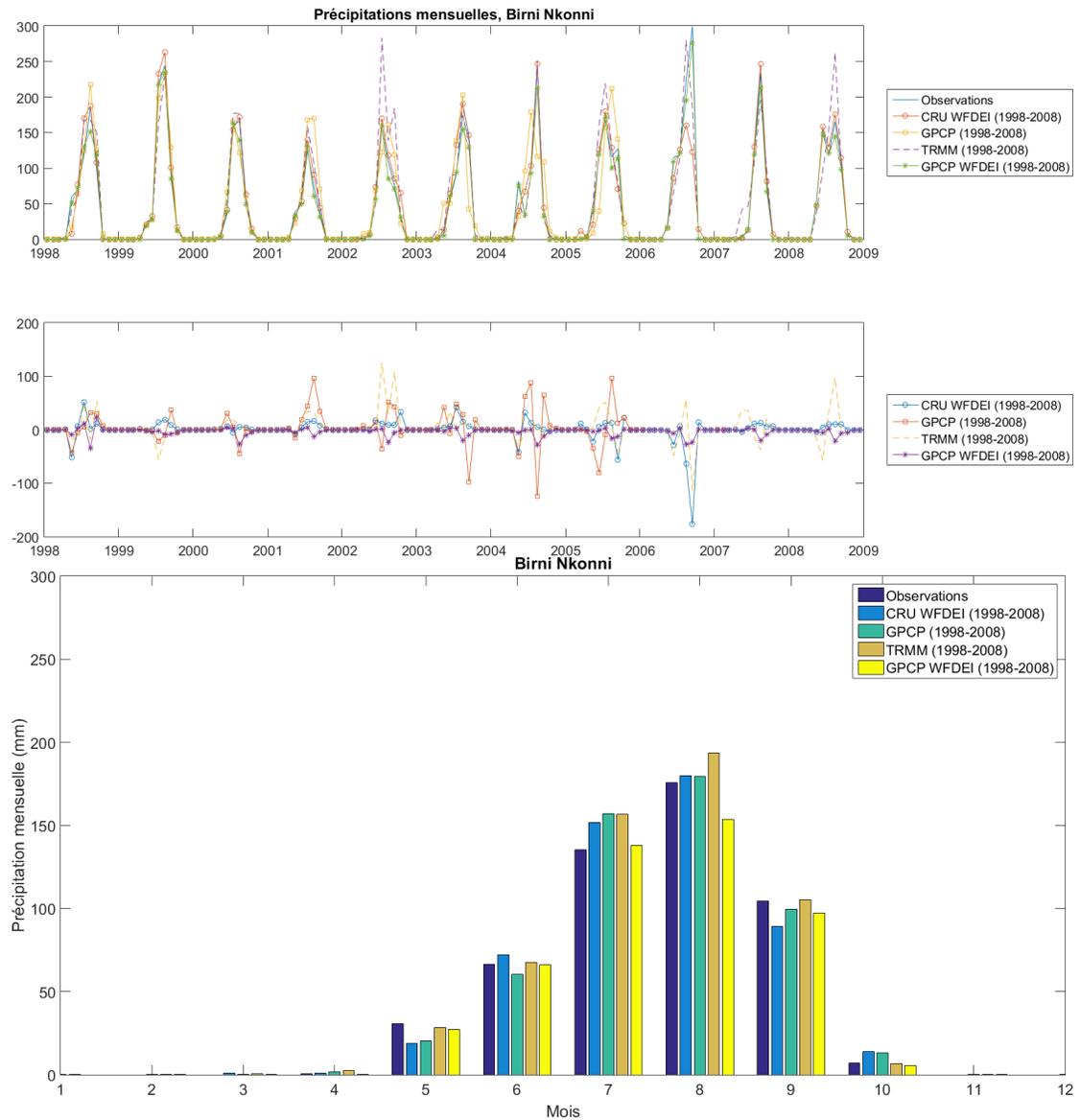


FIGURE 4.4 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Birni nkonni

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

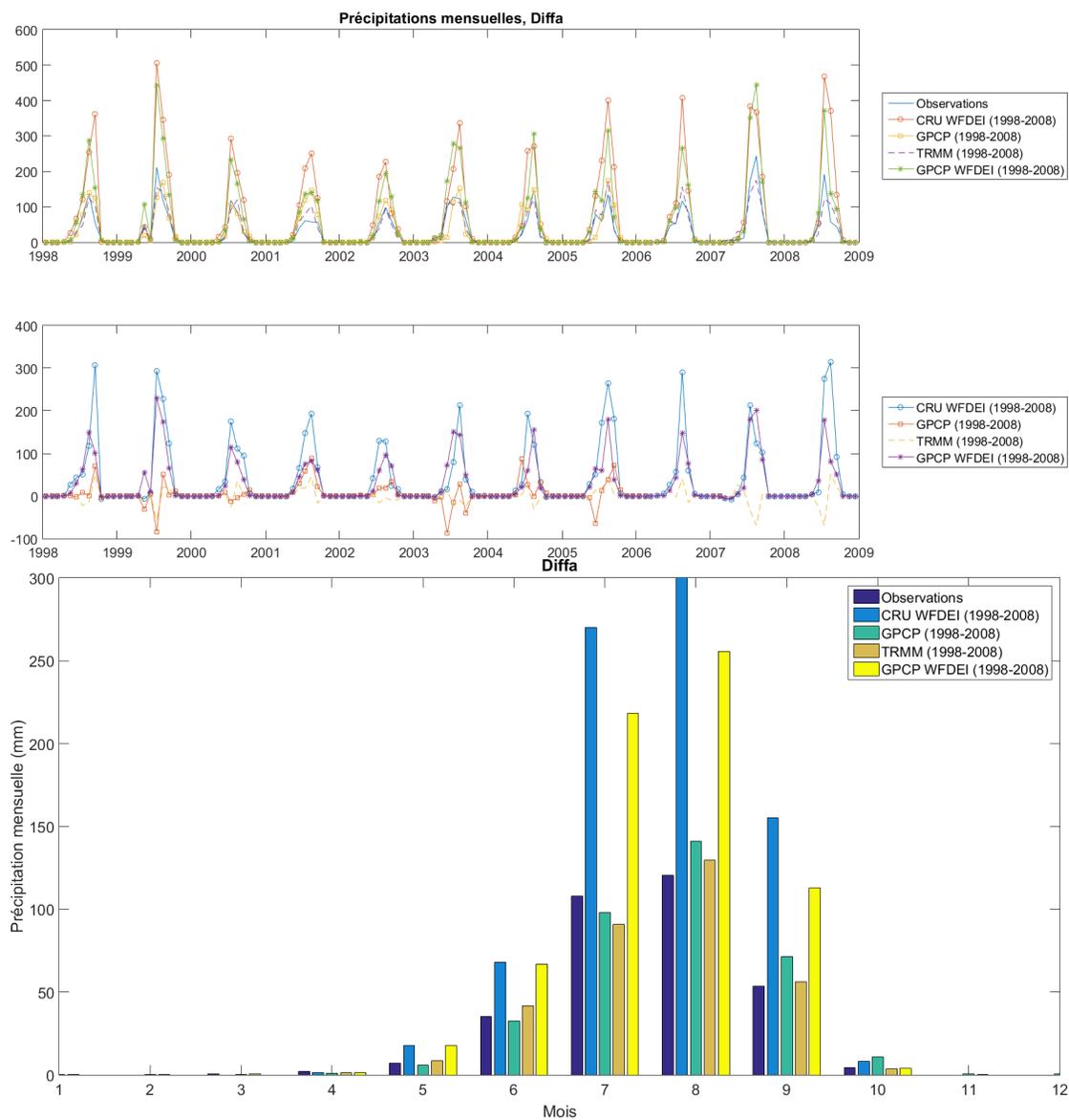


FIGURE 4.5 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Diffa

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

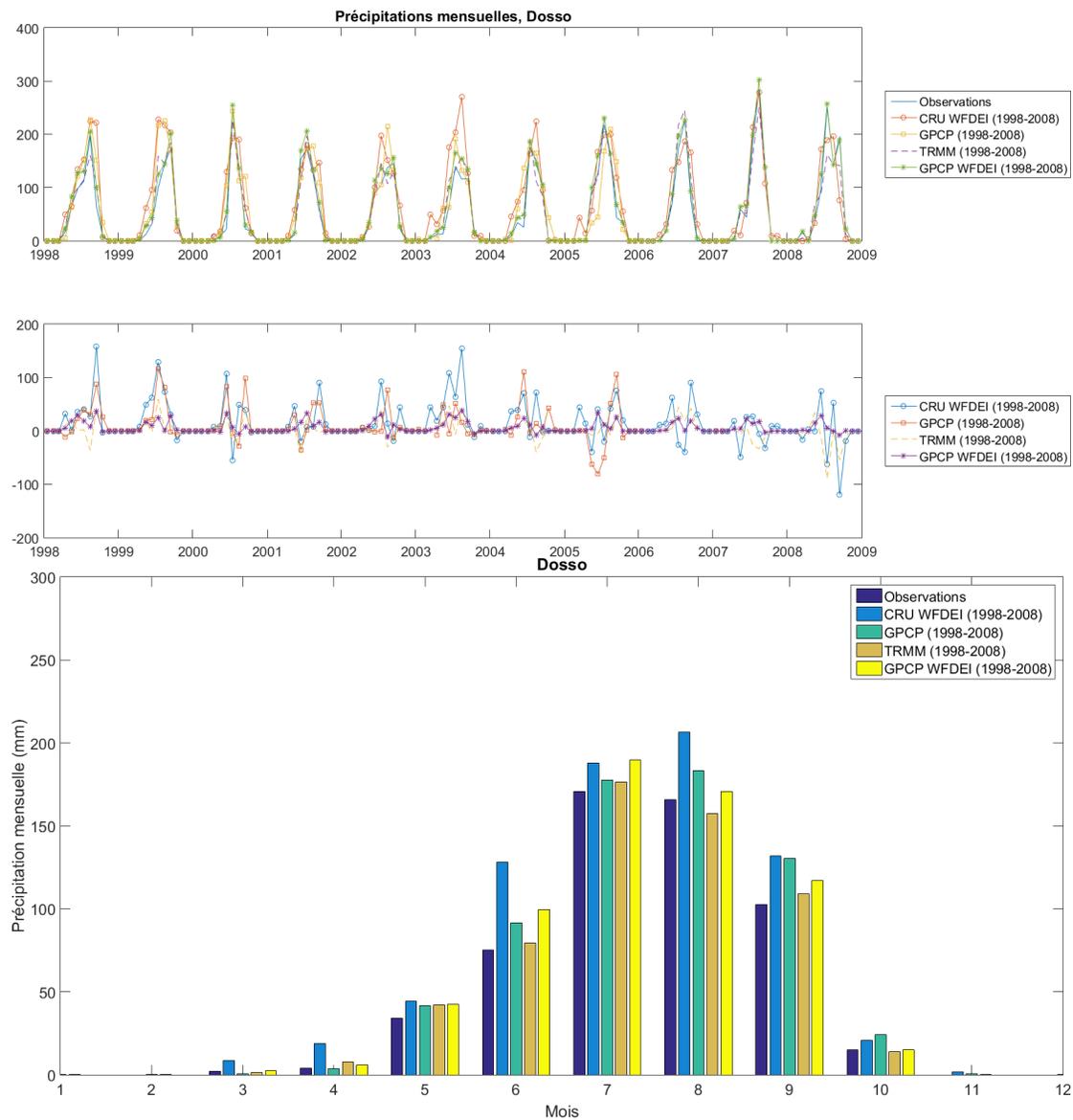


FIGURE 4.6 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d’estimation et moyennes des produits d’observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Dozzo

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

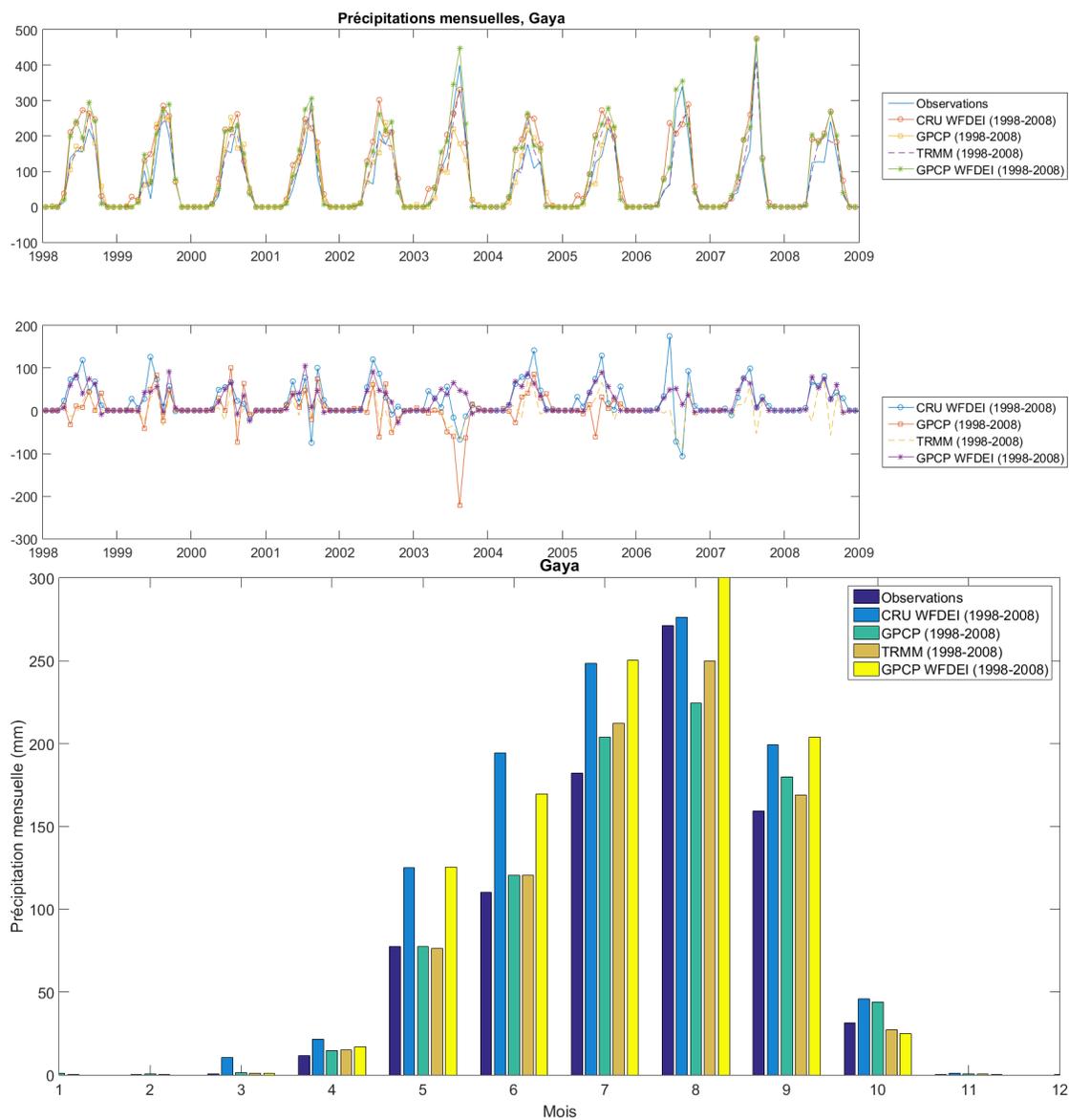


FIGURE 4.7 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Gaya

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

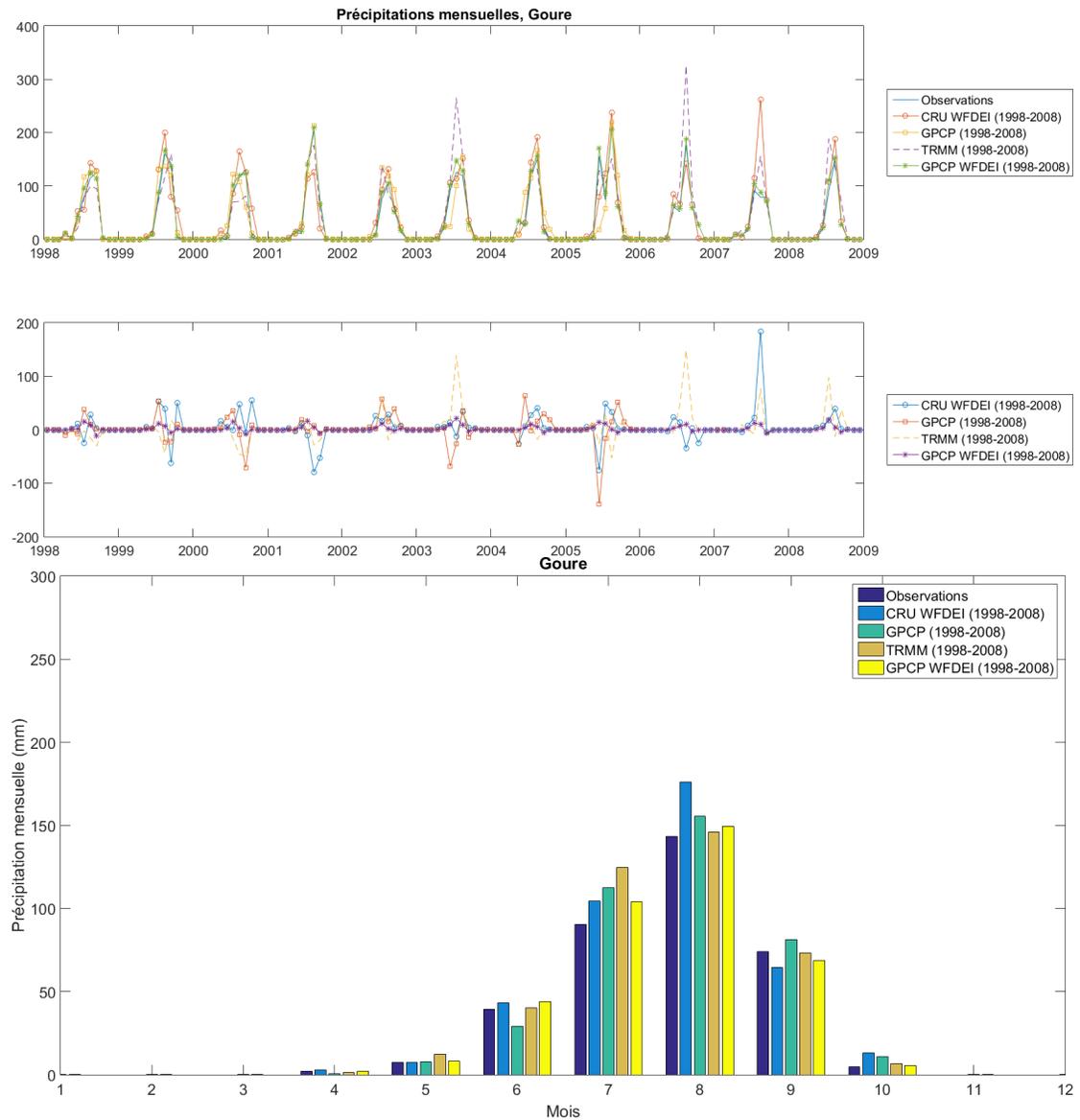


FIGURE 4.8 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Goure

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

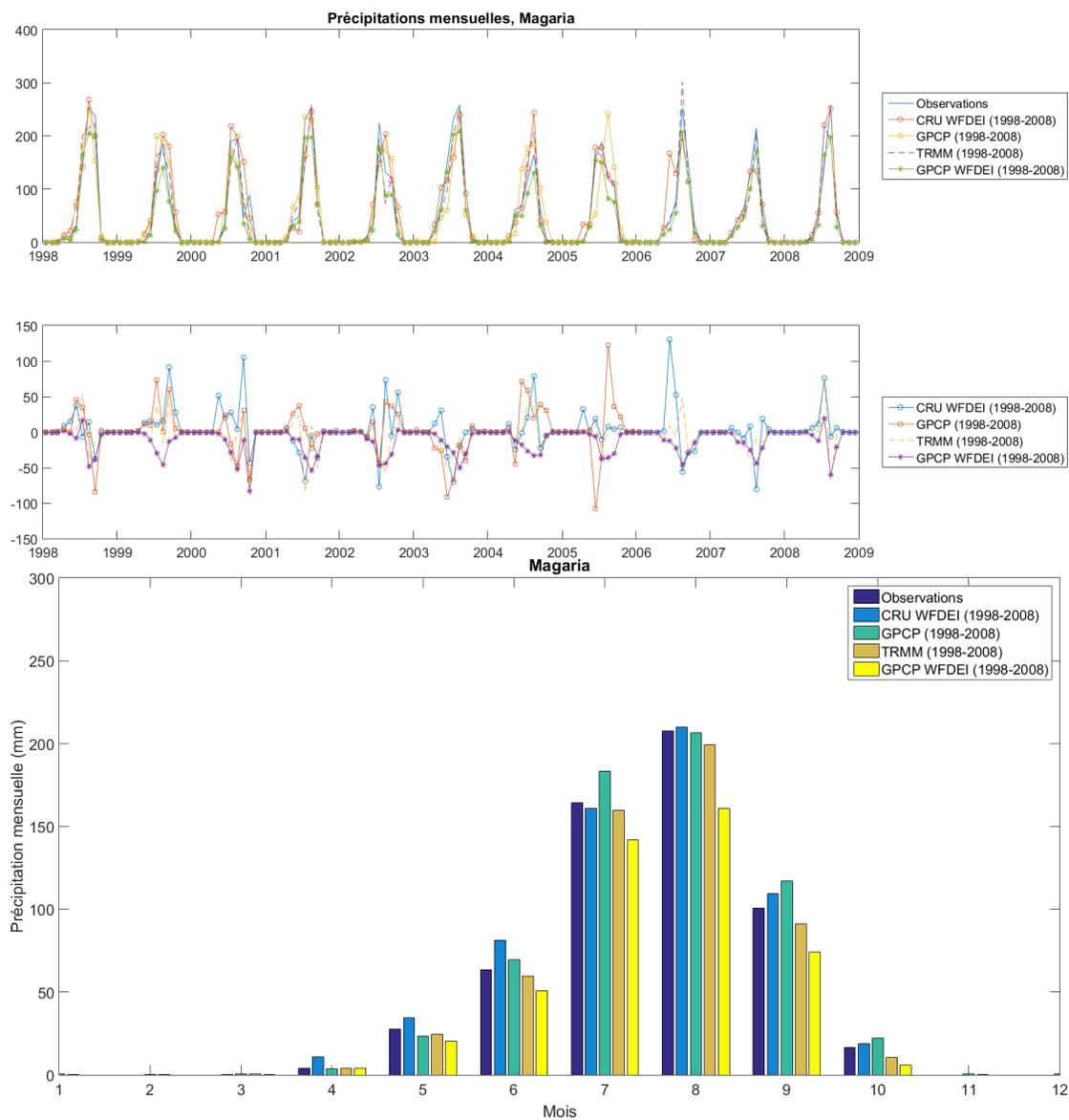


FIGURE 4.9 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Magaria

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

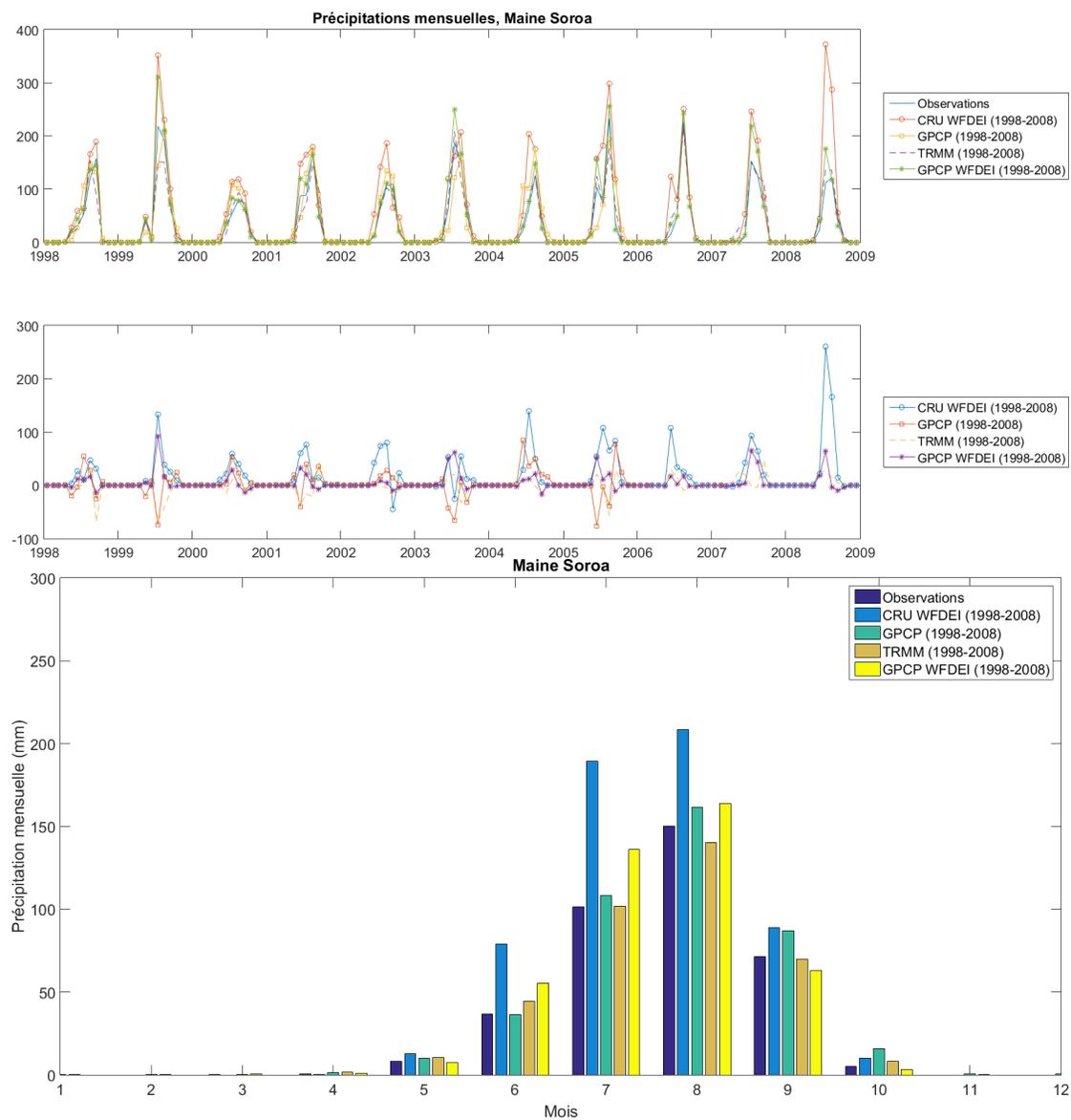


FIGURE 4.10 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Maine soroa

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

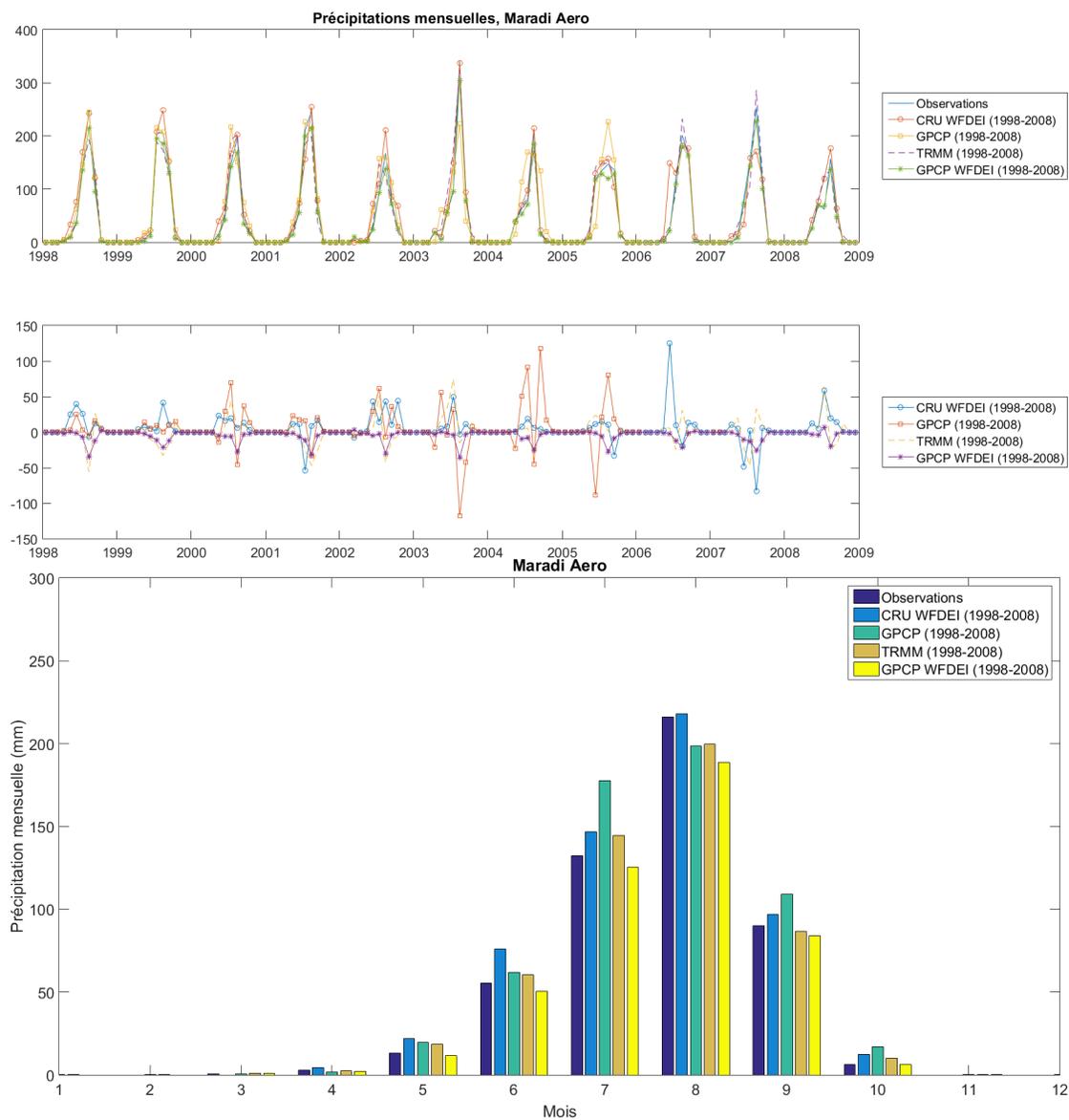


FIGURE 4.11 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Maradi aero

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

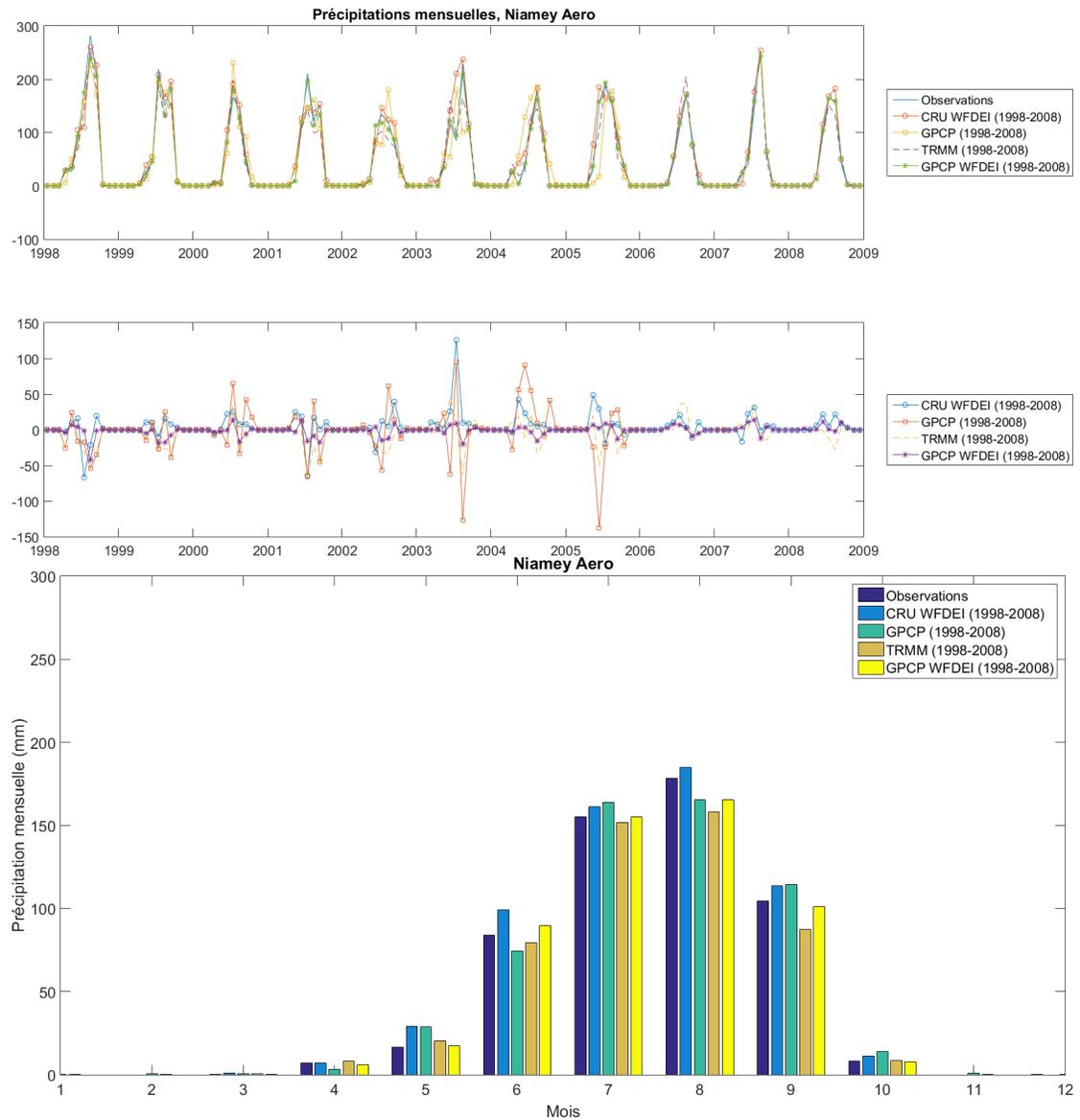


FIGURE 4.12 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Niamey aero

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

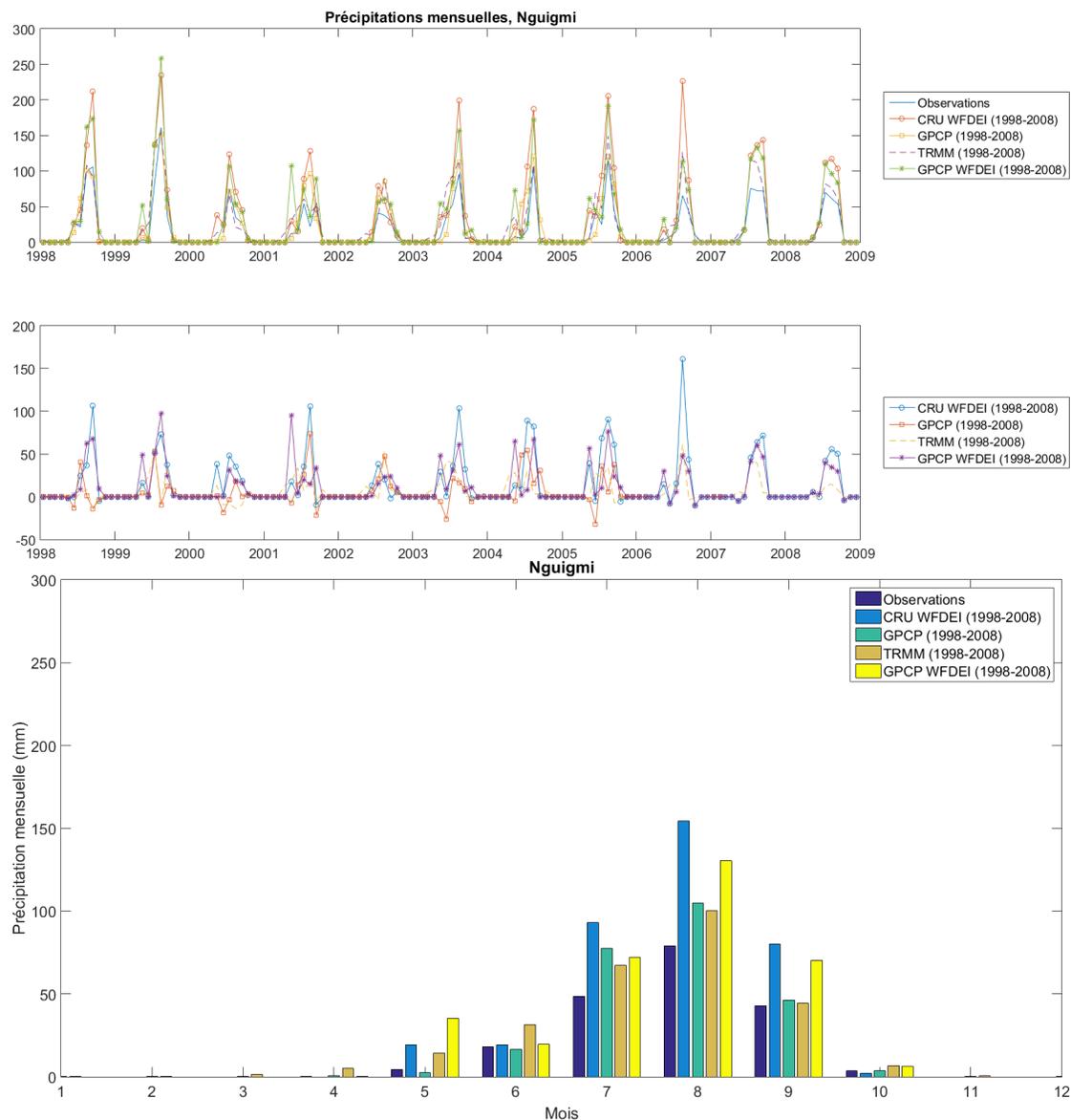


FIGURE 4.13 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Nguigmi

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

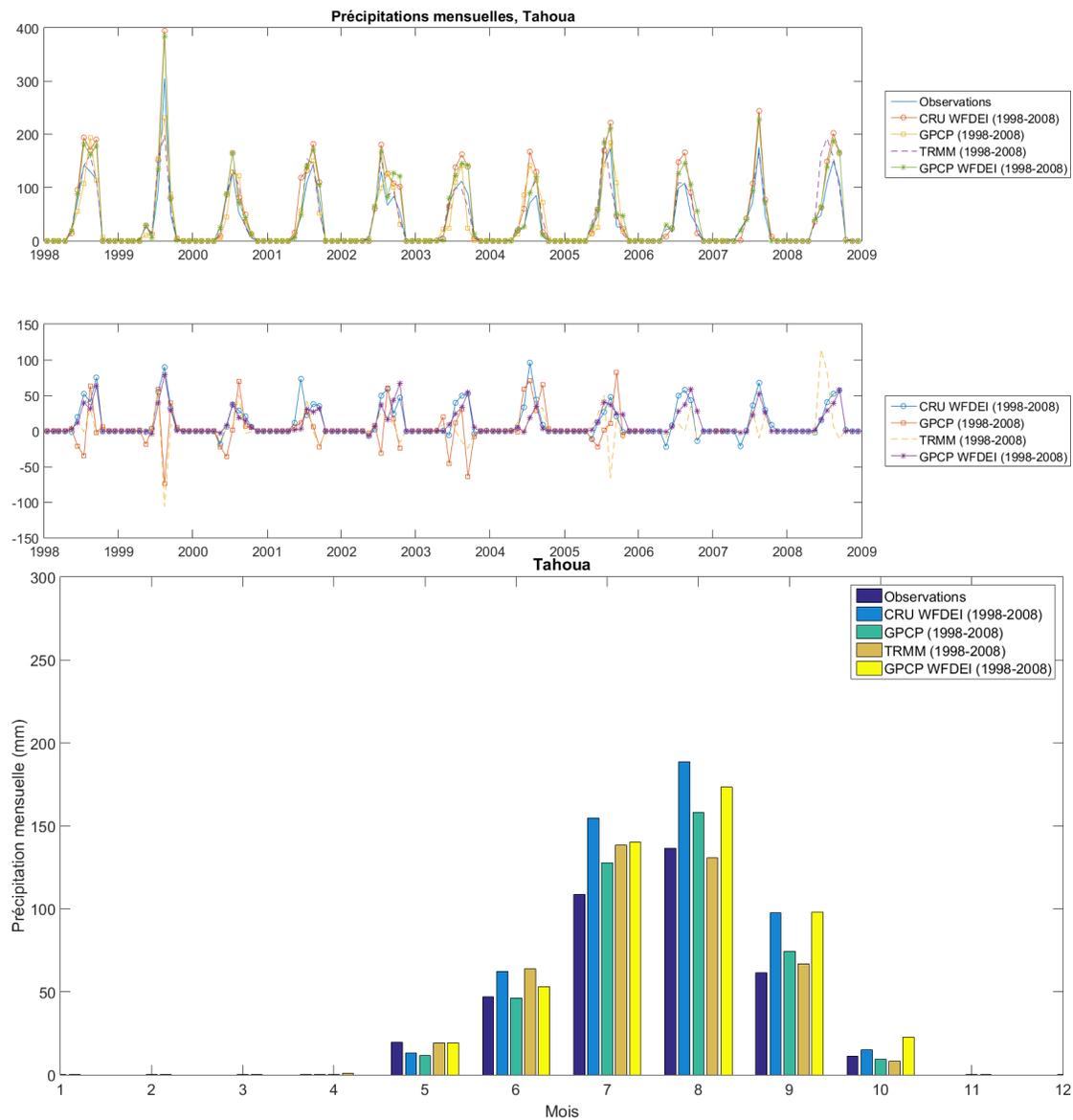


FIGURE 4.14 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Tahoua

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

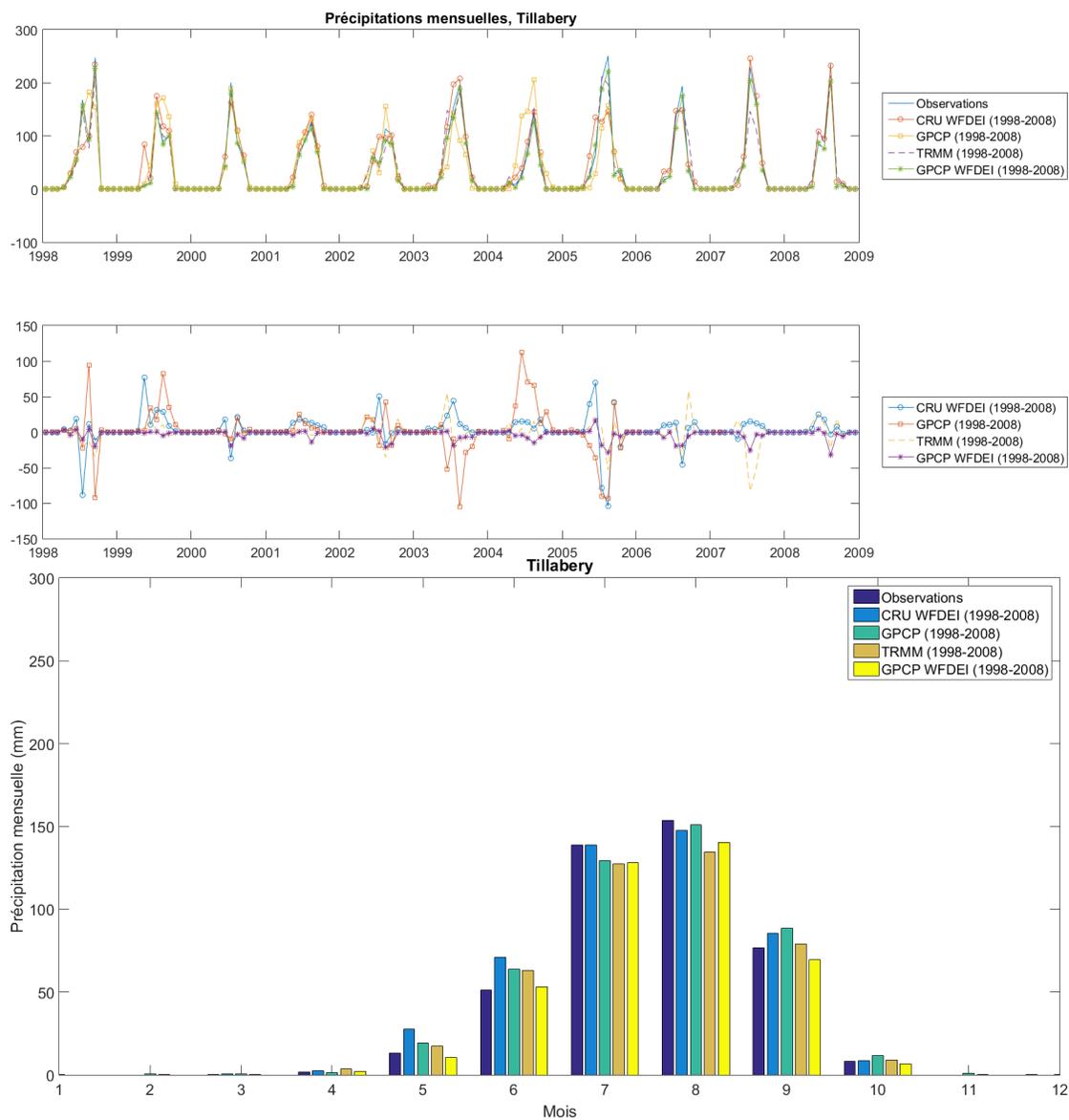


FIGURE 4.15 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Tillabery

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

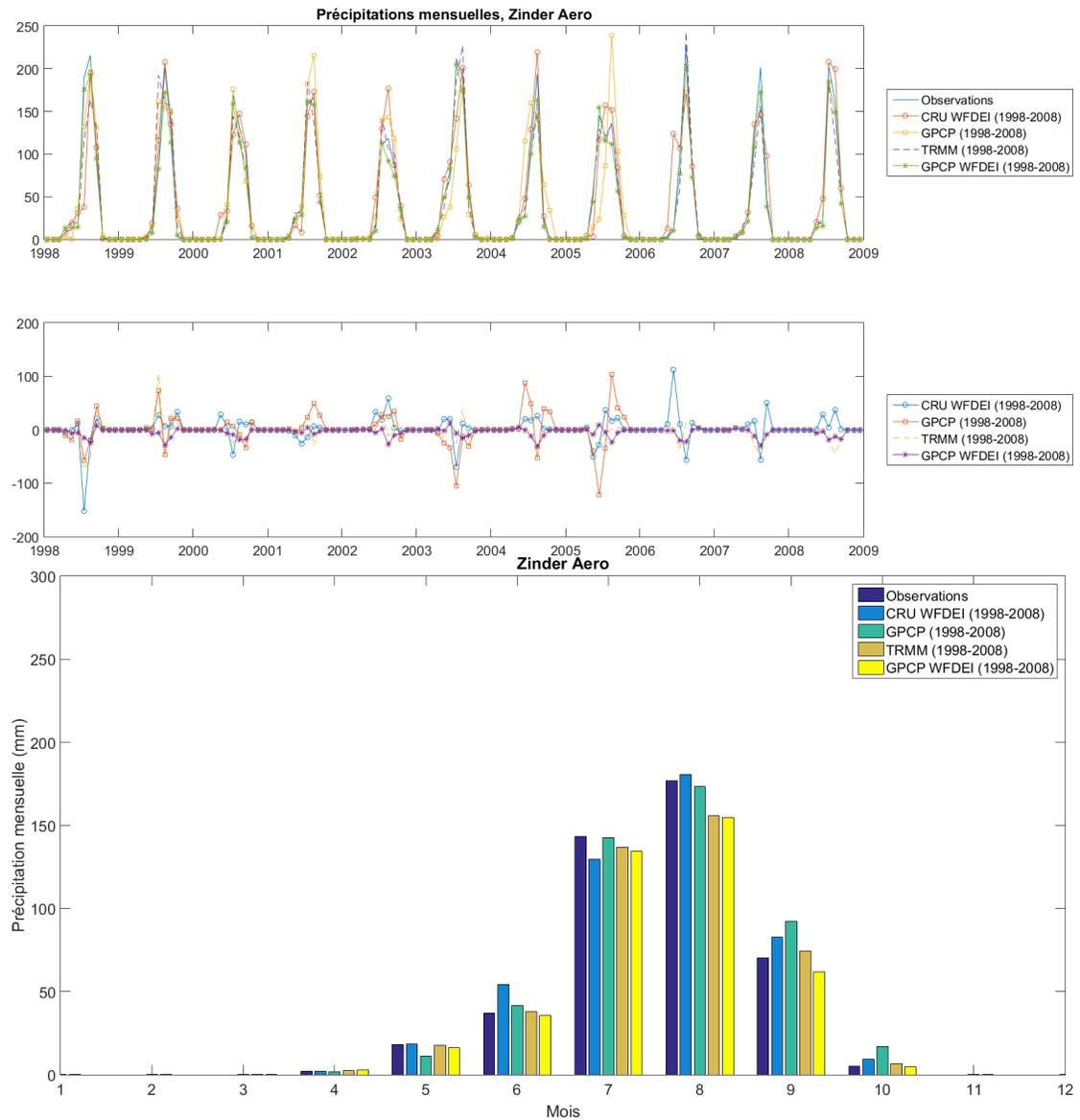


FIGURE 4.16 – Séries mensuelles de précipitations, erreur d'estimation et moyennes des produits d'observation CRU-WFDEI, GPCP, TRMM et GPCP-WFDEI au niveau de la station de Zinder aero

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

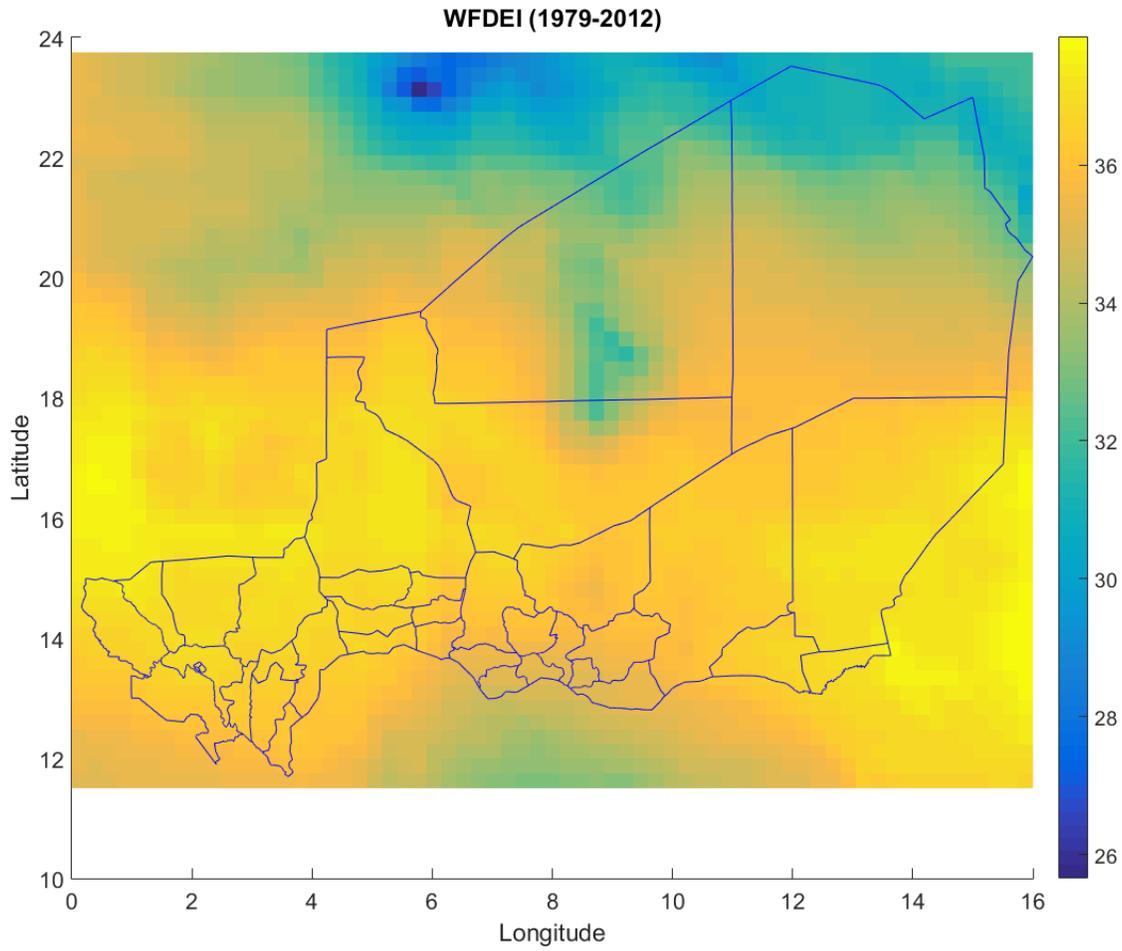


FIGURE 4.17 – Distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures maximales au Niger selon WFDEI

additionnelles sont requises.

	WFDEI (1979–2012)	
	Biais de la température maximale moyenne annuelle ($^{\circ}C$)	Coefficient de corrélation
Agadez	0.2 (0%)	1.00
Birni Nkonni	-0.0 (-0%)	1.00
Gaya	-0.2 (-1%)	1.00
Maine Soroa	-0.4 (-1%)	1.00
Maradi Aero	-0.2 (-1%)	1.00
Niamey Aero	-0.3 (-1%)	1.00
Tahoua	-0.8 (-2%)	1.00
Tillabery	0.4 (1%)	1.00
Zinder Aero	-0.3 (-1%)	1.00

TABLE 4.3 – Biais des températures maximales moyennes annuelles WFDEI et corrélation des séries annuelles des températures maximales WFDEI avec les valeurs aux stations

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

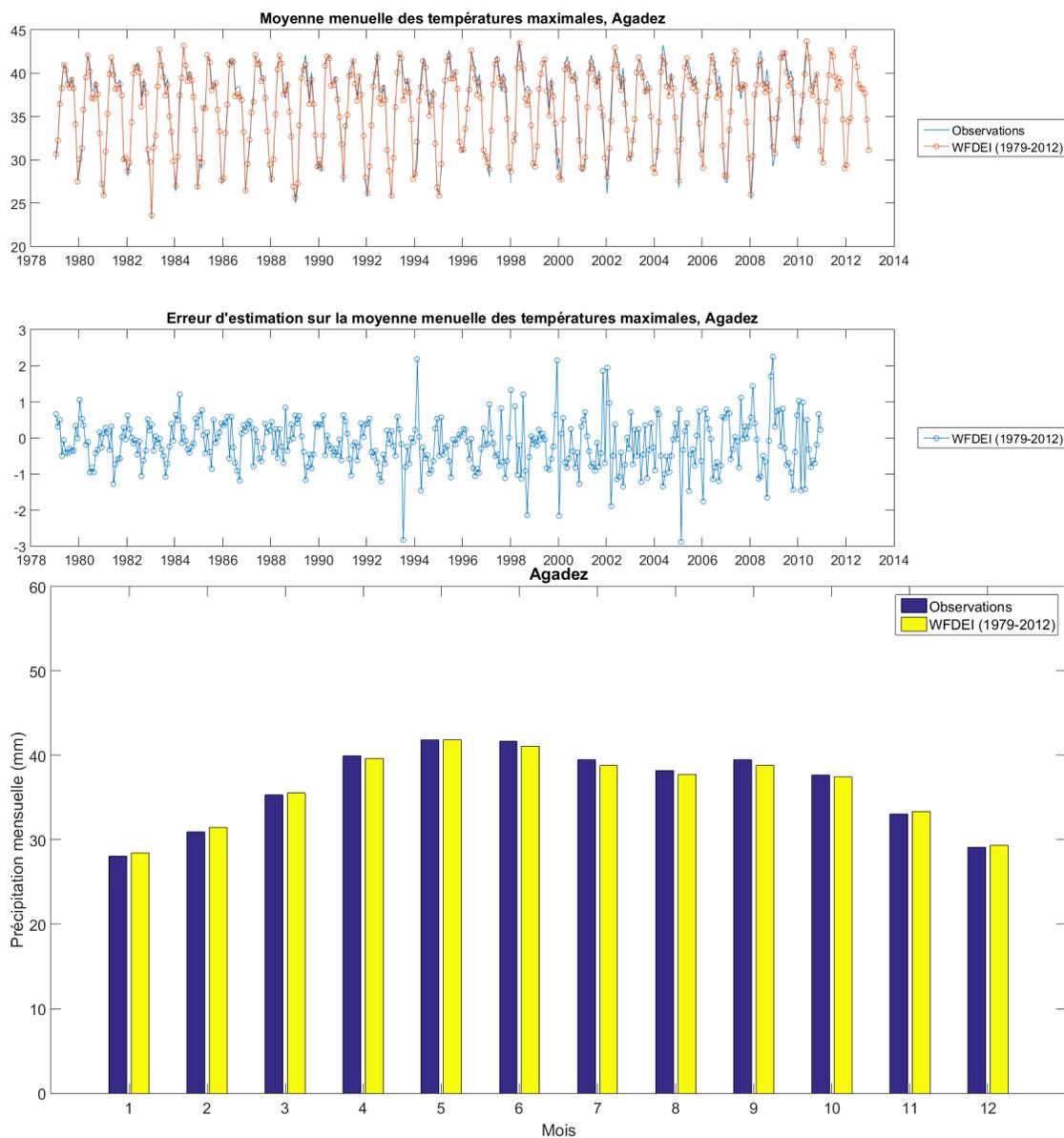


FIGURE 4.18 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Agadez

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

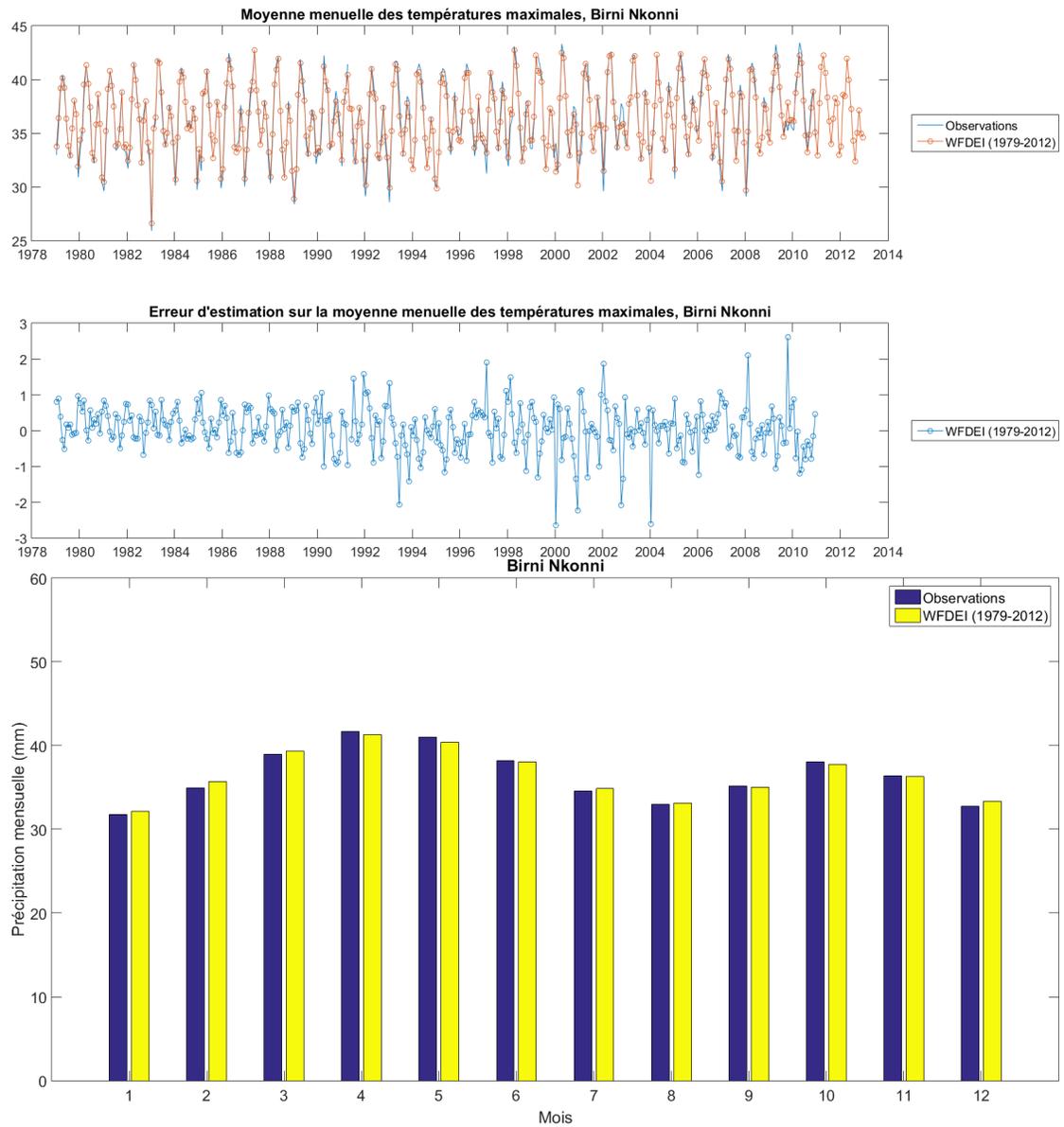


FIGURE 4.19 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Birni nkonni

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

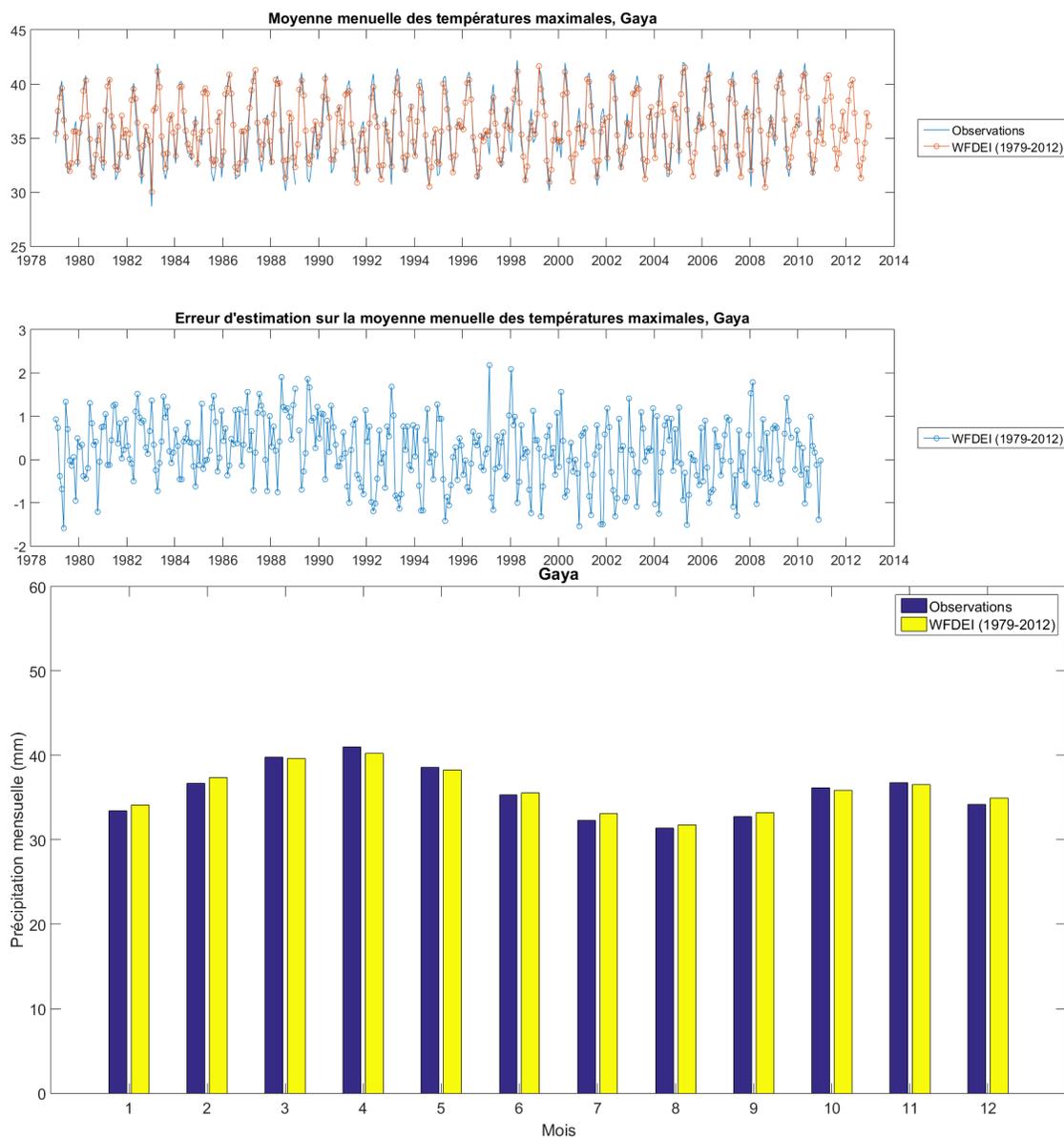


FIGURE 4.20 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Gaya

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

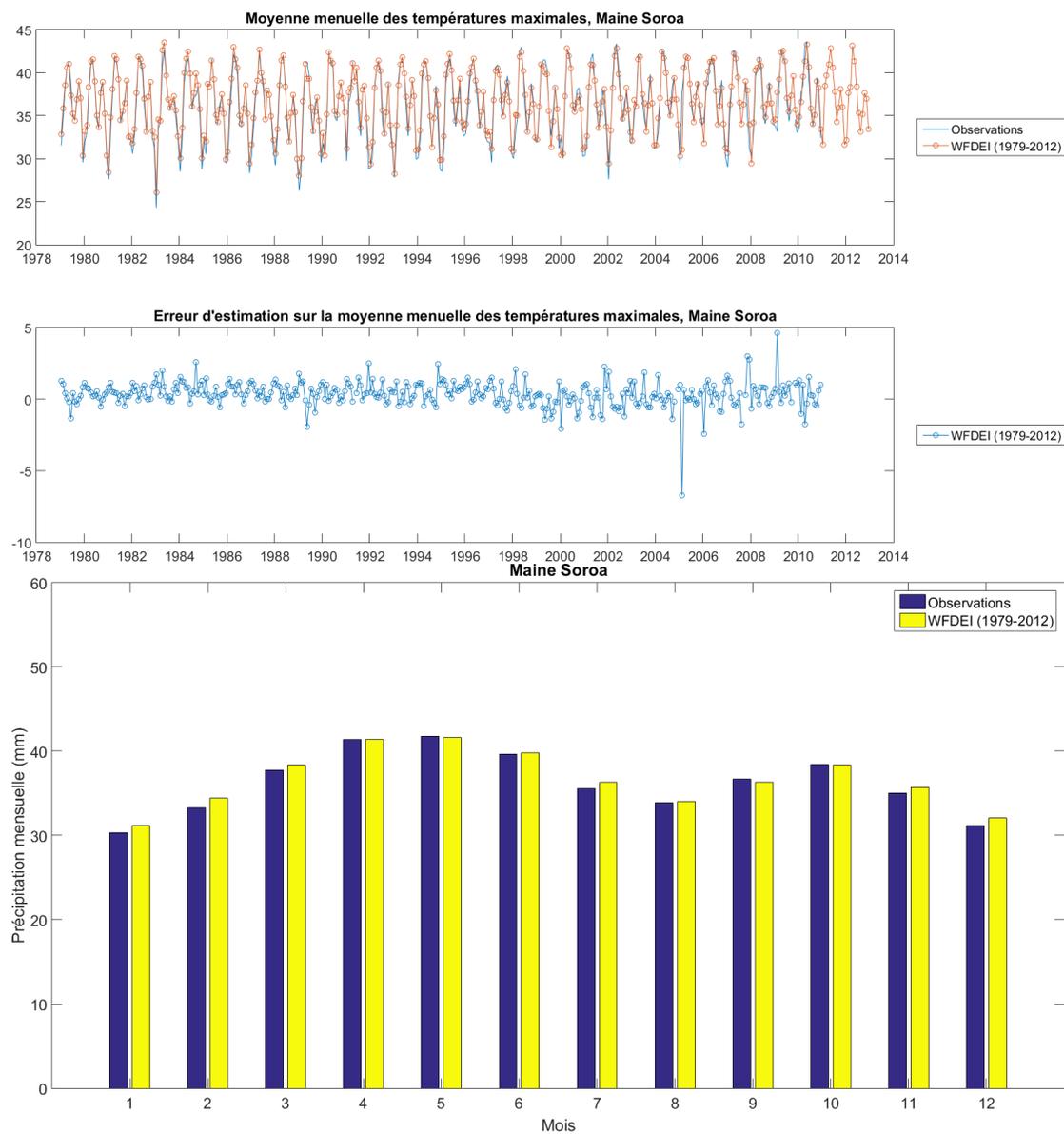


FIGURE 4.21 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Maine soroa

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

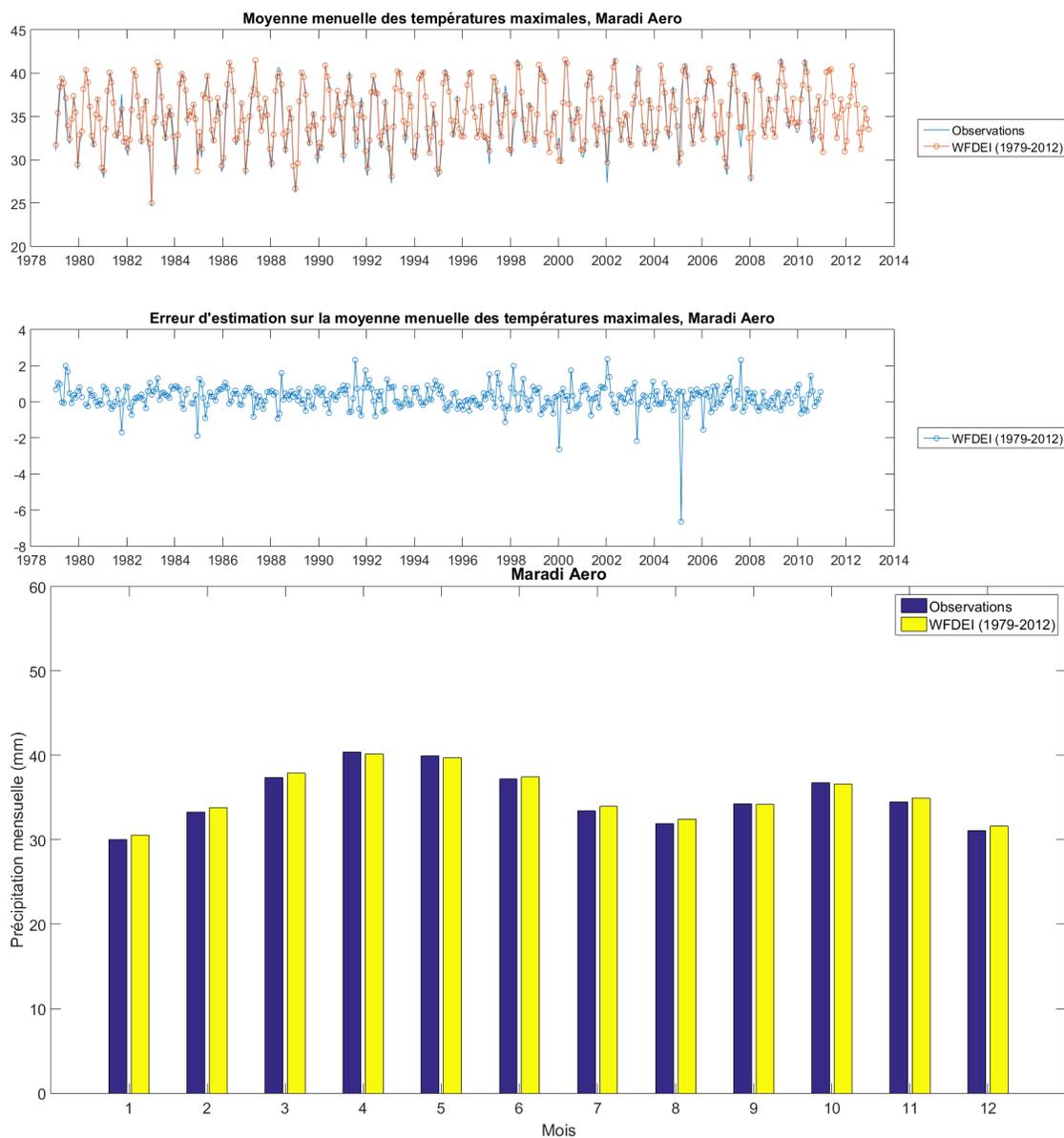


FIGURE 4.22 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Maradi aéroport

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

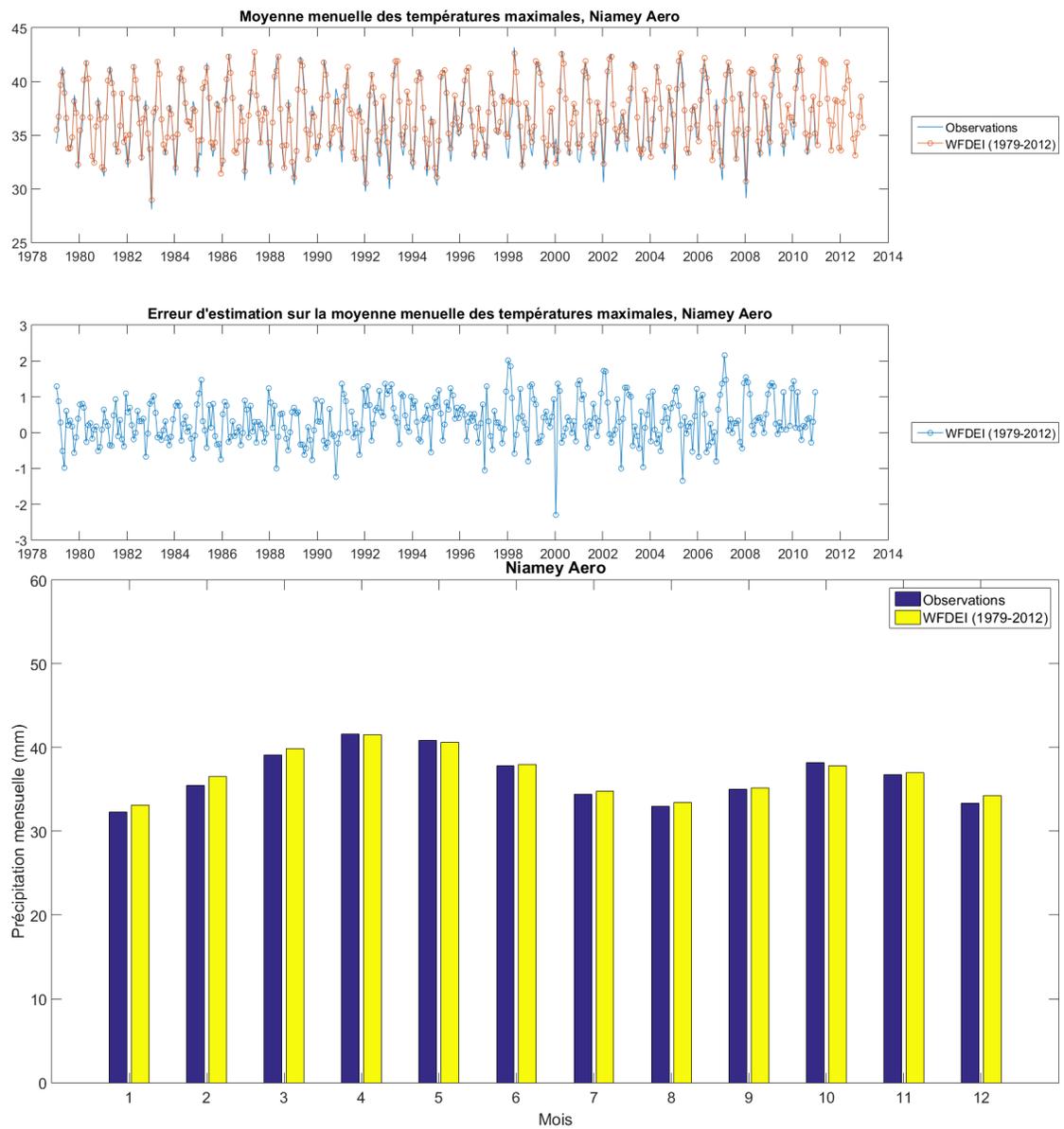


FIGURE 4.23 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Niamey aéro

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

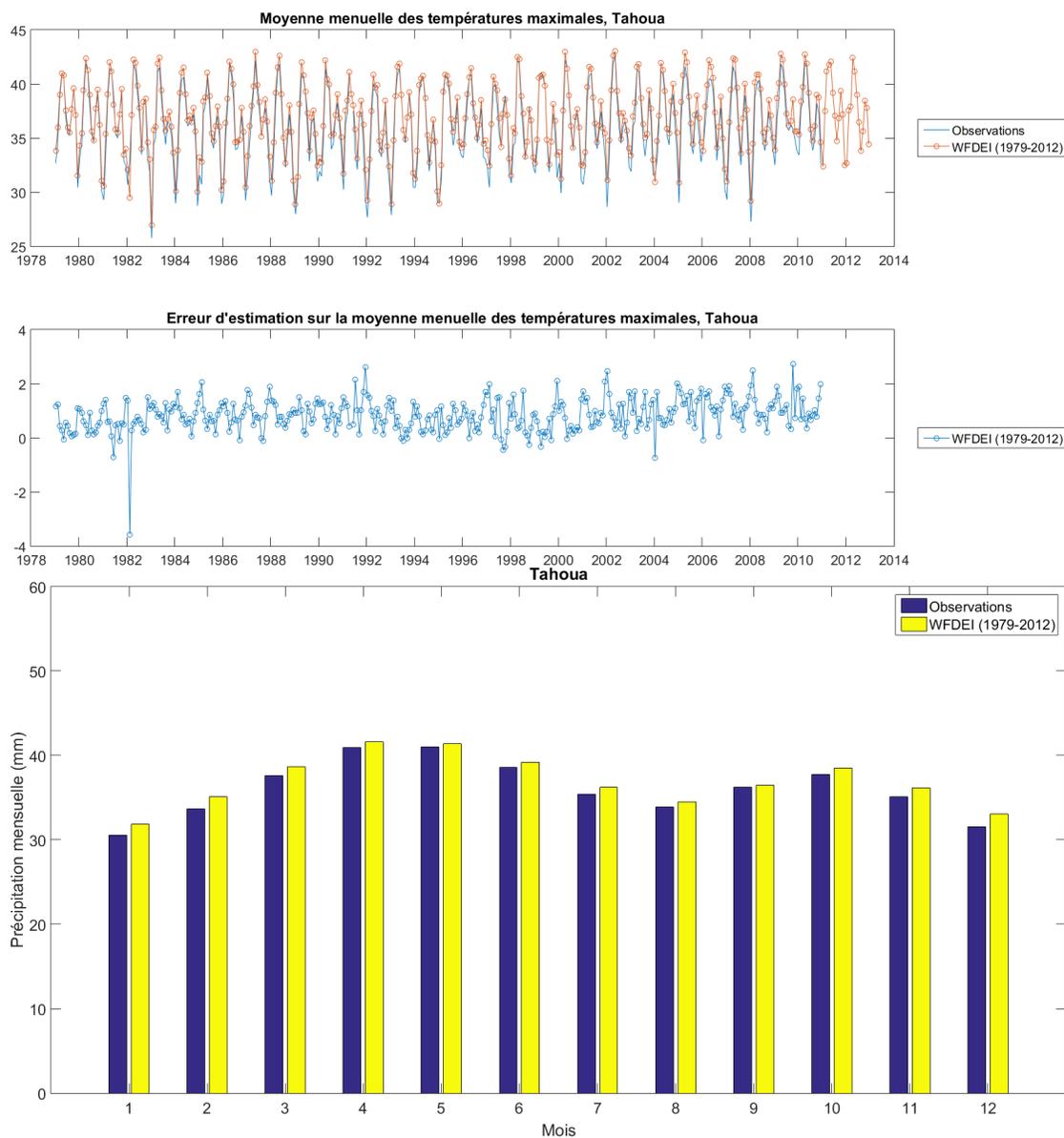


FIGURE 4.24 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Tahoua

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

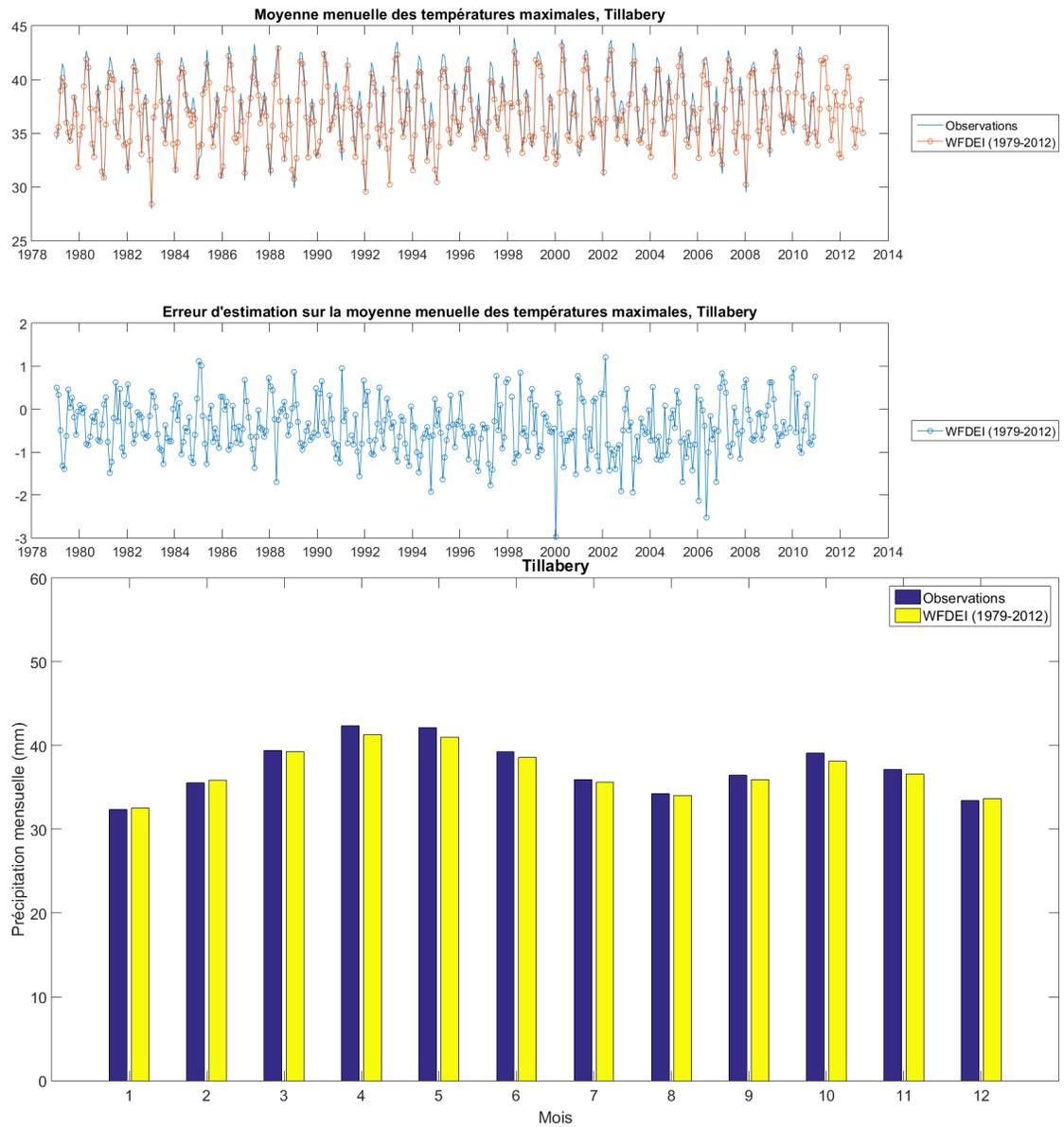


FIGURE 4.25 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Tillbery

4.3 Sélection du produit d'observation de référence - températures

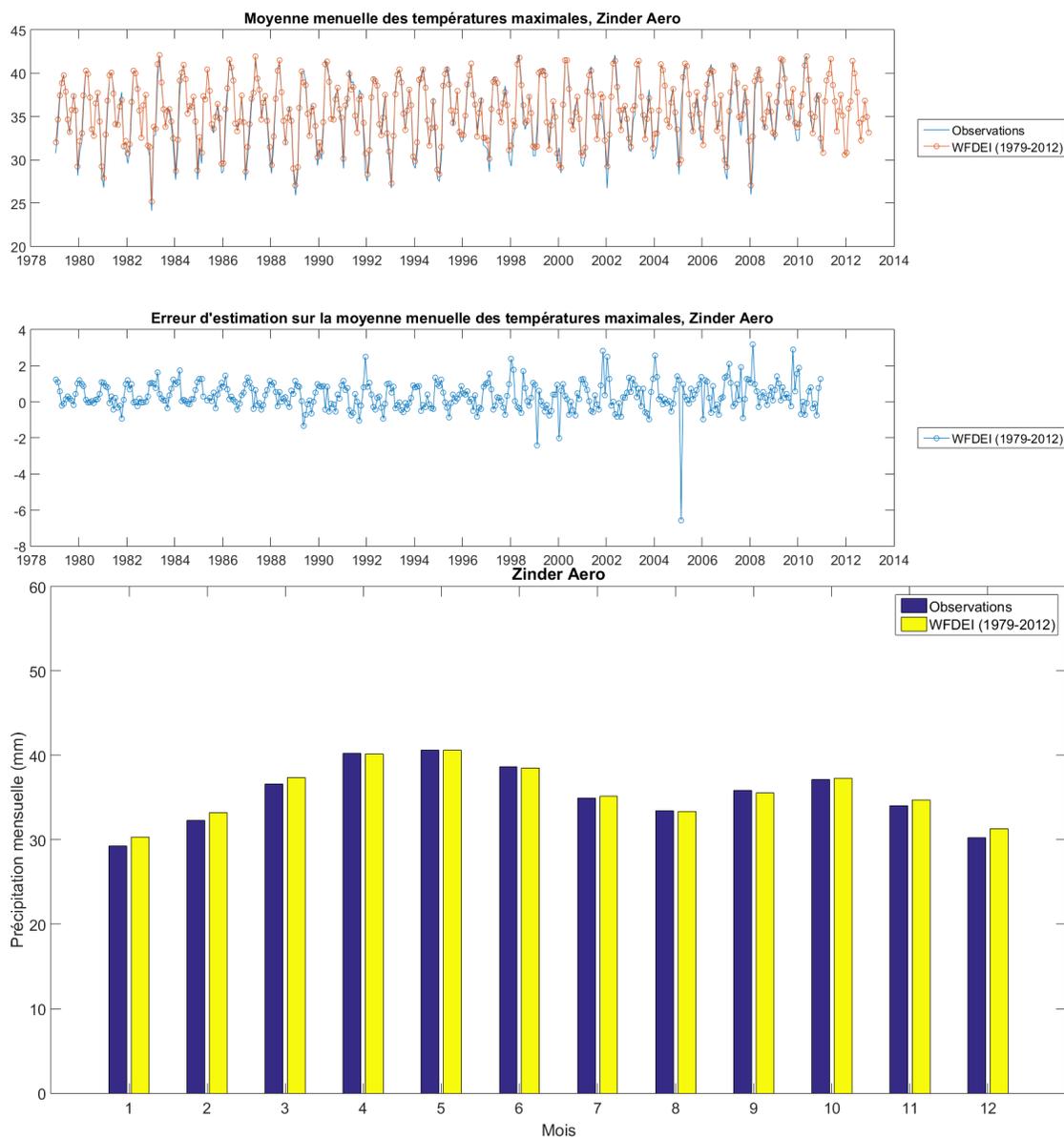


FIGURE 4.26 – Séries mensuelles de températures maximales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures maximales selon WFDEI au niveau de la station de Zinder aero

4.3.3 Températures minimales

Les conclusions sont similaires à celles obtenues avec les températures maximales. La figure 4.27 montre la distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures maximales au Niger selon WFDEI. On donne dans le tableau 4.4 le biais moyen et le coefficient de corrélation entre WFDEI et les températures maximales mesurées. On montre aussi les séries temporelles des précipitations mensuelles observées et estimées, ainsi que la différence avec les observations sur les figures 4.28 (Agadez), 4.29 (Birnin' Konni), 4.30 (Mainé Soroa), 4.31 (Maradi aéroport), 4.28 (Agadez), 4.32 (Niamey aéroport), 4.33 (Tahoua), 4.34 (Tahoua), 4.35 (Tillabery) et , 4.36 (Zinder aéroport). Les biais particulièrement bas et le coefficient de corrélation parfait suggère que les données des stations synoptiques du Niger ont été utilisées pour l'élaboration des produits WFDEI. Tout comme pour les températures maximales, la connaissance de la performance du produit sur les autres zones du pays requiert des vérifications additionnelles.

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

4.4.1 Principe

Tout comme pour les températures minimales et maximales, un seul produit d'observations sous forme de grille est disponible pour les températures maximales et minimales. Il s'agit de WFDEI (Watch Forcing methodology applied to ERA-Interim). Il n'y aura pas de comparaison mais on générera les mêmes graphiques et on calculera les mêmes indices de performance que pour la précipitation : le coefficient de corrélation de Pearson (équation 4.1), le biais (équation 4.2) et le biais relatif (équation 4.3). La figure 4.37 montre la distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures maximales au Niger selon WFDEI.

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

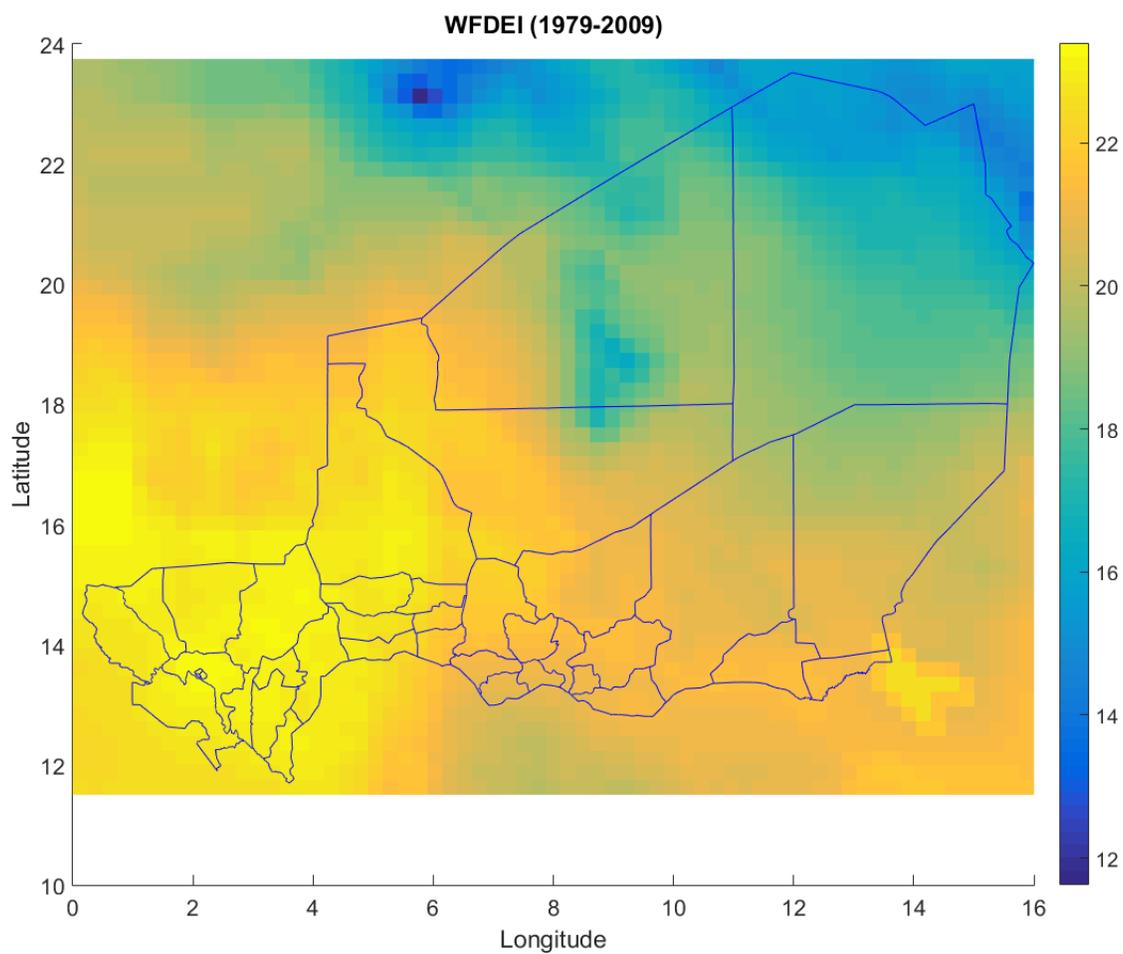


FIGURE 4.27 – Distribution spatiale de la moyenne annuelle des températures minimales au Niger selon WFDEI

	WFDEI (1979–2009)	
	Biais de la température minimale moyenne annuelle ($^{\circ}C$)	Coefficient de corrélation
Agadez	0.4 (2%)	1.00
Birni Nkonni	-0.1 (-1%)	1.00
Gaya	0.2 (1%)	1.00
Maine Soroa	-0.4 (-2%)	1.00
Maradi Aero	-0.1 (-1%)	1.00
Niamey Aero	-0.2 (-1%)	1.00
Tahoua	-0.5 (-2%)	1.00
Tillabery	0.6 (2%)	1.00
Zinder Aero	0.5 (2%)	1.00

TABLE 4.4 – Biais des températures minimales moyennes annuelles WFDEI et corrélation des séries annuelles des températures minimales WFDEI avec les valeurs aux stations

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

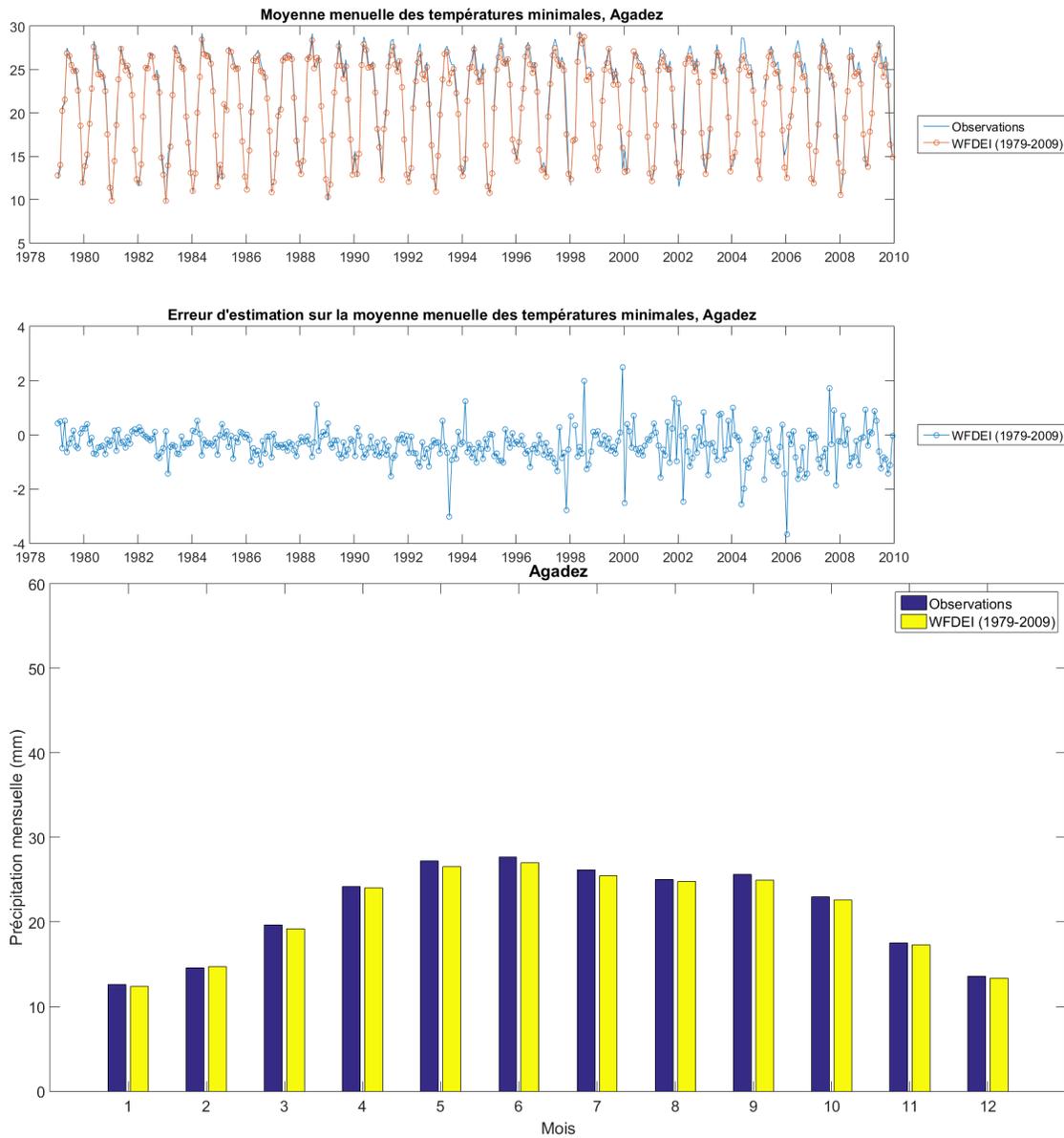


FIGURE 4.28 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Agadez

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

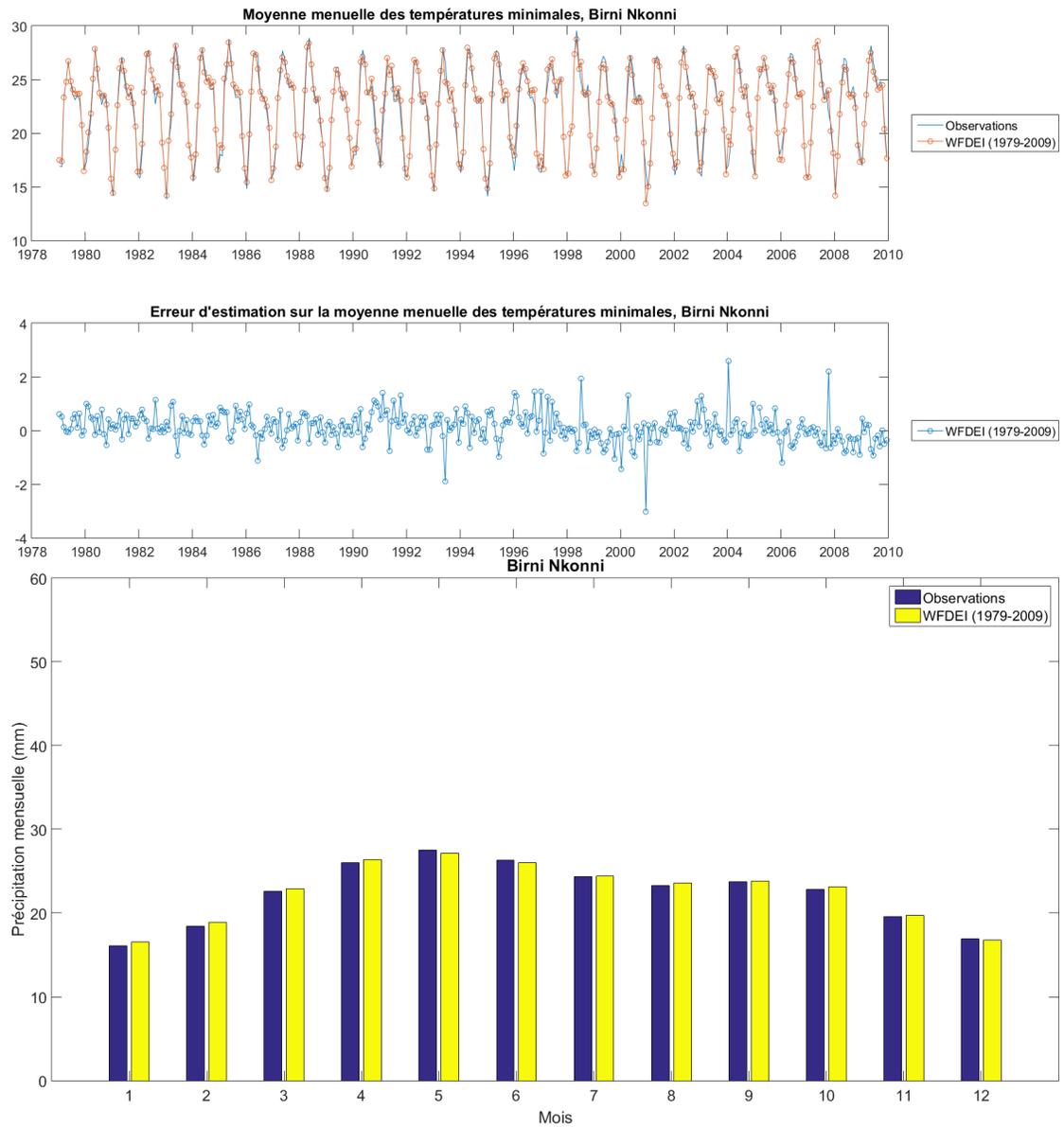


FIGURE 4.29 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d’estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Birni Nkoni

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

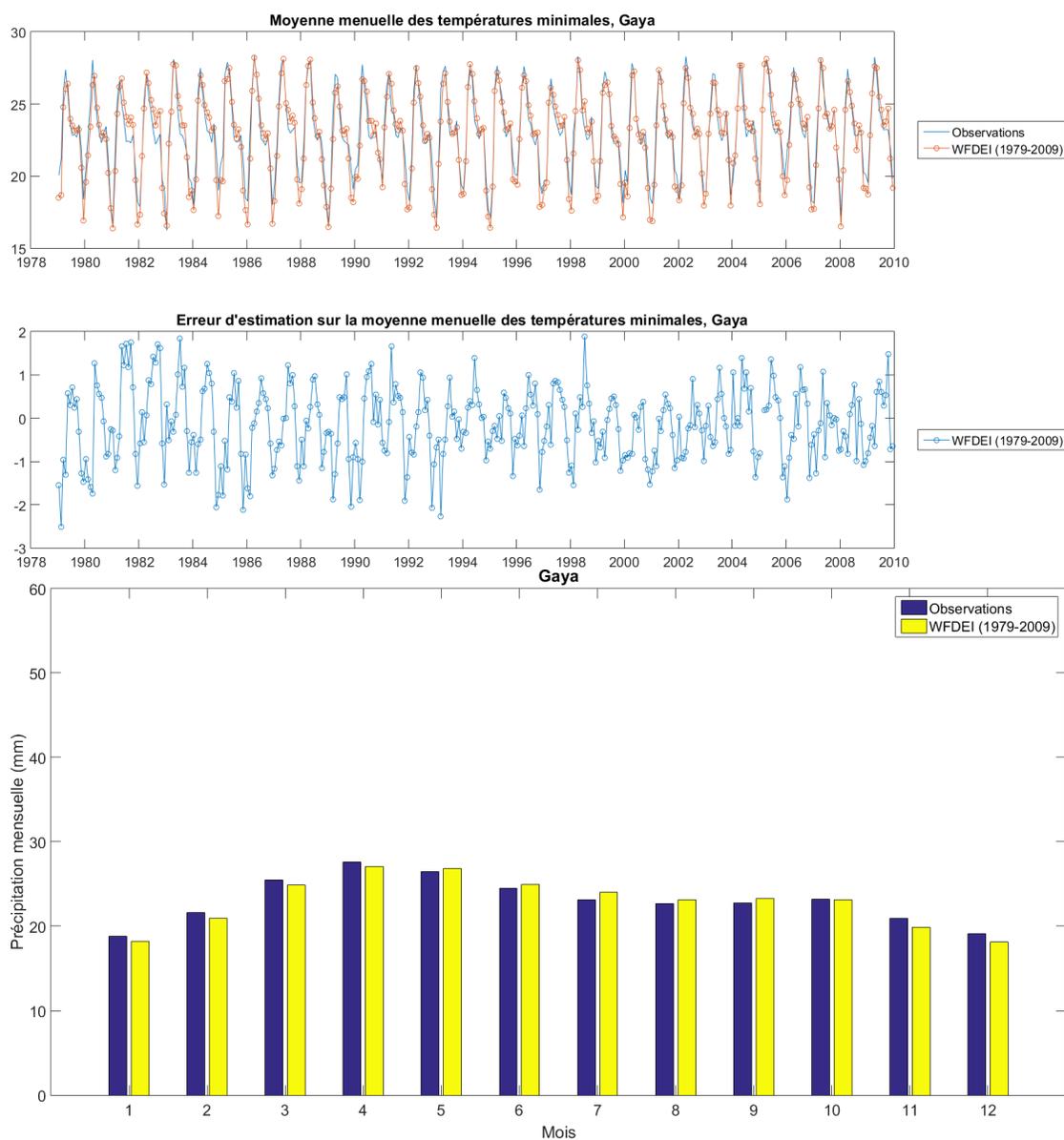


FIGURE 4.30 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Gaya

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

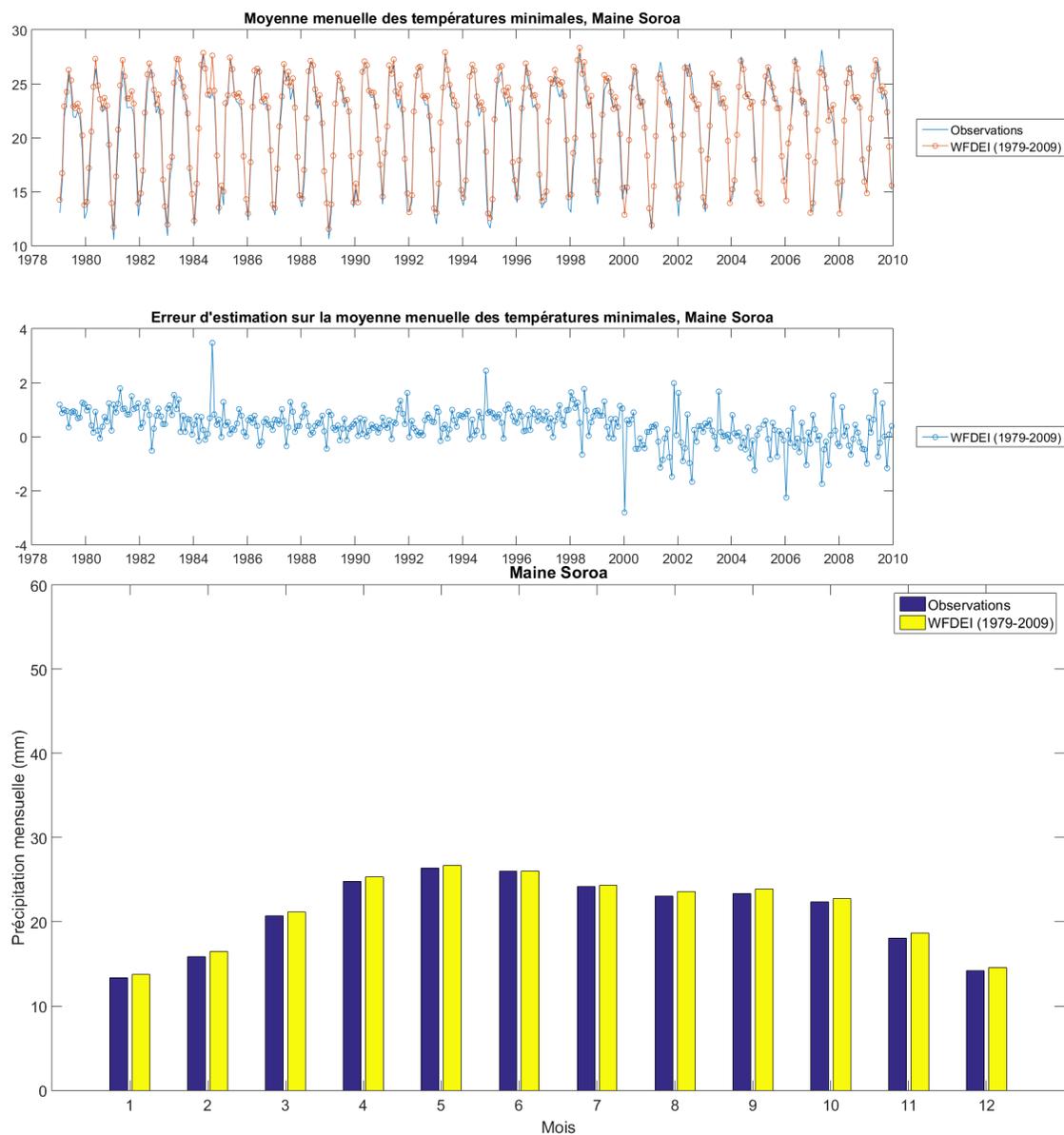


FIGURE 4.31 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Maine Soroa

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

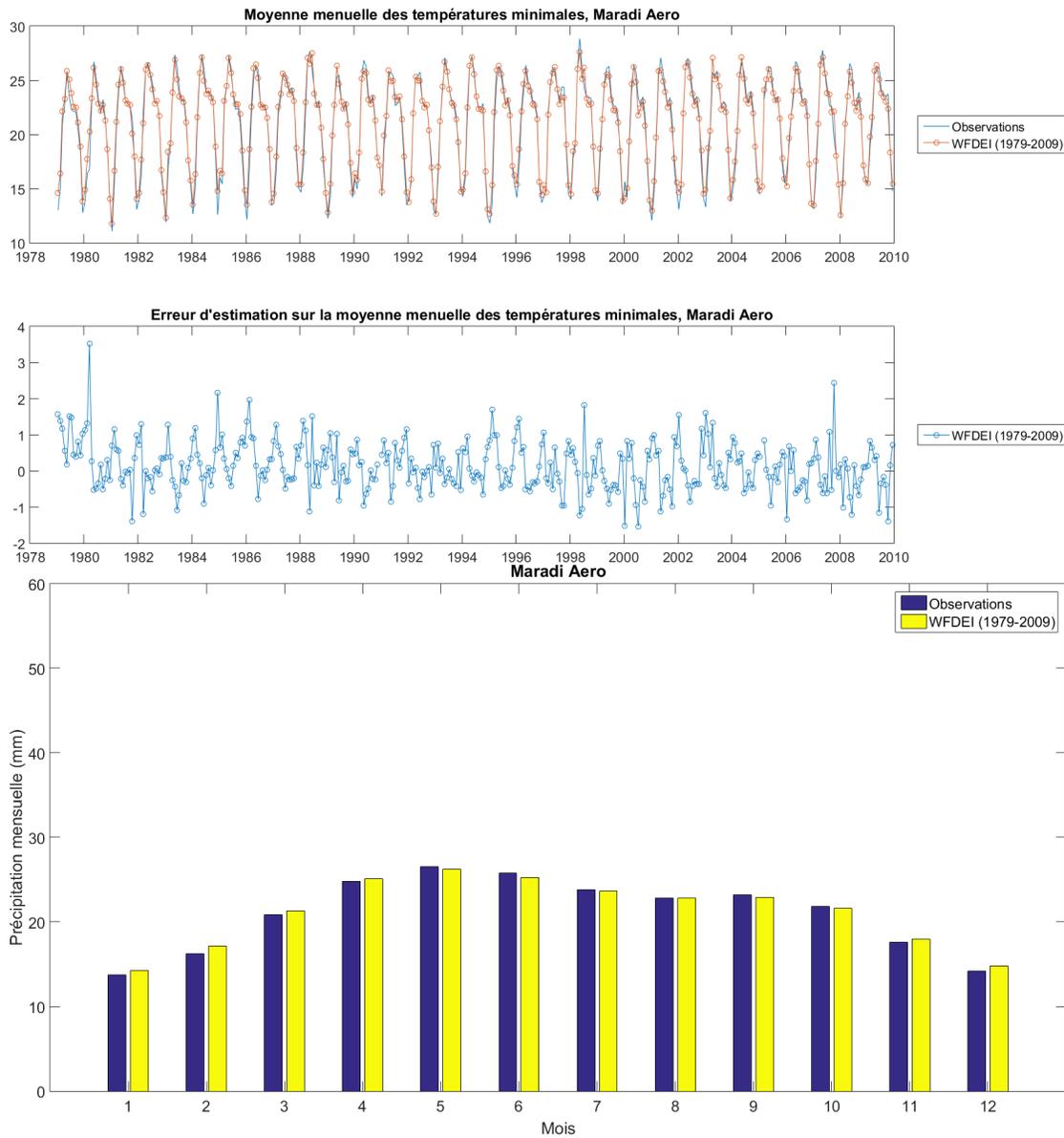


FIGURE 4.32 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Maradi Aero

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

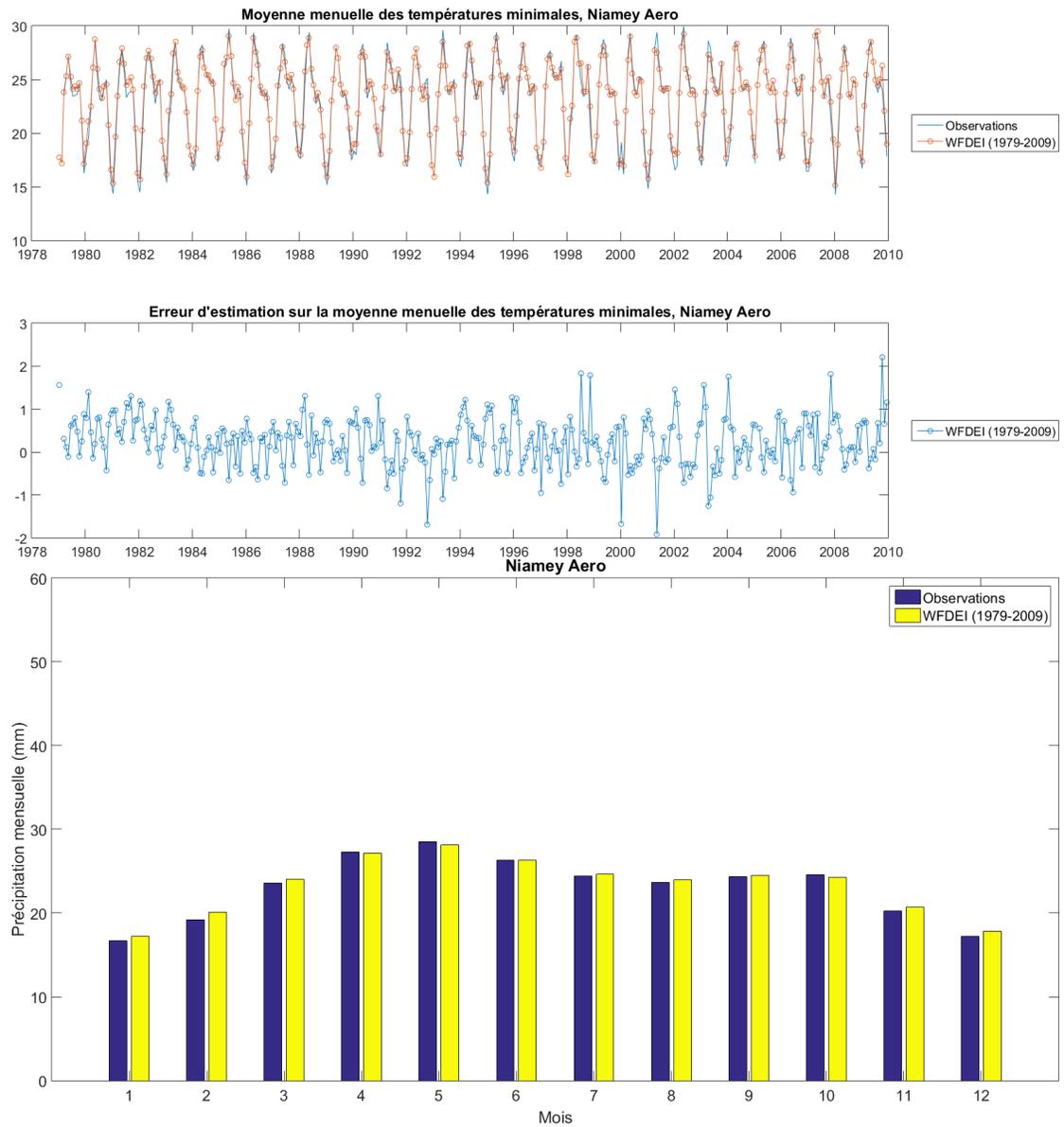


FIGURE 4.33 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Niamey Aero

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

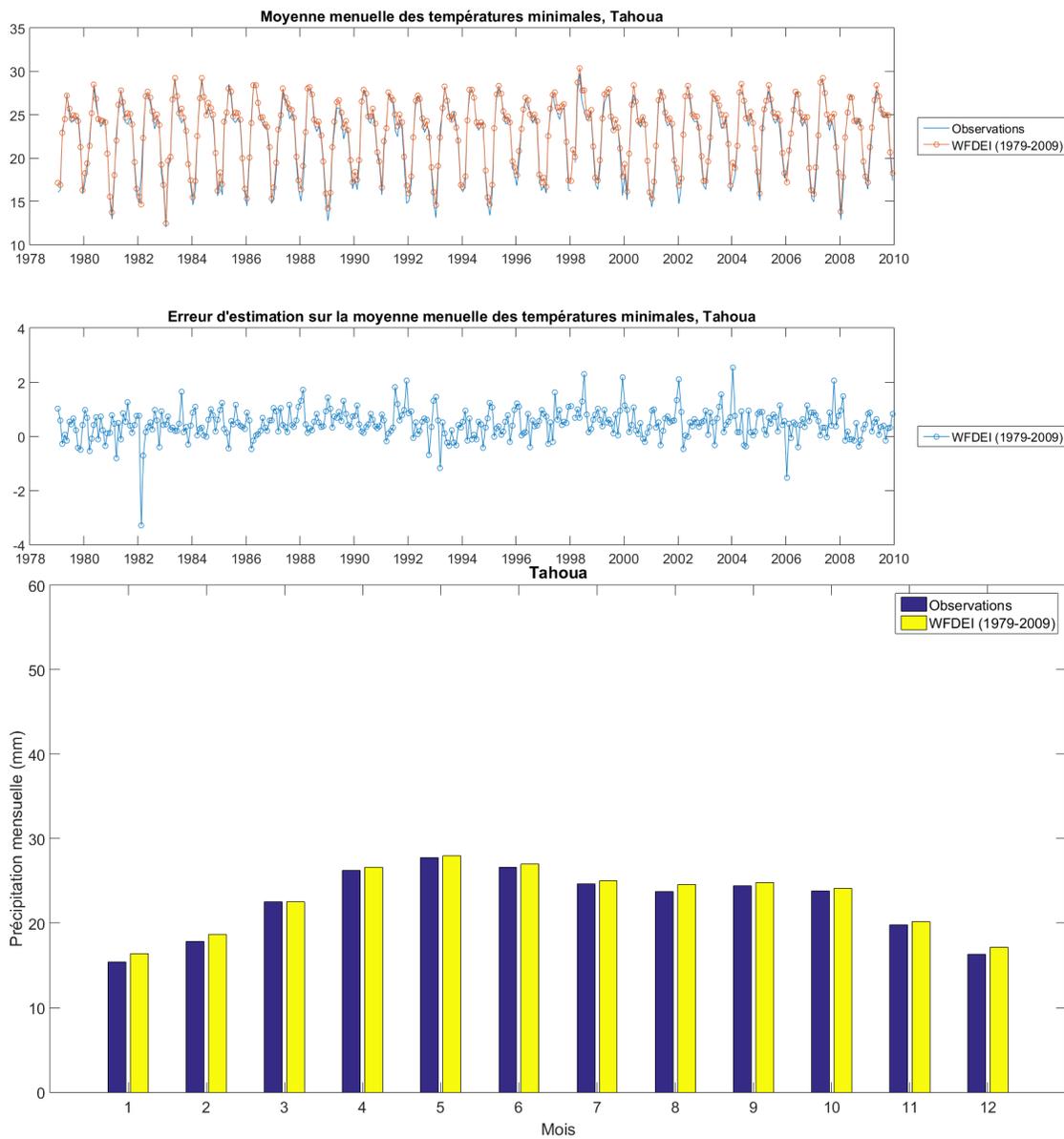


FIGURE 4.34 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Tahoua

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

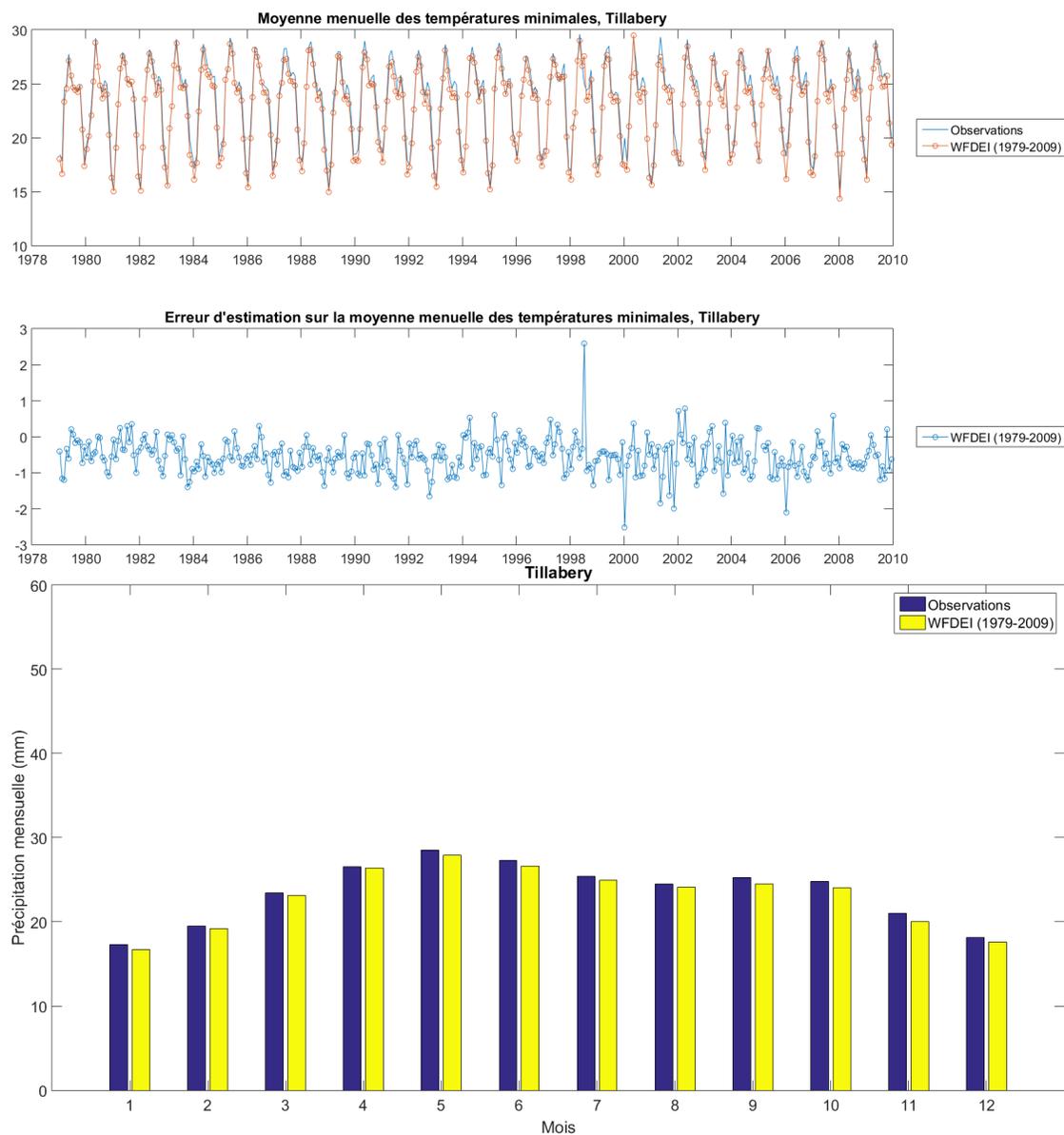


FIGURE 4.35 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Tillabery

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

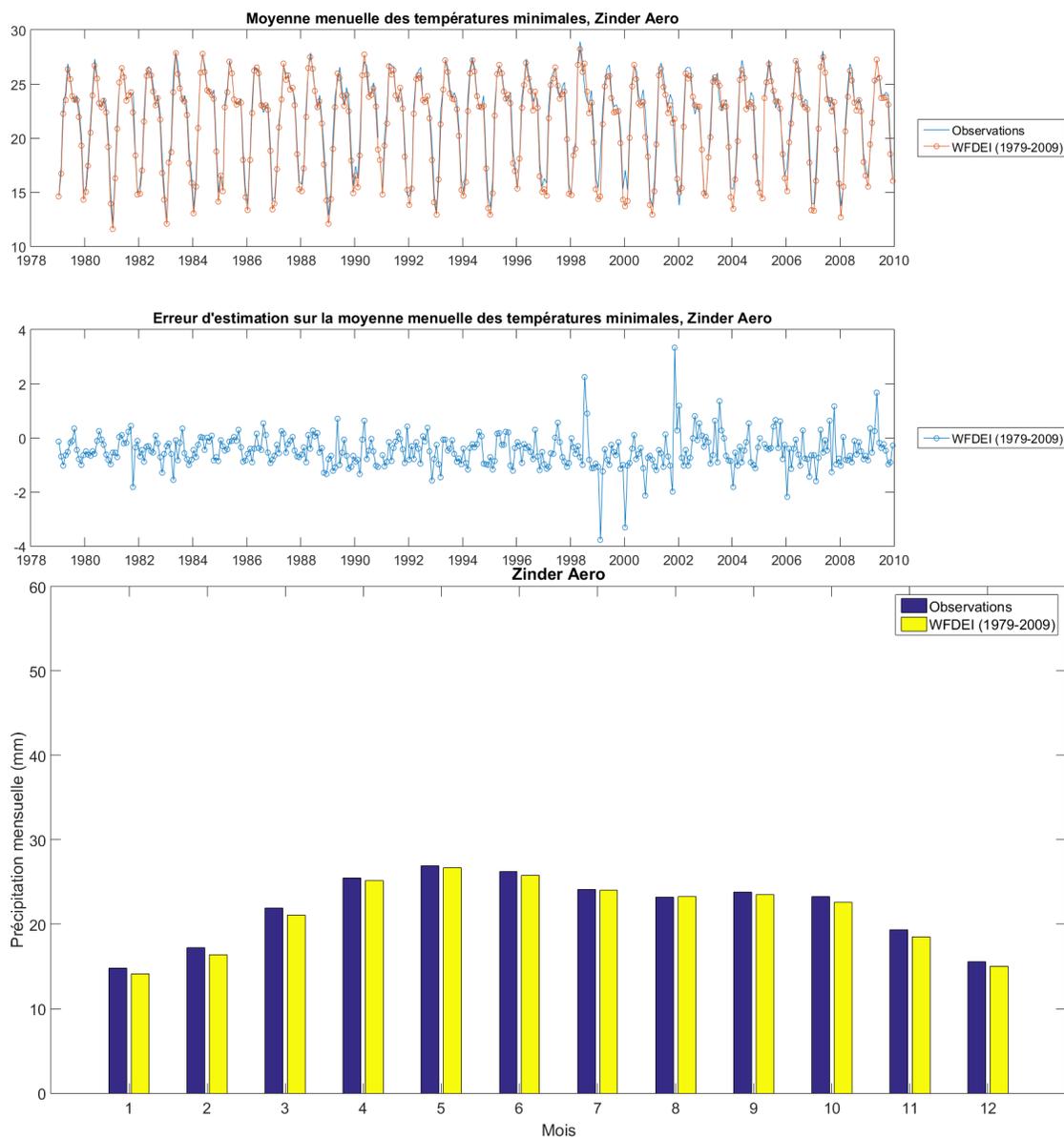


FIGURE 4.36 – Séries mensuelles de températures minimales, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des températures minimales selon WFDEI au niveau de la station de Zinder Aero

	WFDEI (1979–2012)	
	Biais de la vitesse moyenne annuelle du vent (m/s)	Coefficient de corrélation
Agadez	0.4 (8%)	0.97
Birni Nkonni	−1.9 (−107%)	0.94
Gaya	−0.9 (−39%)	0.92
Maine Soroa	−1.3 (−52%)	0.94
Maradi Aero	−1.4 (−63%)	0.92
Niamey Aero	−0.3 (−8%)	0.98
Tahoua	−0.9 (−26%)	0.97
Tillabery	−1.9 (−93%)	0.97
Zinder Aero	−1.1 (−36%)	0.97

TABLE 4.5 – Biais de la vitesse moyenne du vent (m/s) et Coefficient de corrélation

4.4.2 Résultats

On donne dans le tableau 4.5 le biais moyen et le coefficient de corrélation entre WFDEI et les températures maximales mesurées. On montre aussi les séries temporelles des précipitations mensuelles observées et estimées, ainsi que la différence avec les observations sur les figures 4.38 (Agadez), 4.39 (Birnin' Konni), 4.40 (Mainé Soroa), 4.41 (Maradi aéroport), 4.38 (Agadez), 4.42 (Niamey aéroport), 4.43 (Tahoua), 4.44 (Tahoua), 4.45 (Tillabery) et , 4.46 (Zinder aéroport). On constate dans le tableau 4.5 et sur les figures qu'il existe un écart significatif entre les valeurs observées aux stations et les valeurs WFDEI. Il faut noter que les séries de mesures aux stations comportent des fluctuations suspectes et que leur qualité semble douteuse. Une autre raison possible est que le vent est une variable qui est très influencée par les conditions locales à une échelle que les réanalyse ne peuvent pas capturer. Il est donc recommander d'utiliser des données observées pour faire la mise à l'échelle des projections de vent.

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

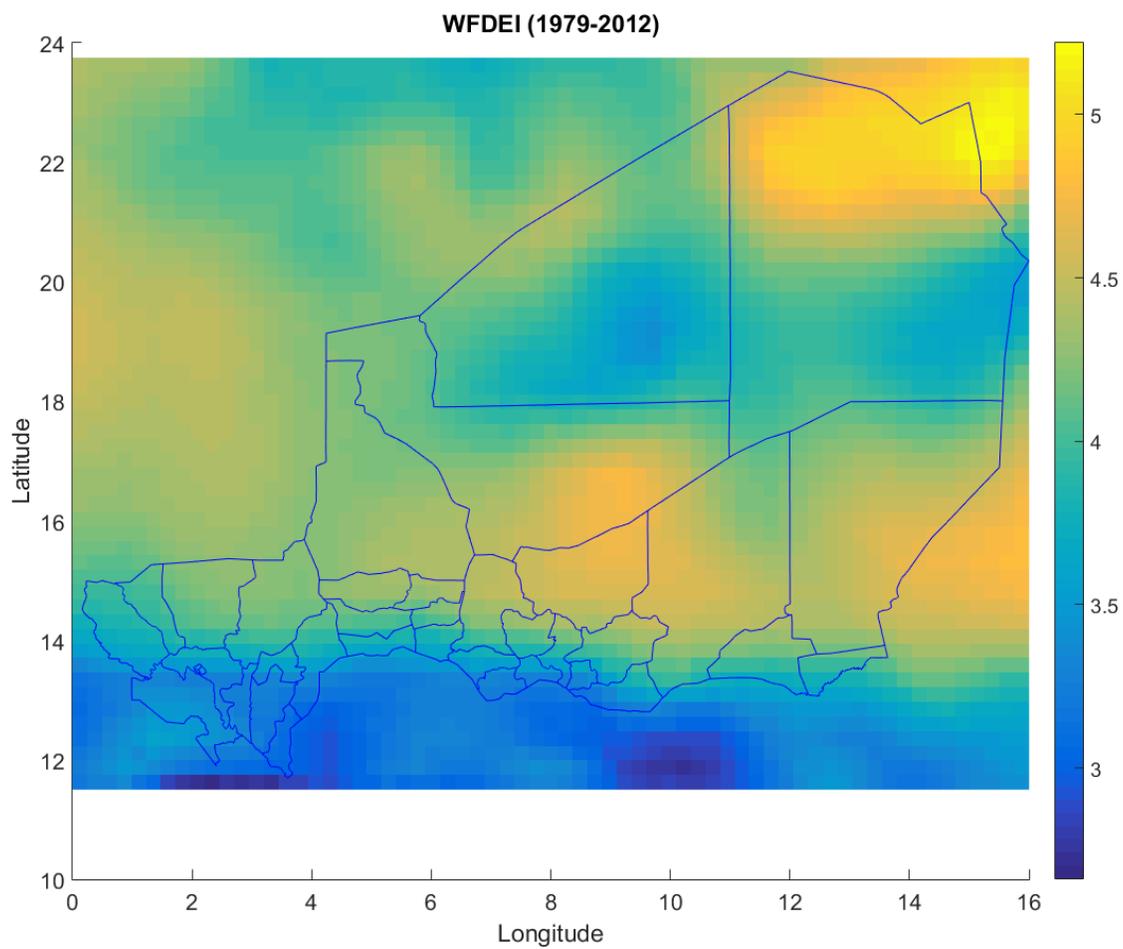


FIGURE 4.37 – Distribution spatiale de la vitesse moyenne annuelle du vent au Niger selon WFDEI

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

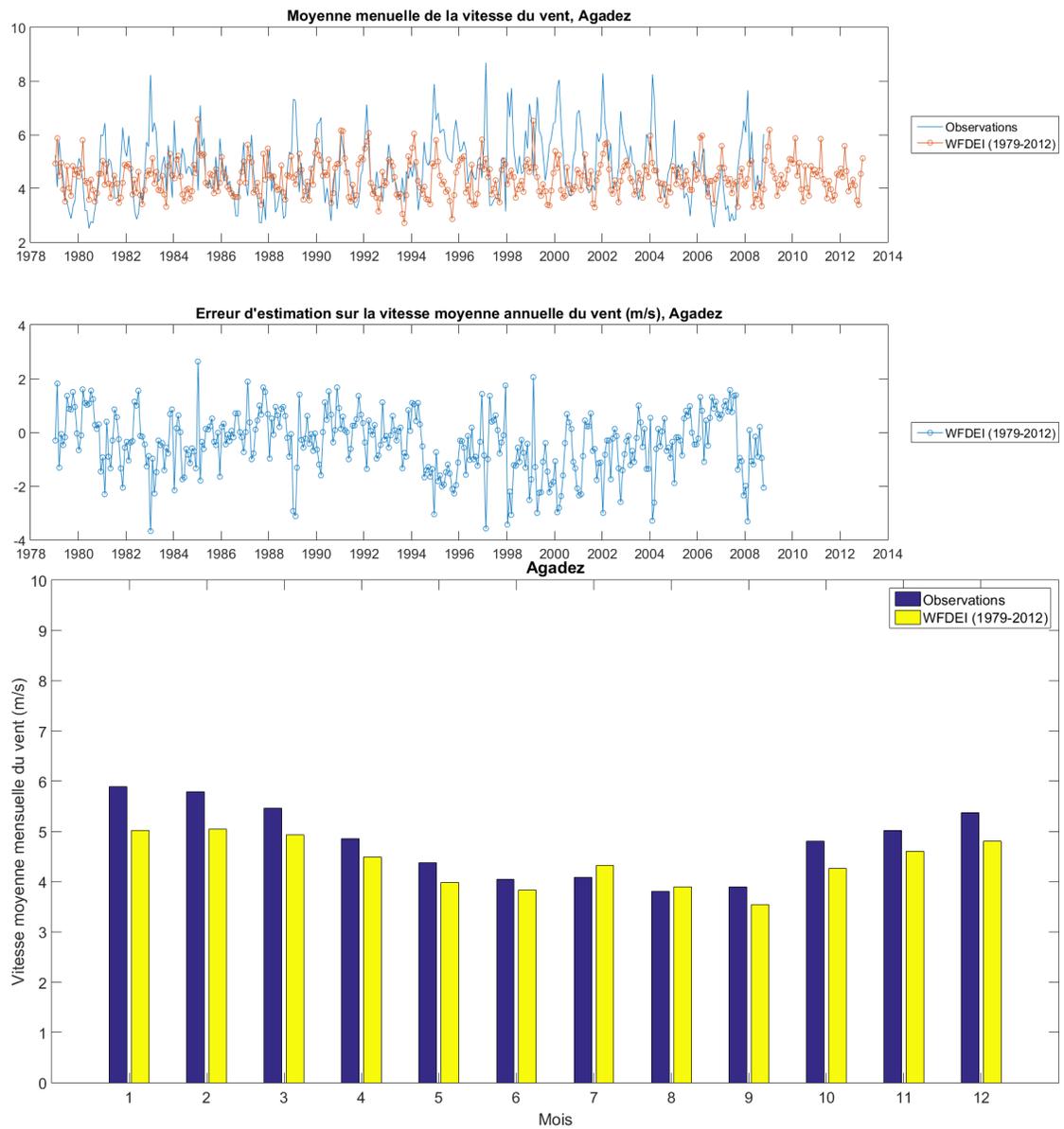


FIGURE 4.38 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesses du vent selon WFDEI au niveau de la station de Agadez

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

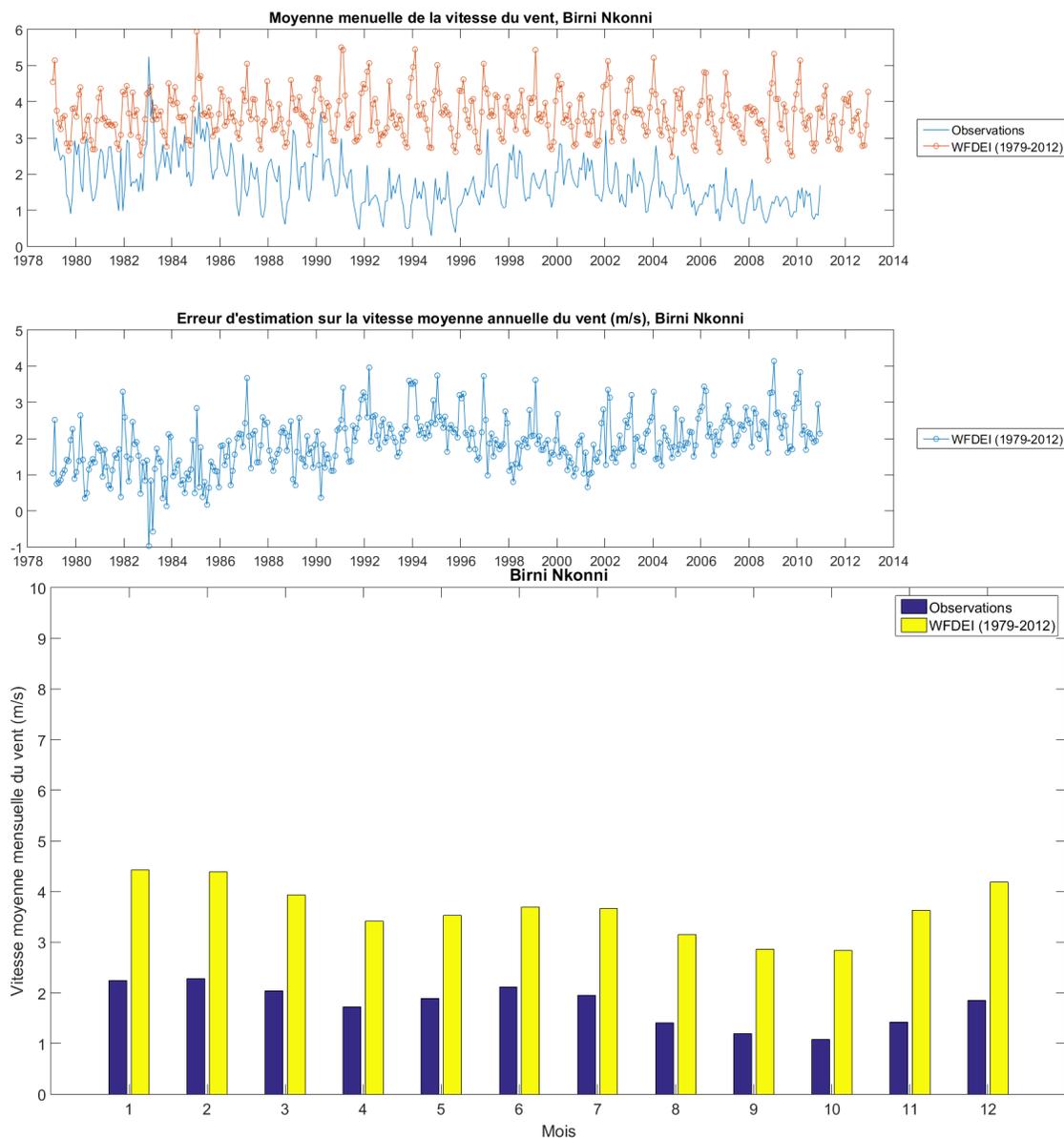


FIGURE 4.39 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Birni Nkonni

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

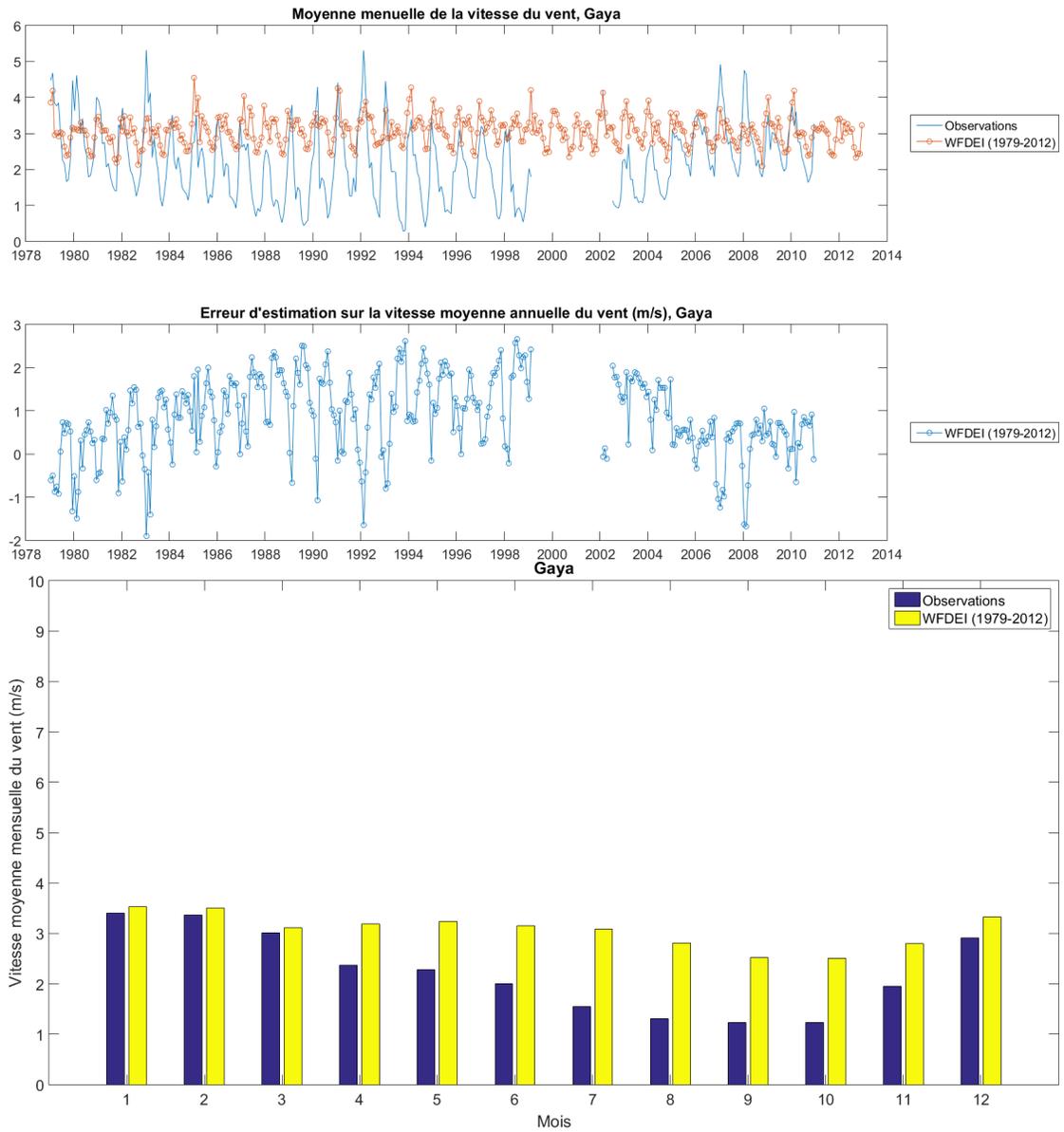


FIGURE 4.40 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Gaya

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

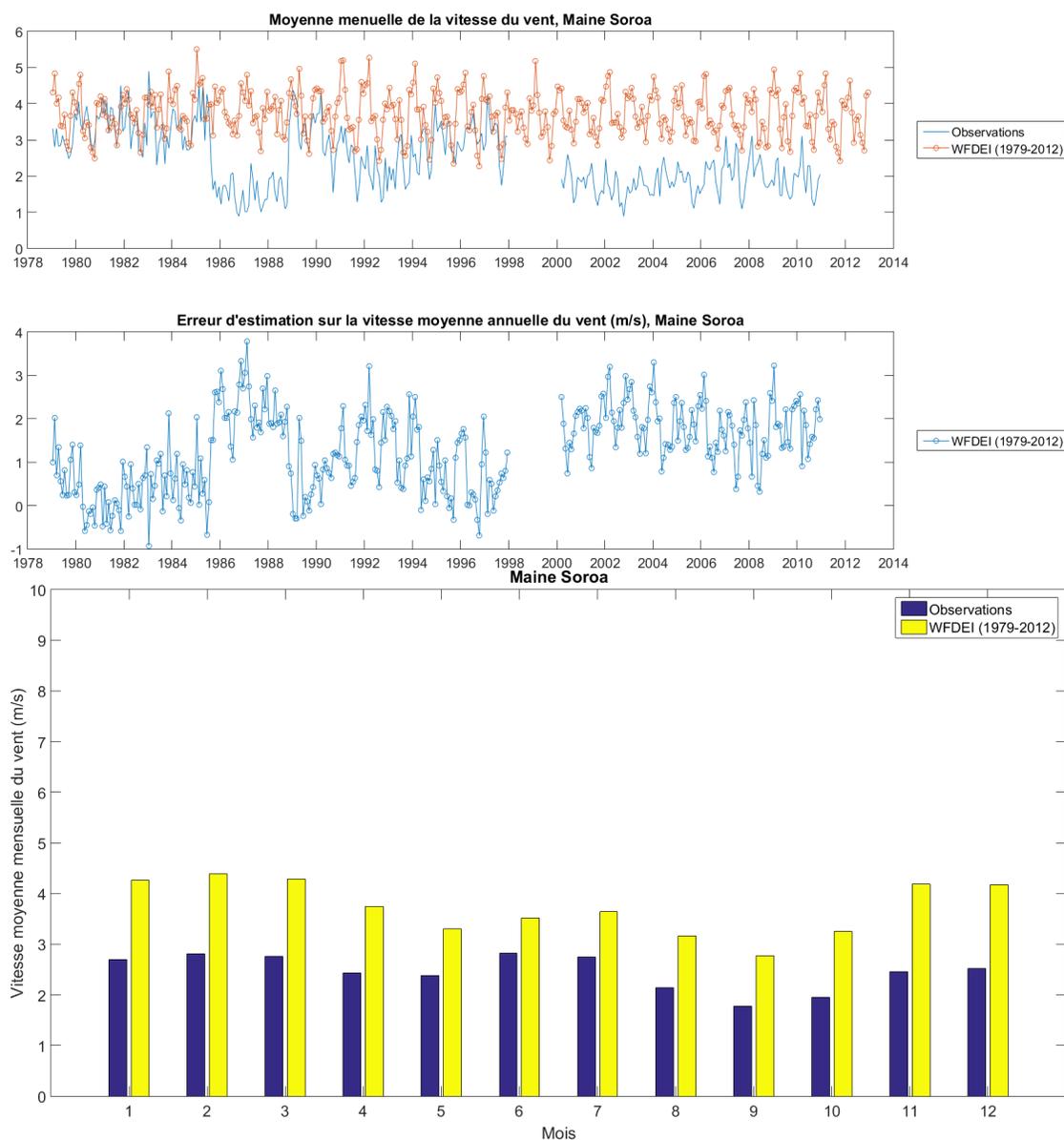


FIGURE 4.41 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Maine Soroa

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

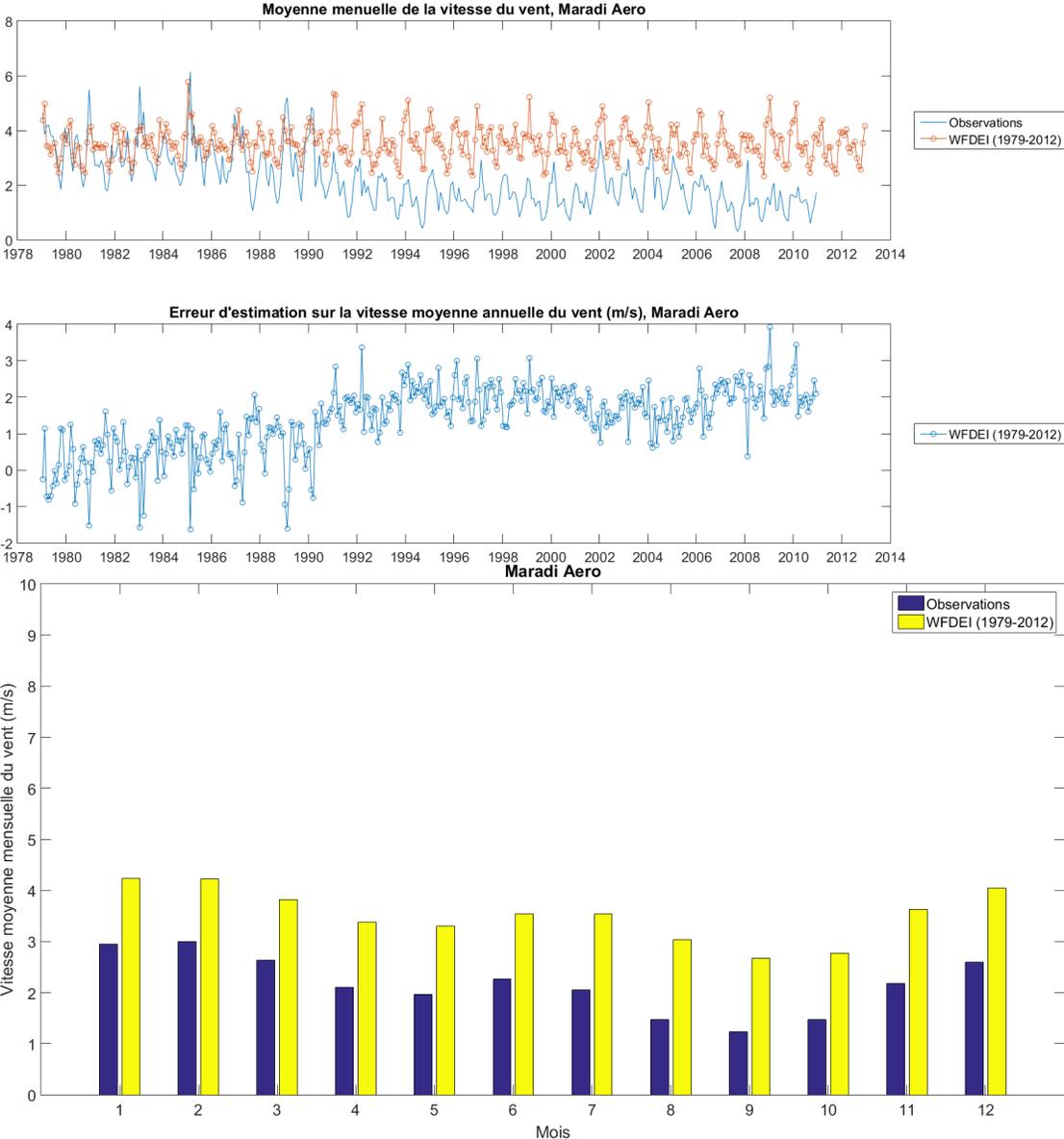


FIGURE 4.42 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Maradi Aero

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

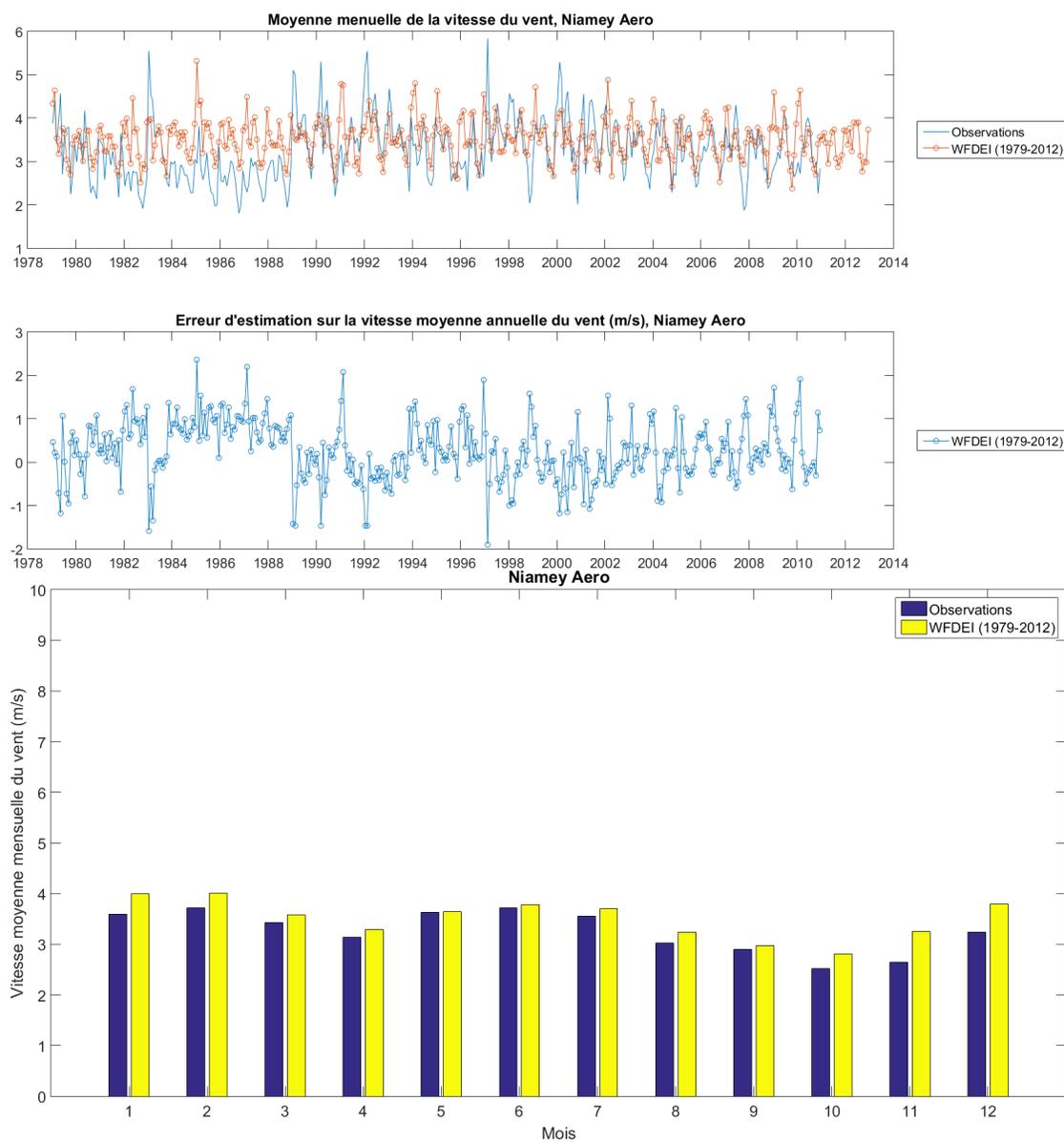


FIGURE 4.43 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Niamey Aero

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

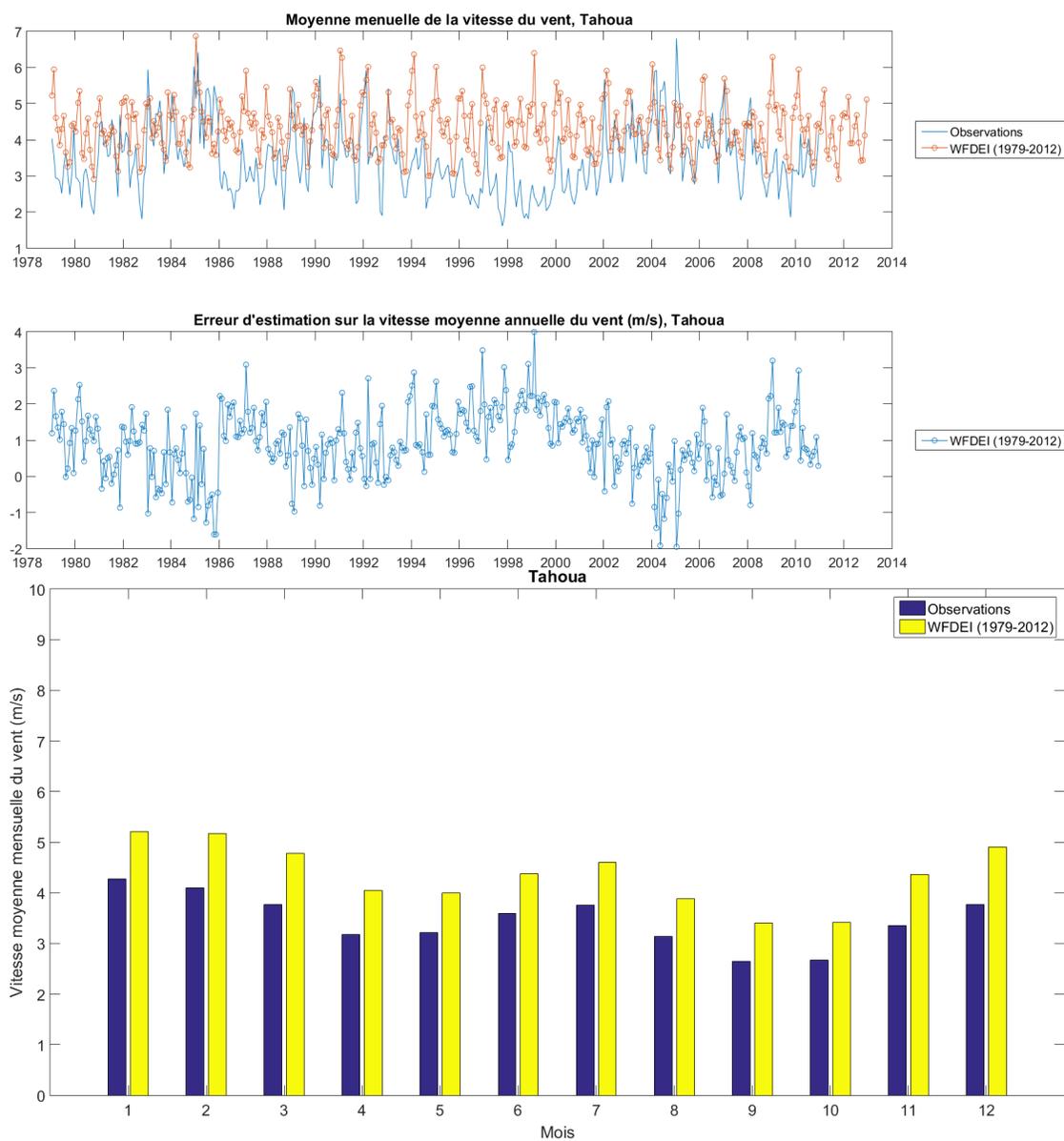


FIGURE 4.44 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesse du vent selon WFDEI au niveau de la station de Tahoua

4.4 Sélection du produit d'observation de référence - vitesse du vent

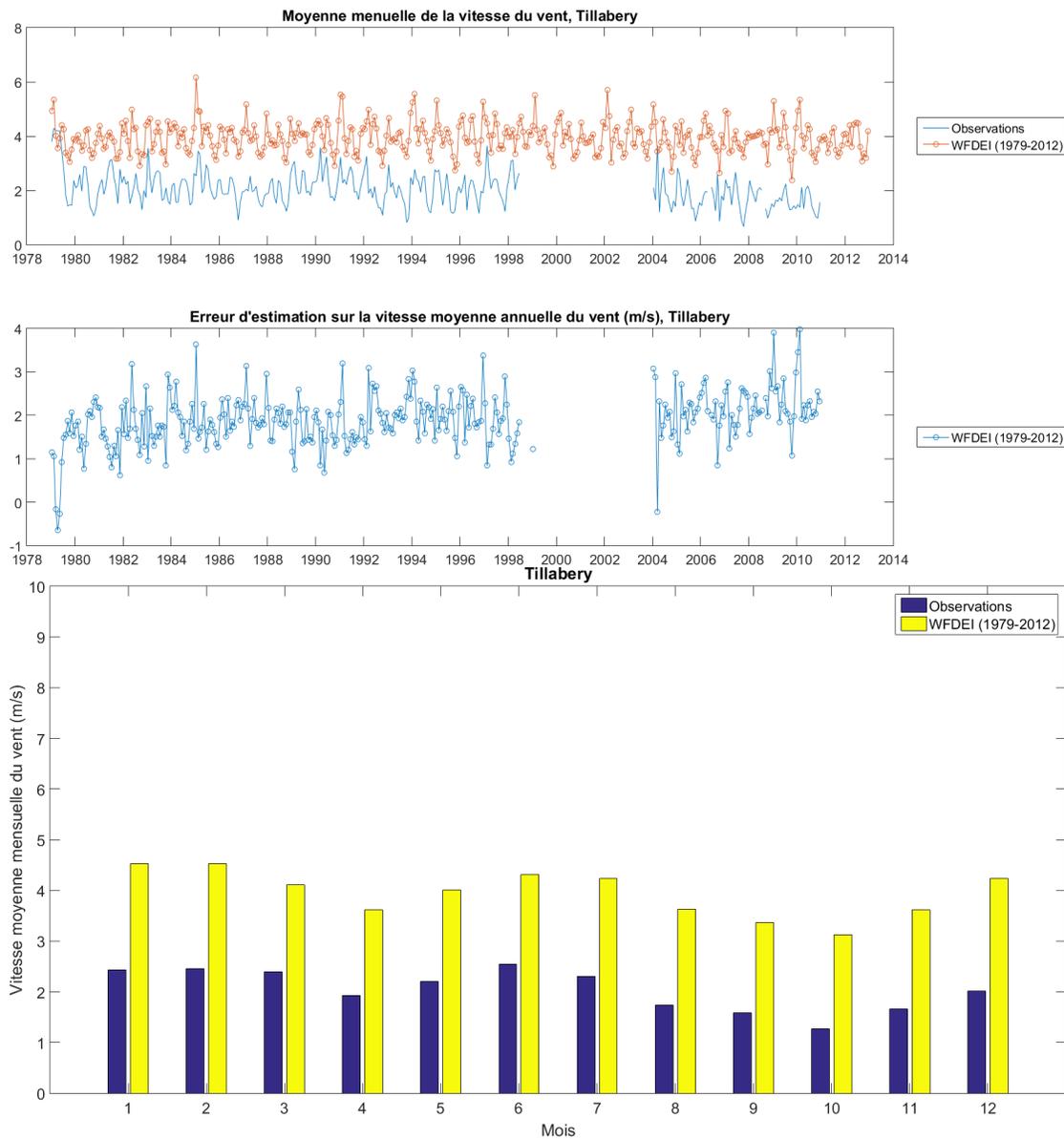


FIGURE 4.45 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesses du vent selon WFDEI au niveau de la station de Tillabery

4 SÉLECTION DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE RÉFÉRENCE POUR LA COMPARAISON AV

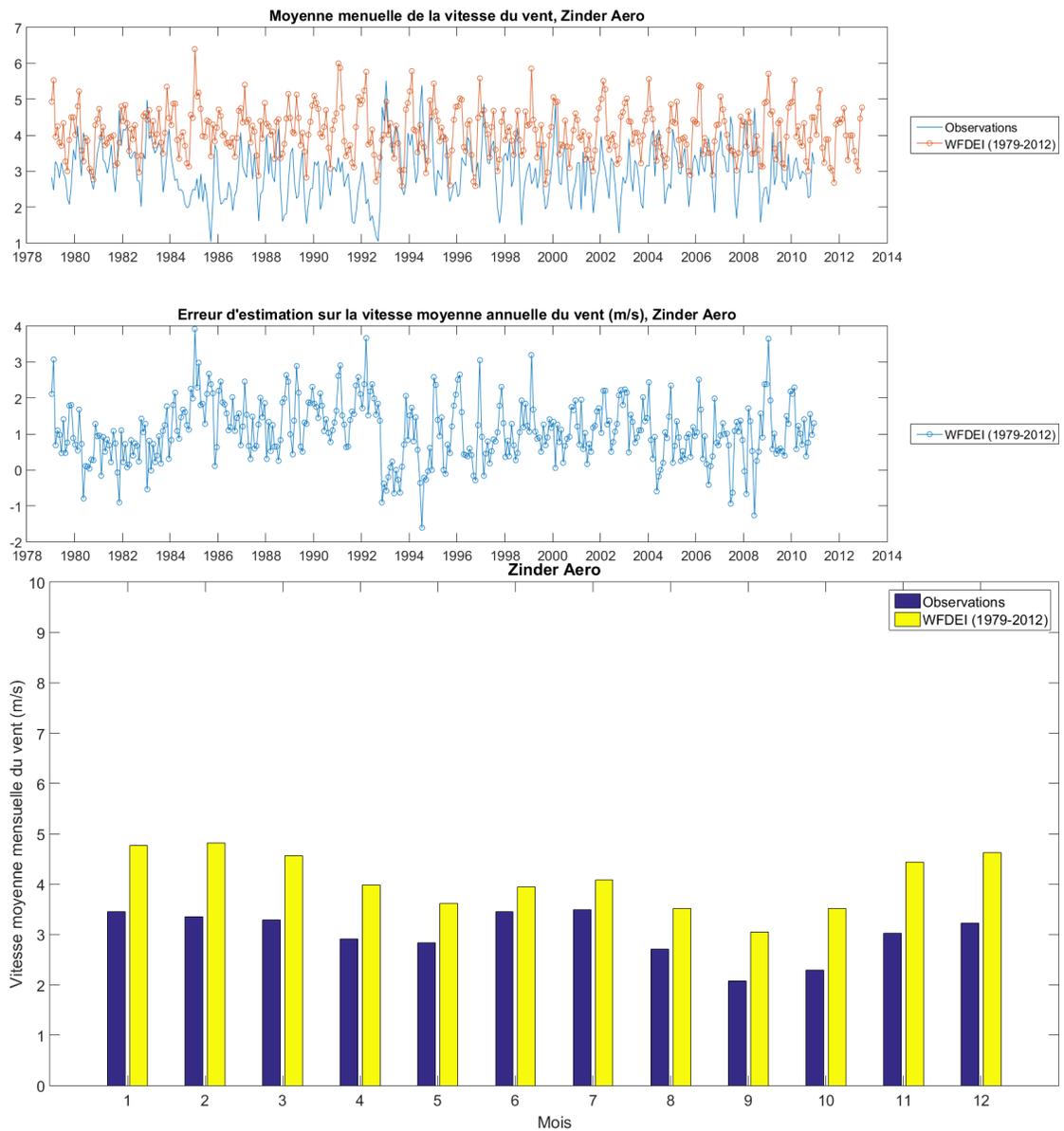


FIGURE 4.46 – Séries mensuelles de vitesse du vent, erreur d'estimation et moyennes mensuelles des vitesses du vent selon WFDEI au niveau de la station de Zinder Aero

5 CONCLUSIONS ET PROCHAINES ÉTAPES

Les progrès réalisés jusqu'ici sont les suivants :

1. Les données d'observations et les sorties de modèles climatiques pour les principaux paramètres climatiques ont été recueillies et sont en cours d'analyse
2. Les produits d'observation sous forme de grille ont été comparés aux données de neuf stations synoptiques. Au terme de la comparaison, le produit GPCP est recommandé comme produit d'observations de référence sous forme de grille pour les précipitations.

Les étapes à venir sont les suivantes :

1. Proposer une méthodologie d'évaluation des modèles climatiques sur le Niger
2. Développer des algorithmes pour implémenter la méthodologie
3. Effectuer une évaluation de la performance de tous les modèles disponibles en utilisant les algorithmes développés.
4. Écrire le second rapport technique décrivant les résultats de l'évaluation.
5. Développer un logiciel d'évaluation des modèles climatiques sur le Niger en utilisant les algorithmes développés au point 3.
6. Développer le logiciel de mise à l'échelle statistique configuré sur le Niger

Bibliographie

CEDEAO and CSAO/OCDE (2008). Le climat et les changements climatiques.

Peyrillé (2006). *Etude idéalisée de la mousson de l'Afrique de l'Ouest à partir d'un modèle numérique bidimensionnel*. Ph. D. thesis, imensionnel, PhD thesis, Toulouse, France.

van Vuuren, D. P., J. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi, A. Thomson, K. Hibbard, G. C. Hurtt, T. Kram, V. Krey, J.-F. Lamarque, T. Masui, M. Meinshausen, N. Nakicenovic, S. J. Smith, and S. K. Rose. The representative concentration pathways : an overview. *109*(1), 5–31.

Weedon, G. P., G. Balsamo, N. Bellouin, S. Gomes, M. J. Best, and P. Viterbo (2014). The WFDEI meteorological forcing data set : WATCH forcing data methodology applied to ERA-interim reanalysis data. *Water Resources Research* *50*(9), 7505–7514.