

# CARTE DES PLUIES ANNUELLES EN AFRIQUE

## ANNUAL RAINFALL MAP OF AFRICA

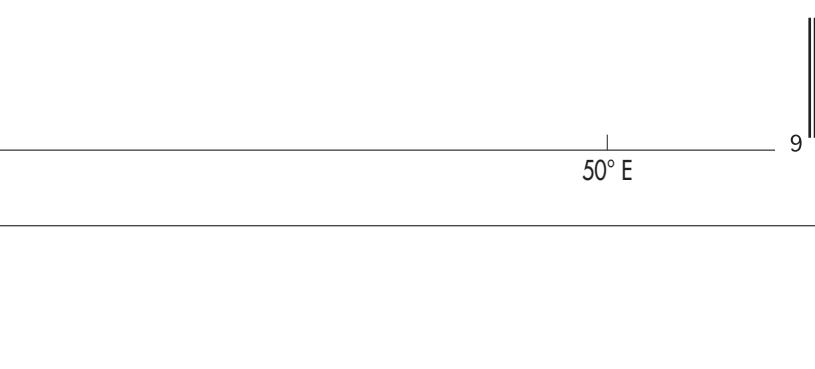
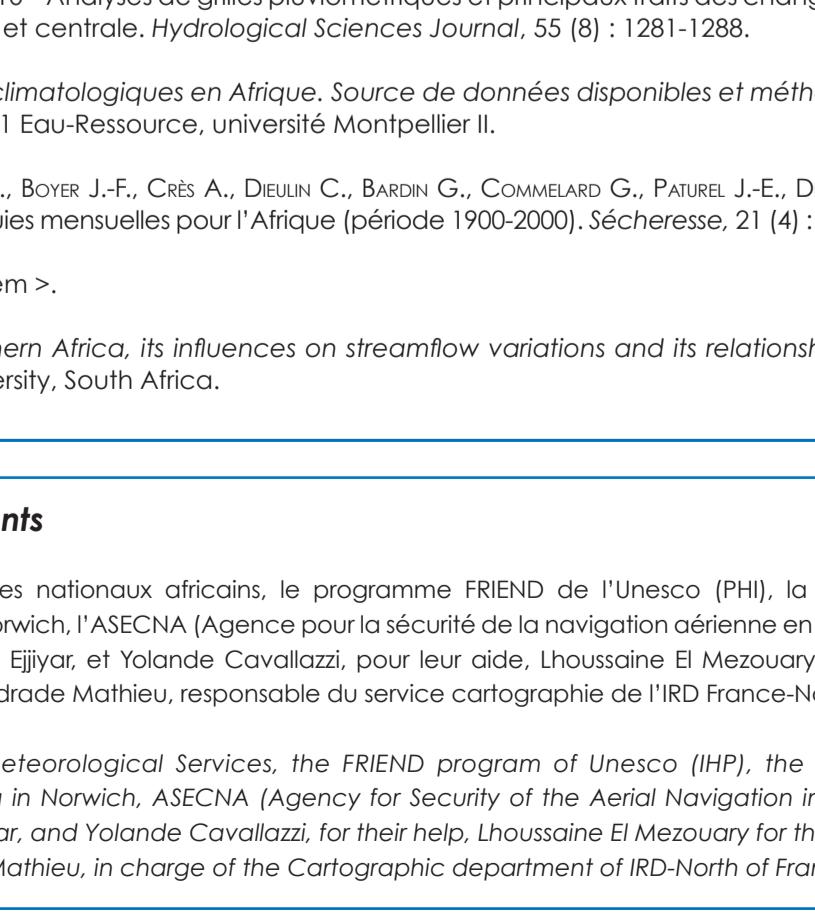
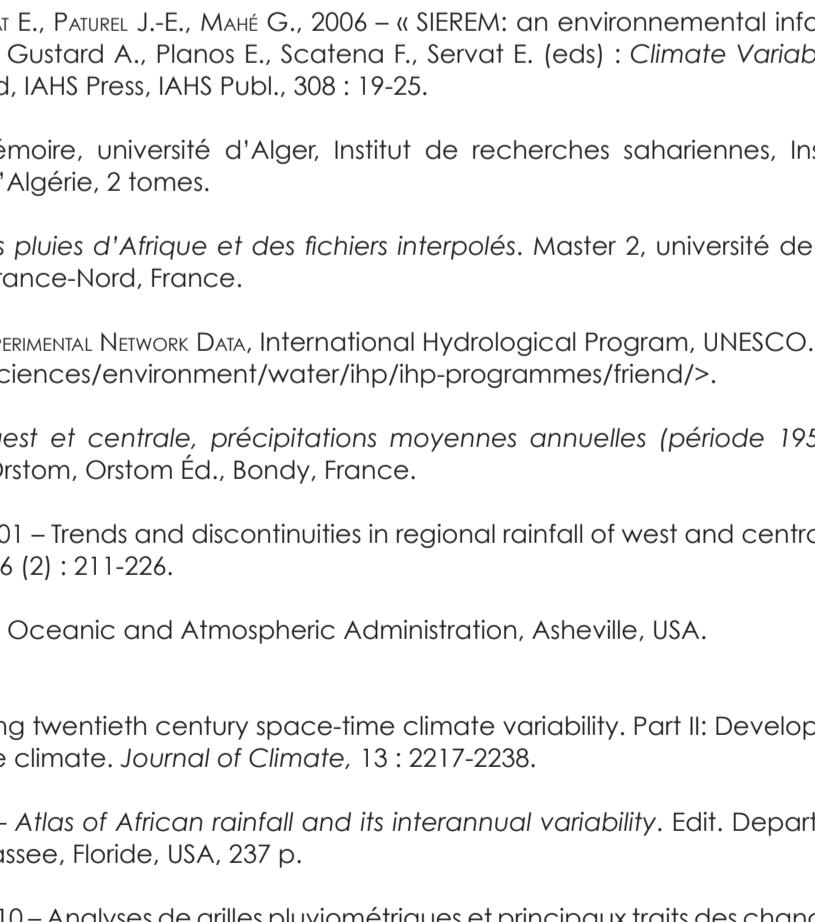
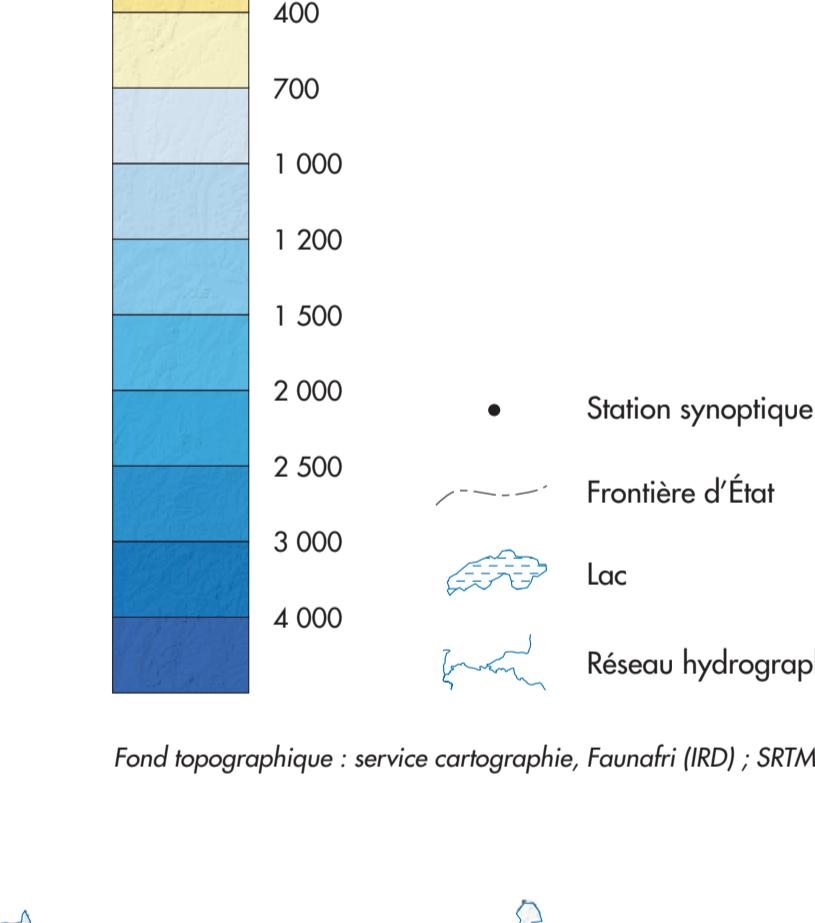
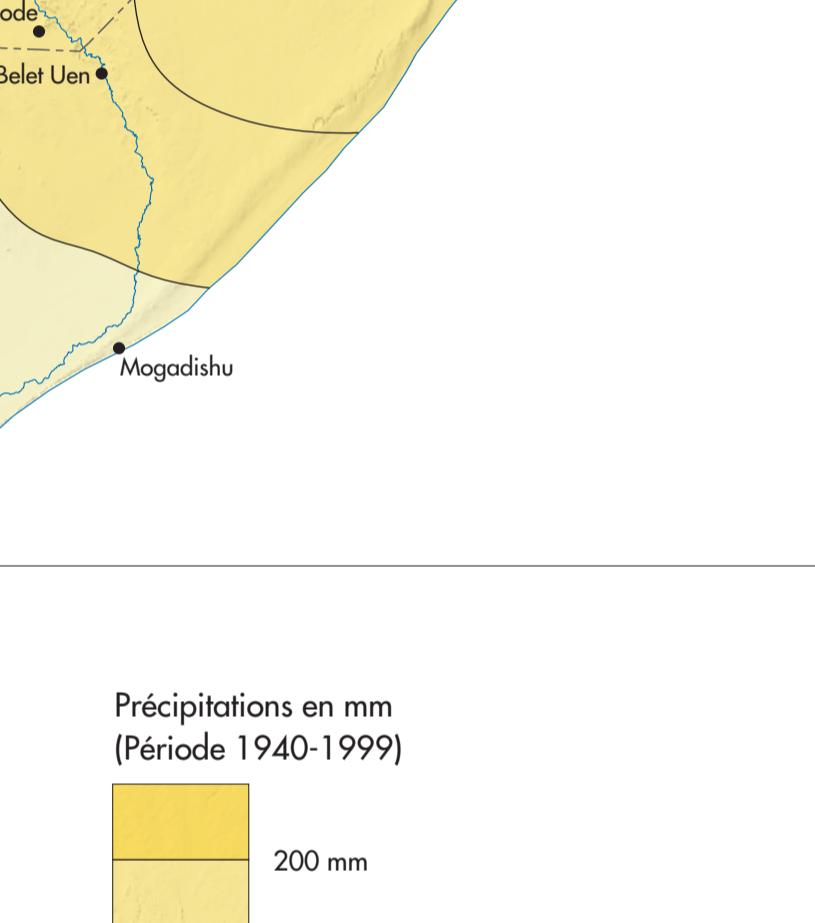
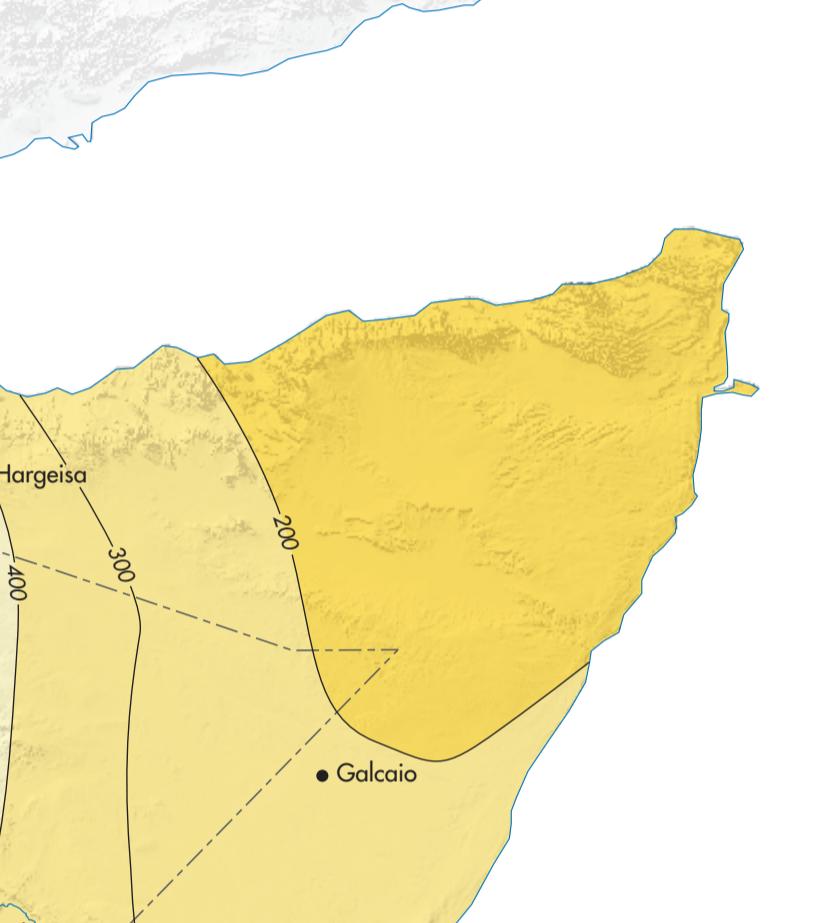
خريطة الأمطار السنوية لإفريقيا

GIL MAHÉ<sup>1</sup>, Nathalie ROUCHÉ<sup>1</sup>, Claudine DIEULIN<sup>1</sup>,  
Jean-François BOYER<sup>2</sup>, Boubacar IBRAHIM<sup>3</sup>, Agnès CRÈS<sup>1</sup>,  
Éric SERVAT<sup>3</sup>, Catherine VALTON<sup>3</sup>, Jean-Emmanuel PATUREL<sup>1</sup>

1. HydroSciences Montpellier, Unité mixte de recherche 5569, CNRS, IRD, Université Montpellier I et 2 - France  
2. 2IE - Burkina Faso  
3. Service cartographique, IRD France-Nord

— tropique du Cancer —

Carte de situation



### Historique et contenu

Cette carte a été réalisée à l'Unité mixte de recherche HydroSciences Montpellier pour l'amélioration des prévisions, et au service cartographique de l'IRD France-Nord pour la production. Les données mensuelles et journalières d'environ 6 000 postes pluviométriques ont été collectées, archivées, traitées et critiquées (Rouillé et al., 2010). Elles proviennent en partie du fichier « historique » de l'Ostrom (aujourd'hui IRD) (Mahé et al., 2001), qui avait servi de base à une première carte des pluies en Afrique de l'Ouest et centrale, éditée par l'Ostrom (L'Hôte et Mox, 1996). Des données complémentaires ont été ajoutées au moyen de postes météorologiques, et au programme FRIEND de l'Unesco (Programme hydrologique international) et ses déclinaisons régionales et bases de données de programmes de la Climatic Research Unit de l'université d'East Anglia à Norwich (UK), et son fichier climatologique mondial (New et al., 2000) auxquels nous avons emprunté des données pour des régions moins couvertes par notre base. Enfin, ces données ont été complétées localement au cours de programmes de recherche nationaux ou régionaux.

Il existe peu de cartes des pluies pour l'Afrique. Celle de Nicholson et al. (1988) s'appuie sur une base de données provenant en partie de la NOAA (NCDC). On trouve également

des cartes à petite échelle (Bonne-Cassé et Meusel, 2011 ; Rouillé & Jost, 2012). Des cartes régionales ont été devenues de valeur lors de la rédaction de ces dernières. En particulier, les pluies d'Afrique du Nord et de l'Ouest par Duer (1943), qui a très largement inspiré les ishytétal 100 et 20 mm du Sahara. Celles des pluies d'Afrique australe (Vautour, 2004), et celles de L'Hôte et Mox (1996) pour l'Afrique de l'Ouest et centrale ont aussi été une source importante de contrôle.

Le choix de la période de 40 ans, de 1940 à 1979, a été à plusieurs critères : non plus minimum de stations observées chaque année, couverture continentale et mise à jour jusqu'à 1999. Avant 1940 et à partir de 2000, il n'y a pas assez d'observations disponibles pour représenter toute l'Afrique.

Les stations sélectionnées ont été interpolées par kriging simple au demi-degré carré (Eijmaa, 2012), puis représentées sous forme d'isohytes à l'aide d'un logiciel de traitement d'information géographique. Des corrections manuelles ont été effectuées pour certains régions à fort gradient local (notamment Cameroun, côte du Ghana et du Guinée, Sud Altas, centre et marge du Sahara).

### Traitement des données

Les séries de données brutes collectées ont été archivées dans le système d'information SIEREM (Bonne et al., 2006) comme celles qui se trouvent sur le site web de l'IRD. Ces séries sont propriétaires, ces données ne sont pas accessibles aux visiteurs, et seules les métadonnées sont offertes, mais les éditeurs des services nationaux propriétaires des données sont fournies en regard des métadonnées. Une première exploitation de cette base sur une région limitée à l'Afrique de l'Ouest et centrale, mais sans critique fine des données, a été réalisée par Paturel et al. (2010).

Le traitement des données ainsi que le contenu de la base ont été détaillés dans Rouillé et al. (2010). Les principales étapes sont : un contrôle de la qualité des données moins prisées par des tests automatiques, déclenchant une alerte en cas d'incertitude et une vérification manuelle ; le référencement dans la base SIEREM des modifications sur les séries de données opérationnelles. Les fichiers de pluies mensuelles interpolées par demi-degré carré de 1900 à 1999 sont accessibles sur le site web HSM (<http://www.hydrosciences.fr/sierem>).

Il existe peu de cartes des pluies pour l'Afrique. Celle de Nicholson et al. (1988) s'appuie sur une base de données provenant en partie de la NOAA (NCDC). On trouve également

### Background history and content

This map was carried out by the Joint Research Unit HydroSciences Montpellier for the data processing and at the cartographic department of the RD center of Bondy for the map. The monthly and daily data of about 6,000 rain gauge stations were collected, archived, processed and criticized (Rouillé et al., 2010). They come from the International Hydrological Program (IHP) of Ostrom (now IRD) (Mahé et al., 2001) that had been used to establish a first map of the rainfall in West and Central Africa edited by Ostrom (L'Hôte & Mox, 1996). Additional data were collected from National Meteorological services, from the FRIEND program of Unesco (New et al., 2000) and the Global Climatology Program (Nicholson et al., 1988) s'apporte une base de données provenant en partie de la NOAA (NCDC). On trouve également

program of Unesco (International Hydrological Program) and its regional groups and associated data bases, from the Climatic Research Unit of the University of East Anglia in Norwich (UK) by its worldwide climatological gridded data base (New et al., 2000) in which we borrowed data in the areas less represented by our data. To finish with, these data were locally completed through regional or national research programs.

Such a map, dealing with rainfall over Africa, is rare. The one of Nicholson et al. (1988) is based on a database partly coming

from the NOAA (NCDC). Some maps at a smaller scale can be found (Bonne-Cassé & Meusel, 2011 ; Rouillé & Jost, 2012). Some regional maps allowed us to locally validate the drawing of isohyetal lines. For instance, the isohyetal lines for the values 100 and 20 mm in Sahara, were largely inspired from the map of rainfall of North and West Africa drawn by Duer (1943). The part of the map in Southern Africa was compared to the work of Vautour (2004) and in West and Central Africa, the map of L'Hôte & Mox (1996) was used for validation.

The choice of the 40-year period, from 1940 to 1979, due to several criteria: the need of a minimum number of stations observed every year, a continental extent and the existence of data up to 1999. Before 1940 and after 2000, there are not enough available observations to cover the whole continent.

The selected stations were interpolated by simple kriging method at the step of half-degree square (Eijmaa, 2012), then drawn as isohyetal lines by a software processing geographical information. Manual adjustments were made in some areas where the local gradient was steep (Mount Cameroon, Guinea and Gambia coasts, southern Atlas, center and margin of Sahara).

### Data processing

The raw data series were archived in the Information System SIEREM (Bonne et al., 2006), they can be browsed on the HSM website. For data ownership reasons, the data cannot be accessed, only the metadata can be viewed, nevertheless, the coordinates and the reference date of the data and the data are provided in front of the metadata. A first process of this database, on an area limited to West and Central Africa, was carried out by Paturel et al. (2010) but with no critical nor pre-processing of data.

The data processing and the content of the data base are described Bonne et al. (2010). There are numerous aquathermal of the data month per month through automatic tests, which activate an alert in case of uncertainty, and then a manual control of the modifications on the operational data series are referenced in the SIEREM base. The monthly rainfall series interpolated at the half-degree square from 1900 to 1999 can be downloaded on the website of HSM (<http://www.hydrosciences.fr/sierem>).

### Data density

This map shows the spatial distribution of the stations used, by half-degree square, which is the independent variable of the map. The density of information brings elements on the uncertainties associated to the use of the map and interpolated data (Paturel et al., 2010).

Such a map, dealing with rainfall over Africa, is rare. The one of Nicholson et al. (1988) is based on a database partly coming

from the NOAA (NCDC). Some maps at a smaller scale can be found (Bonne-Cassé & Meusel, 2011 ; Rouillé & Jost, 2012). Some regional maps allowed us to locally validate the drawing of isohyetal lines. For instance, the isohyetal lines for the values 100 and 20 mm in Sahara, were largely inspired from the map of rainfall of North and West Africa drawn by Duer (1943). The part of the map in Southern Africa was compared to the work of Vautour (2004) and in West and Central Africa, the map of L'Hôte & Mox (1996) was used for validation.

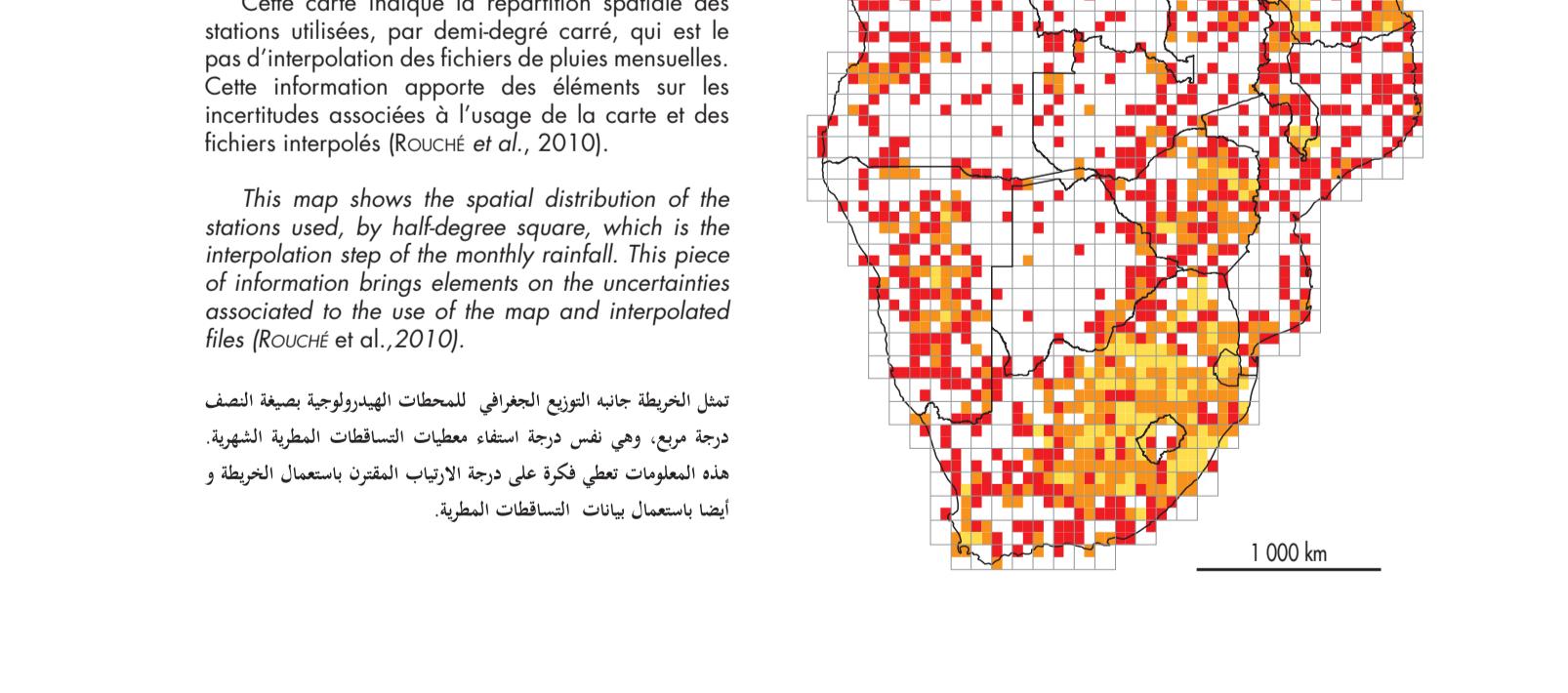
The choice of the 40-year period, from 1940 to 1979, due to several criteria: the need of a minimum number of stations observed every year, a continental extent and the existence of data up to 1999. Before 1940 and after 2000, there are not enough available observations to cover the whole continent.

The selected stations were interpolated by simple kriging method at the step of half-degree square (Eijmaa, 2012), then drawn as isohyetal lines by a software processing geographical information. Manual adjustments were made in some areas where the local gradient was steep (Mount Cameroon, Guinea and Gambia coasts, southern Atlas, center and margin of Sahara).

### Data processing

The raw data series were archived in the Information System SIEREM (Bonne et al., 2006), they can be browsed on the HSM website. For data ownership reasons, the data cannot be accessed, only the metadata can be viewed, nevertheless, the coordinates and the reference date of the data and the data are provided in front of the metadata. A first process of this database, on an area limited to West and Central Africa, was carried out by Paturel et al. (2010) but with no critical nor pre-processing of data.

The data processing and the content of the data base are



Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation (Paturel et al., 2010).

Cette carte indique la répartition spatiale des stations utilisées, par demi-degré carré, qui est le résultat final de la collecte et de l'interpolation des données. Cette information apporte des éléments sur les incertitudes associées à l'utilisation de la carte et des fonctions de précipitation