



**HAL**  
open science

## Correction des estimations des pluies par satellite pour les bassins versants de Guyane française

David Brochart, Vazken Andréassian

► **To cite this version:**

David Brochart, Vazken Andréassian. Correction des estimations des pluies par satellite pour les bassins versants de Guyane française. Bulletin des Séances de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, 2014, 60 (2), pp.361-370. hal-01504441

**HAL Id: hal-01504441**

**<https://hal.science/hal-01504441>**

Submitted on 10 Apr 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Correction des estimations des pluies par satellite pour les bassins versants de Guyane française

David BROCHART et Vazken ANDRÉASSIAN  
Irstea, Antony, France

## Résumé

La connaissance du climat des régions d'Outre-Mer se heurte très souvent à la densité extrêmement faible des réseaux de mesure pluviométrique au sol. Les données satellite de pluviométrie, disponibles depuis une quinzaine d'années, ont fait naître de nombreux espoirs, mais leurs incertitudes restent aujourd'hui bien trop grandes.

Cet article présente une méthode prometteuse de post-traitement pour corriger les estimations satellitaires de pluie, qui est appliquée à la Guyane française. S'appuyant sur une distinction des classes d'amplitudes et sur une classification simple de la saisonnalité et de la géographie climatique de la Guyane, cette méthode nous offre une vision spatiale à haute résolution des pluies alimentant les rivières de Guyane.

## Abstract

The knowledge of the climate of overseas regions is often limited by the extremely low density of field rain gages. Satellite precipitation data, available since 15 years, have first been considered promising, and then disappointing because of their large uncertainties.

This article presents for the first time a post-treatment method allowing to correct satellite rainfall estimates, which is tested over French Guiana. Based on a distinction of amplitude classes and on a simple classification of Guiana's seasonality and climate, our method offers a high-resolution spatial overview of rains feeding French Guiana's rivers.

## 1 Introduction

### 1.1 Contexte

Dans les régions peu peuplées ou difficiles d'accès, la connaissance pluviométrique est souvent très limitée. C'est le cas en Guyane française, où la densité de population est faible et le territoire majoritairement recouvert par la forêt équatoriale. Pourtant, la population qui vit près des cours d'eau est sujette aux risques d'inondation et de sécheresse. Pour anticiper ces risques, la mesure des pluies sur les bassins versants des fleuves et rivières de Guyane est nécessaire, et en raison du manque de stations au sol, les estimations pluviométriques satellitaires représentent une option intéressante. Nous présentons ici une méthode d'utilisation de pluies « satellite » en Guyane française.

## 1.2 Les bassins versants de Guyane française

La Guyane française est un territoire de 83 534 km<sup>2</sup>, dont le fleuve Maroni délimite la frontière à l'ouest, et le fleuve Oyapock la frontière à l'est. Son bassin versant est largement transfrontalier, s'étendant à l'ouest sur le Suriname et à l'est sur le Brésil, comme le montre la figure 1.

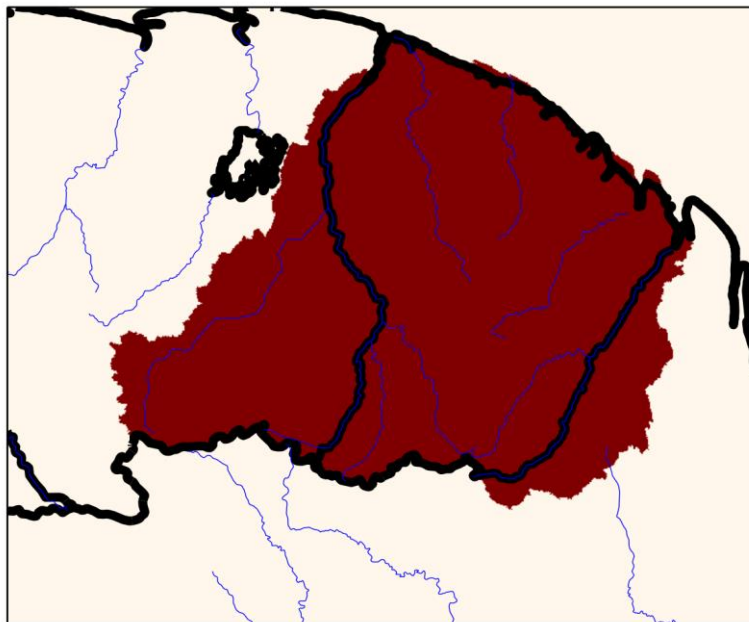


Fig. 1 : Bassin versant de la Guyane française et limites administratives

## 1.3 L'intérêt de la pluviométrie en temps réel

Il existe une trentaine de stations pluviométriques en Guyane française. Elles sont principalement situées sur la côte, ce qui ne présente pas un grand intérêt pour la prévision hydrologique : les quelques stations qui se trouvent à l'intérieur du territoire ne permettent pas d'avoir une connaissance suffisamment précise pour alimenter un modèle hydrologique. De plus, se pose l'épineux problème de la transmission des données, qui est nécessaire pour une utilisation en temps réel de manière opérationnelle. Par contre, ces stations ont l'avantage de fournir une connaissance historique qui peut servir de référence pour calibrer d'autres estimations de pluie, notamment les estimations par satellite.

## 1.4 Les promesses des satellites

Les satellites peuvent potentiellement répondre à la problématique de la pluviométrie en temps réel et de son utilisation en prévision hydrologique. En effet, leur large couverture spatiale leur permet d'accéder aux zones les plus reculées, avec une fréquence temporelle allant jusqu'à deux fois par heure. Leurs données sont facilement et librement accessibles en quasi-temps réel.

## 1.5 Structure de l'article

Au chapitre 2, nous présentons une rapide revue des possibilités actuelles d'estimation des pluies par satellite. Nous montrons comment les grandes incertitudes résiduelles nous

ont mené à proposer une méthode de post-traitement (chapitre 3), que nous évaluons au chapitre 4. Enfin, nous dessinons les perspectives du travail réalisé jusqu'à présent au chapitre 5.

## 2 Estimation de pluie par satellite

### 2.1 Le principe de la mesure pluviométrique par satellite

Les produits satellitaires de pluie reposent principalement sur l'utilisation de deux types de mesures :

- D'une part, les images infrarouges (IR) fournissent une mesure de la température de brillance du sommet des nuages, qui est corrélée à la probabilité de précipitation du nuage : plus un nuage est froid, plus il est haut, et plus il a de chances de précipiter. Cette information est assez peu fiable, mais elle a l'avantage d'être fournie par des satellites géostationnaires, qui « voient » toujours le même disque terrestre et peuvent le balayer toutes les demi-heures. Aujourd'hui, la constellation des satellites météorologiques permet de couvrir toute la planète.
- D'autre part, des satellites en orbite basse embarquent des imageurs micro-ondes (MW), absorbées par les nuages. Ils donnent des estimations beaucoup plus fiables que les images infrarouges, mais comme il ne sont pas géostationnaires, ils balayent la planète en environ une journée, et donnent donc une mesure par jour.

En combinant les deux types de mesures par différentes techniques, on tente de profiter de la qualité des données MW et de la fréquence d'échantillonnage des données IR.

### 2.2 Les différents produits existants pour l'estimation satellitale des pluies

Les trois produits satellitaires de pluie les plus connus sont TRMM, PERSIANN et CMORPH.

- Le Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) [1] est un programme conjoint entre la NASA et la JAXA. C'est à la fois un satellite et une série de produits satellitaires de pluie qui utilisent ce satellite (et d'autres satellites). TRMM 3B42RT est un produit d'estimation de pluie quasi-temps réel, de résolution spatiale  $0.25^\circ$  (28 km à l'équateur) et de résolution temporelle 3 heures. Il utilise les estimations MW quand elles sont disponibles, et les estimations IR dans le cas contraire. Les estimations IR sont calibrées avec les estimations MW pour s'assurer qu'elles soient cohérentes lorsqu'elles sont simultanément disponibles.
- PERSIANN (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks) [2] a été développé par l'Université de Californie à Irvine et utilise la technique du réseau de neurones pour calibrer les images IR avec les données MW (ou avec des mesures au sol). C'est un produit qui a nécessité des données MW pour sa calibration, mais qui en prévision n'utilise que des données IR. Sa résolution spatiale est de  $0.25^\circ$  et sa résolution temporelle de 3 heures. Une version PERSIANN-CCS propose une résolution spatiale de  $0.04^\circ$  (4.5 km à l'équateur) et temporelle d'une heure.
- CMORPH (CPC MORPHing technique) [3] a été développé au Climate Prediction Center de la NOAA. Les données MW sont utilisées comme source principale

d'estimation de pluie, et sont propagées en utilisant les images IR grâce à une technique de « morphing ». Plusieurs résolutions sont disponibles : 0.25°-3h et 0.07°-30min.

### 2.3 La qualité des produits satellitaires de pluie

Bien que les satellites observent des quantités corrélées à la pluviométrie, ils donnent des résultats assez médiocres en pratique. Ceci s'explique par la relation ténue qui existe entre les données IR et l'intensité des précipitations (or les données IR représentent la majorité des données utilisées pour calculer les estimations de pluie). La figure 2 représente les estimations des pluies annuelles moyennes sur 13 ans (de 2000 à 2012) pour TRMM et PERSIANN. On constate que la pluie TRMM est deux fois plus élevée que la pluie PERSIANN : ce manque de consensus suffit à montrer l'importance de l'incertitude liée aux produits satellitaires de pluie.

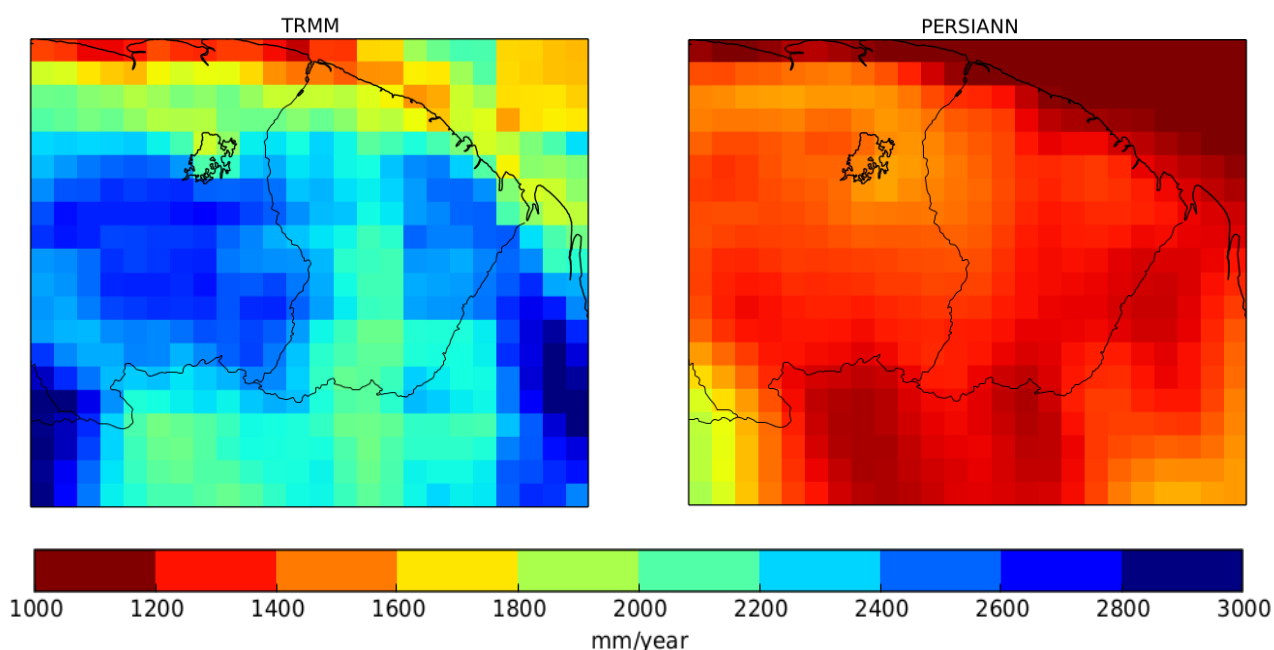


Fig. 2 : Estimations des pluies moyennes annuelles sur la Guyane entre 2000 et 2012.

## 3 Une stratégie de post-traitement pour débiaiser les estimations satellitaires de pluie

Notre analyse a consisté à étudier les écarts (erreurs) des différents produits satellitaires, en les comparant aux (rares) mesures au sol disponibles. Ce faisant, nous avons cherché à identifier des régularités dans ces écarts, qui nous permettent de corriger dans une certaine mesure les estimations satellite pour les faire correspondre *en moyenne* aux observations au sol.

### 3.1 Données pluviométriques de référence

Afin d'évaluer la qualité des estimations de pluie satellite, et de les corriger, nous

disposons d'un petit nombre de mesures de référence issues de pluviomètres au pas de temps journalier. La figure 3 montre leur localisation, représentée par les pixels satellite correspondants. Si c'est bien l'ensemble des bassins versants de Guyane française qui nous intéresse (avec la rive droite de l'Oyapock au Brésil et la rive gauche du Maroni au Surinam), nous n'avons pu disposer que d'observations de pluie sur le territoire français.

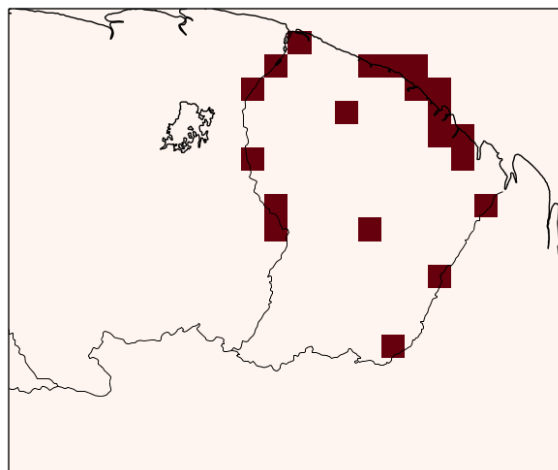


Fig. 3 : Localisation des pluviomètres en Guyane française.

### 3.2 Correction dépendante de l'amplitude

Pour corriger une partie des distorsions des estimations de pluie par satellite, nous avons recherché s'il existait une erreur systématique dépendante de l'amplitude du signal. Pour se rendre compte de l'existence d'une telle distorsion, le rapport des valeurs de pluie pluviomètre sur les valeurs de pluie satellite, en fonction des valeurs de pluie satellite, a été représenté sur la figure 4. Une échelle logarithmique, correspondant mieux à la dynamique du signal de pluie, a été choisie.

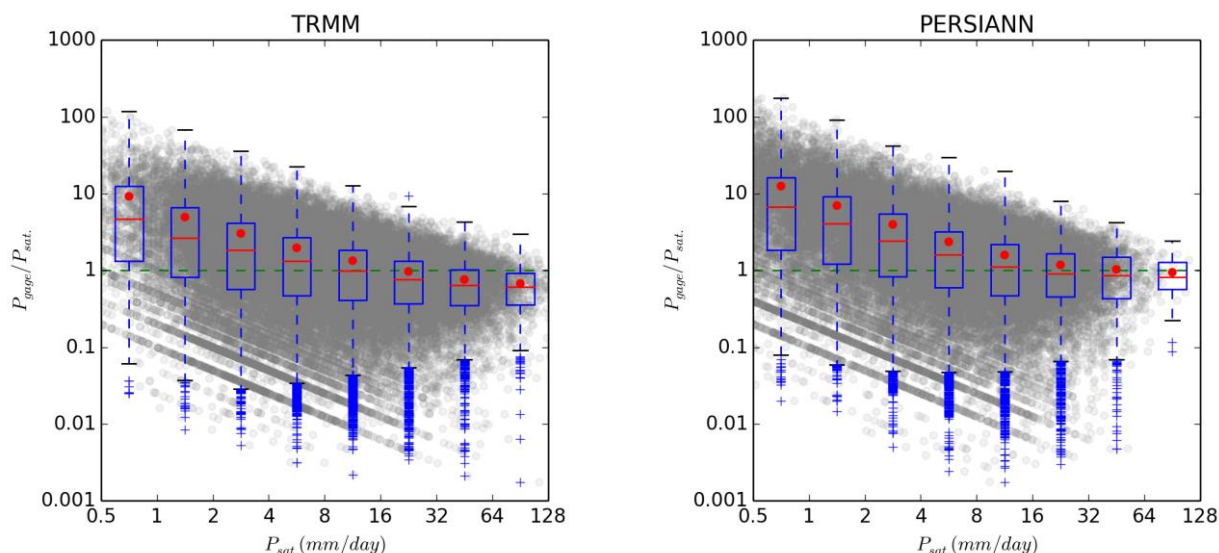


Fig. 4 : Rapport des amplitudes entre les pluies mesurées au sol et les pluies satellite pour les produits TRMM et PERSIANN (les points expérimentaux sont en gris, les « boîtes à moustache » permettent de se faire une idée de la tendance par classe de pluie : le point représente la moyenne et la barre la médiane)

La figure 4 montre clairement que les faibles pluies sont sous-estimées, alors que les fortes pluies sont surestimées. Cette dépendance a été affinée, d'une part dans le temps en différenciant la saison des pluies (de décembre à juillet) et la saison sèche (d'août à novembre), et d'autre part dans l'espace en différenciant la zone côtière et l'intérieur du territoire (voir figures 5 et 6).

La correction multiplicative dépendante de l'amplitude s'applique aux valeurs de pluie positives, mais elle est incapable de corriger un éventuel biais sur les valeurs de pluie satellite nulles. Pour la pluie nulle, nous proposons une correction additive qui correspond à la moyenne de la pluie pluviomètre quand la pluie satellite est nulle. La figure 7 représente la correction additive de pluie nulle par mois et par région.

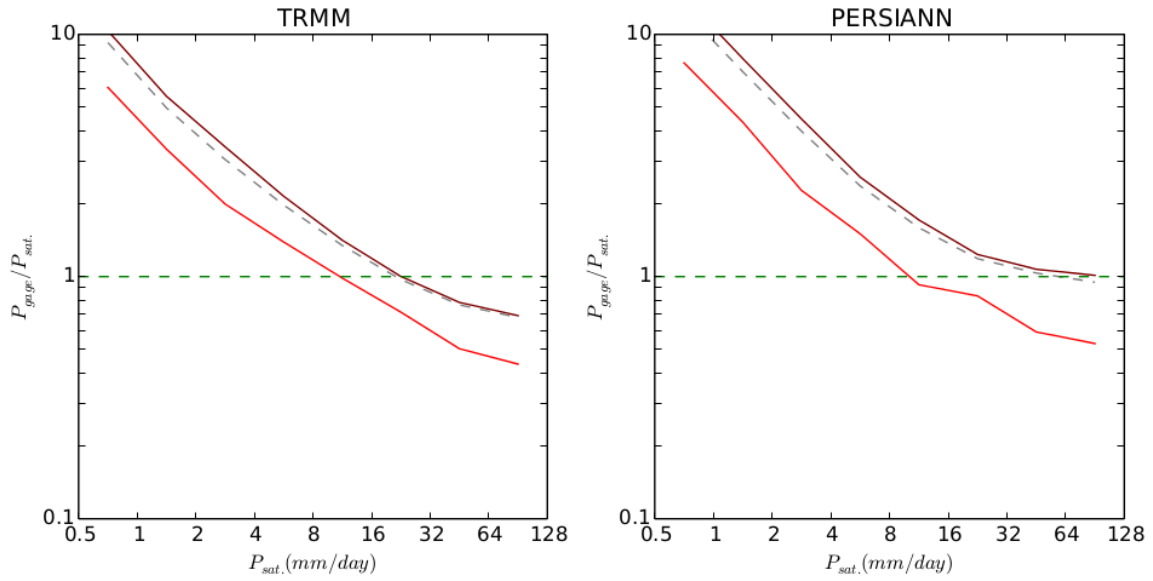


Fig. 5 : Correction multiplicative de la pluie satellite par saison (en foncé la saison des pluies, en clair la saison sèche, en pointillé la tendance générale).

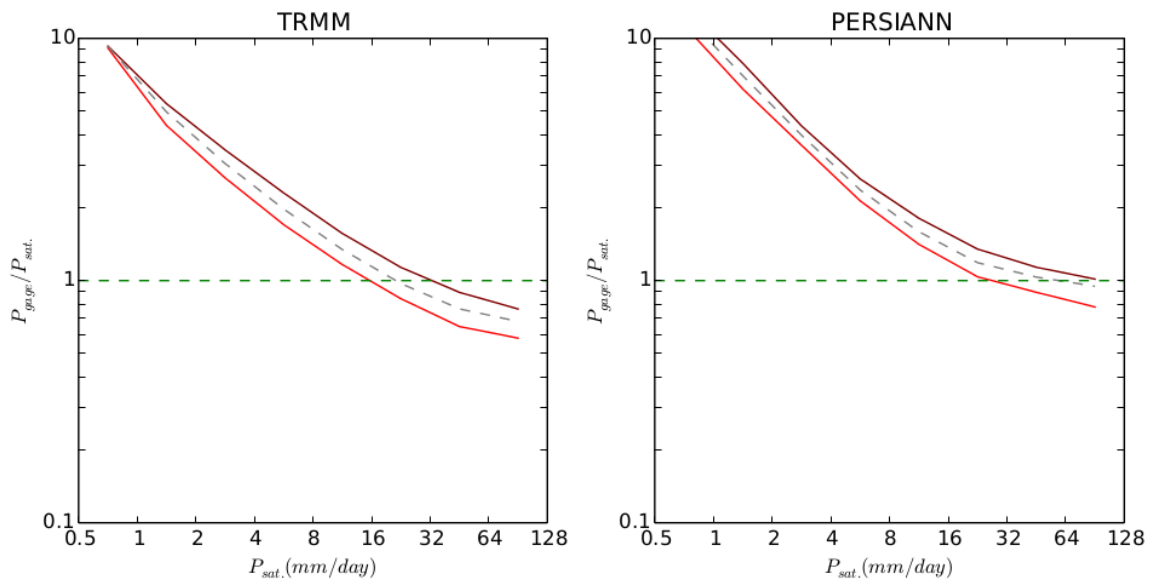


Fig. 6 : Correction multiplicative de la pluie satellite par région (en foncé la zone côtière, en clair l'intérieur du territoire, en pointillé les deux régions prises ensemble).



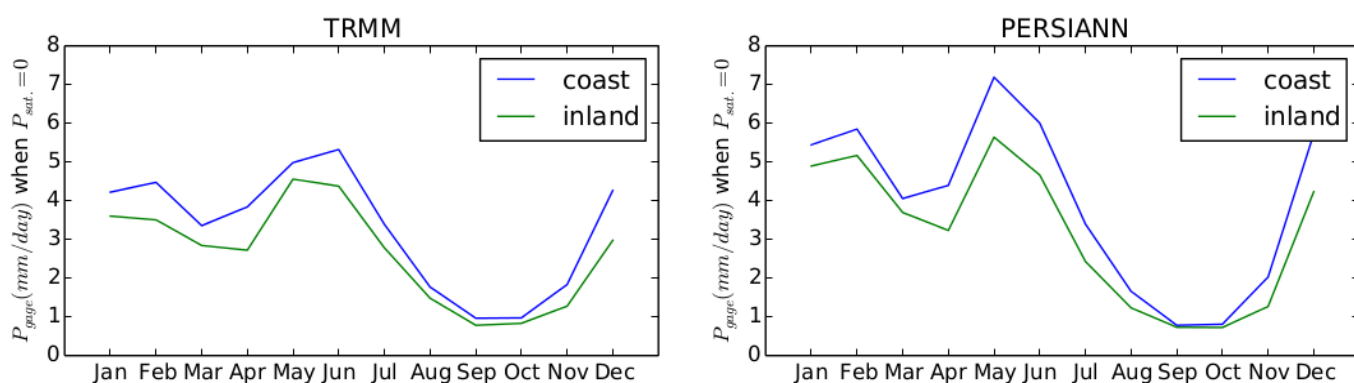


Fig. 7 : Correction additive des pluies satellite nulles, par mois et par région.

## 4 Évaluation de la stratégie de post-traitement

### 4.1 Evaluation poste par poste

La correction dépendante de l'amplitude proposée est une correction « de régime », qui a été obtenue en combinant l'ensemble des postes d'observation, au sein des deux zones climatiques identifiées et en fonction des mois de l'année, mais il nous reste à valider ses résultats ponctuellement. Pour se rendre compte de ses performances, nous calculons un rapport mensuel entre les pluies pluviomètre et les pluies satellite corrigées, cumulées sur les mois « datés » (figure 8). On constate que la correction dépendante de l'amplitude permet d'améliorer grandement la pluie satellite au pas de temps mensuel.

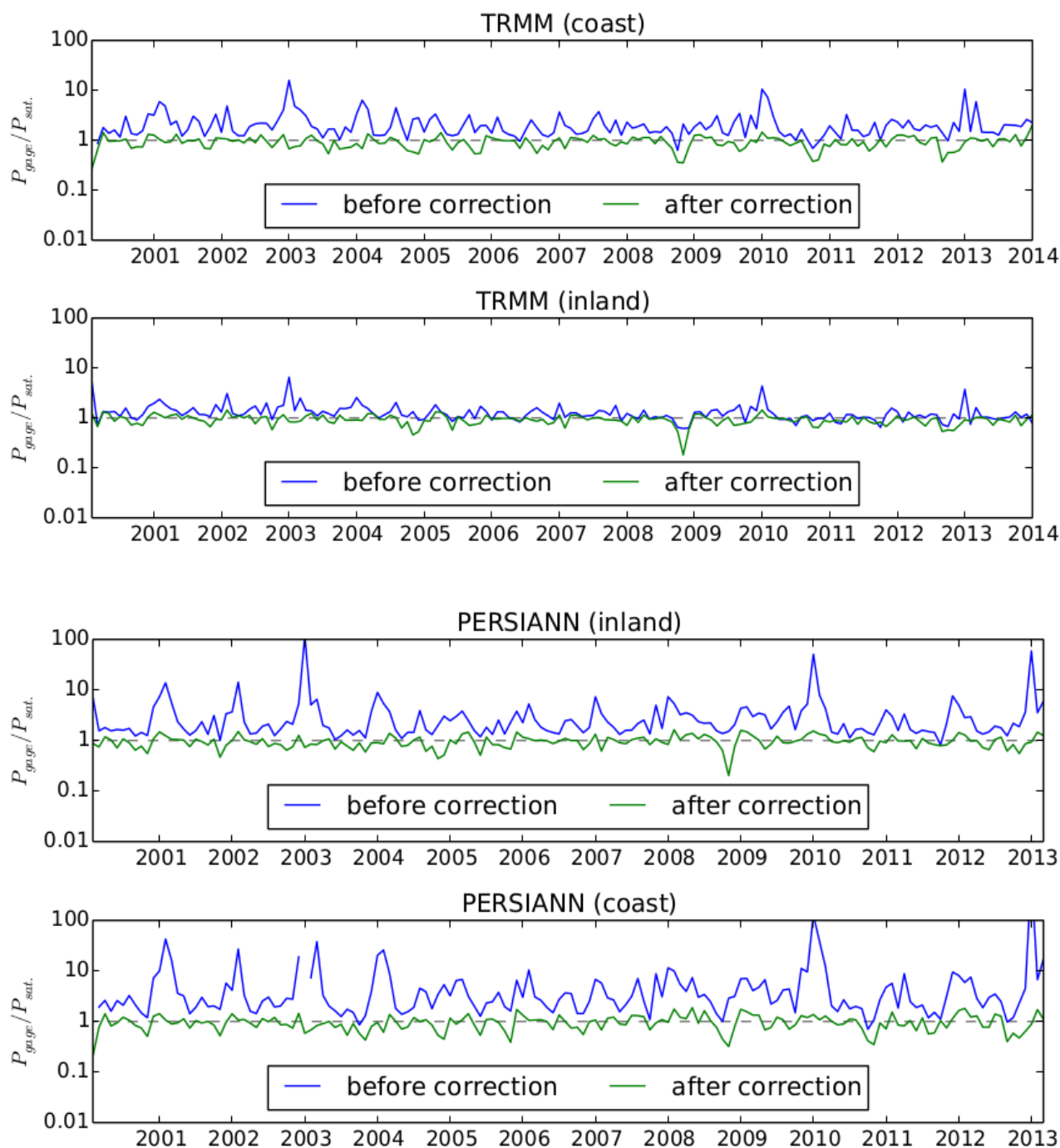


Fig. 8 : Apport de la correction dépendante de l'amplitude sur les pluies mensuelles.

## 4.2 Reconstitution de la pluie historique

La méthode de correction de pluie satellite décrite dans cette étude nous a permis de reconstituer la pluie sur toute la Guyane française. La figure 9 représente spatialement les estimations des pluies annuelles moyennes sur 13 ans (de 2000 à 2012) pour TRMM et PERSIANN, et la figure 10 représente temporellement les estimations des pluies annuelles de mars 2000 à mars 2013 sur le bassin versant de la Guyane, pour TRMM et

PERSIANN.

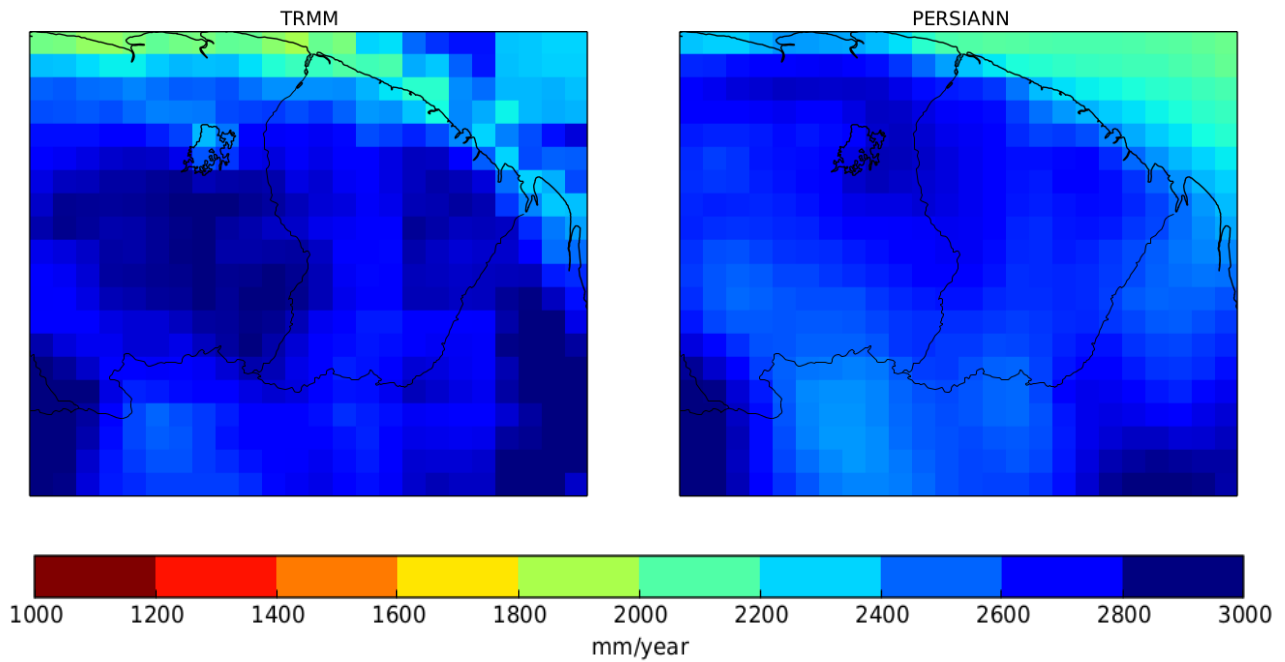


Fig. 9 : Estimations des pluies annuelles moyennes de 2000 à 2012 après correction.

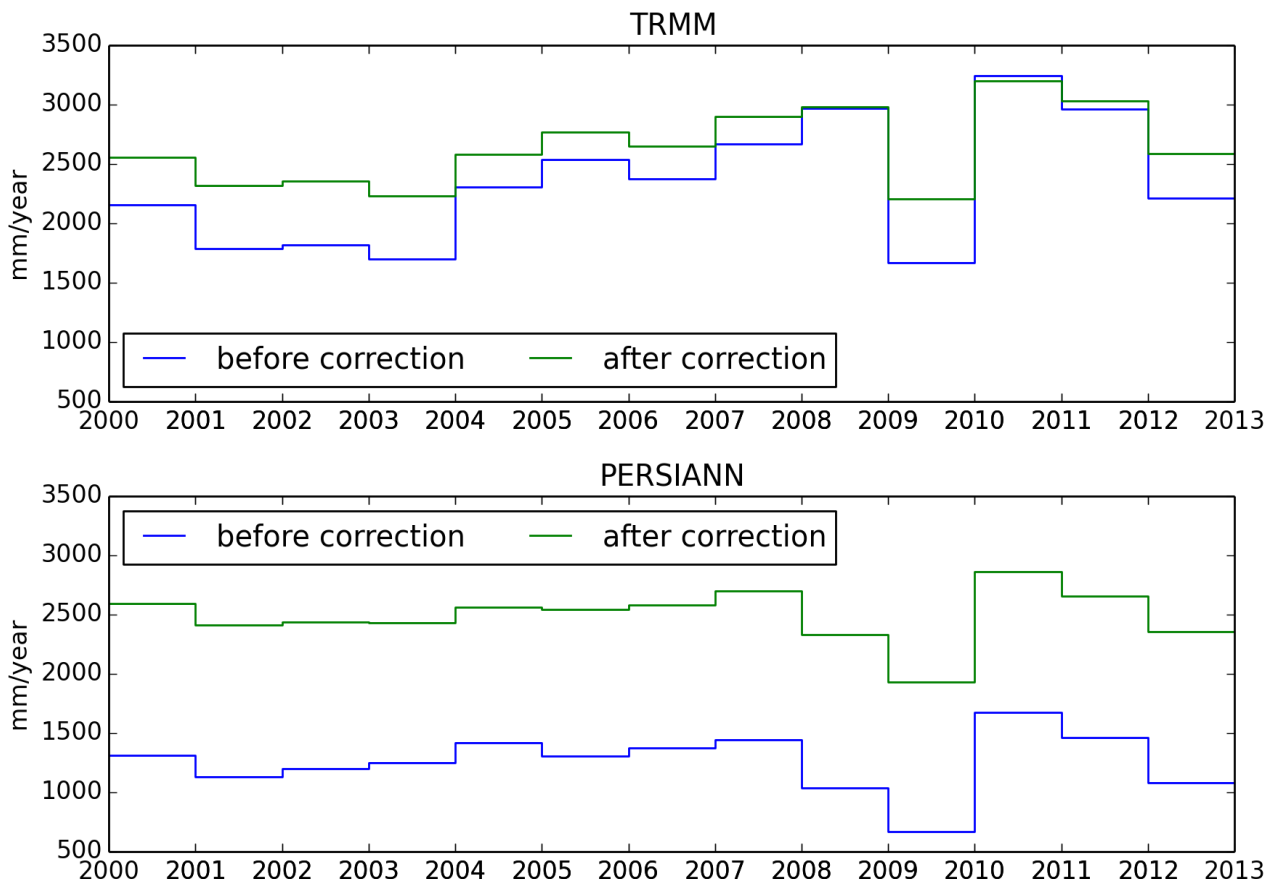


Fig. 10 : Pluies annuelles avant et après correction sur le bassin versant de la Guyane.

La correction a permis d'obtenir une carte de pluie annuelle moyenne globalement compatible entre TRMM et PERSIANN, même s'il existe des différences locales. Une descente au pas de temps mensuel semble raisonnable au vu des erreurs résiduelles observées. Ceci permettrait, à l'aide de modèles hydrologiques, de calculer des débits moyens de référence pour les principaux fleuves de Guyane.

## 5 Conclusion et perspectives

Avec l'augmentation de la population mondiale et le changement climatique important qui se dessine, la pression sur les ressources en eau est plus forte que jamais. Des outils de suivi hydrologiques sont nécessaires, mais ces derniers se heurtent au manque criant de données pluviométriques pour un grand nombre de régions d'Outre Mer. Les données satellite de pluviométrie, si elles peuvent paraître prometteuses, ont encore aujourd'hui des incertitudes bien trop grandes.

La méthode de post-traitement présentée ici ouvre des perspectives sérieuses pour corriger les estimations satellitaires de pluie. S'appuyant sur une distinction des classes d'amplitudes et sur une classification simple de la saisonnalité et de la géographie climatique de la Guyane, cette méthode permet de corriger les champs pluviométriques satellitaires.

Au-delà des validations à l'échelle des postes pluviométriques, il nous reste à réaliser une validation hydrologique, en confrontant les débits simulés grâce aux pluies corrigées avec les débits mesurés sur les principaux bassins versants de Guyane.

## 6 Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ONEMA et le SCHAPI qui ont financé les travaux de recherche présentés ici, la DEAL Guyane et Météo-France Guyane qui ont fourni les données hydrologiques et météorologiques. Nous remercions également la NASA pour avoir mis à disposition les données TRMM, et l'UC Irvine pour les données PERSIANN.

## 7 Références

- [1] Huffman, George J., and Coauthors, 2007: The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *J. Hydrometeorol.*, **8**, 38–55.
- [2] Hsu, Kou-lin, Xiaogang Gao, Soroosh Sorooshian, Hoshin V. Gupta, 1997: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks. *J. Appl. Meteor.*, **36**, 1176–1190.
- [3] Joyce, R. J., J. E. Janowiak, P. A. Arkin, and P. Xie, 2004: CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *J. Hydrometeorol.*, **5**, 487-503.