

VALIDATION DE DEUX MÉTHODES D'ESTIMATION DES PLUIES PAR SATELLITE (EPSAT-LANNION ET TAMSAT-READING) À L'AIDE DU RÉSEAU DENSE DE PLUVIOGRAPHES DE L'EXPÉRIENCE EPSAT-NIGER

Y. ARNAUD, J.-D. TAUPIN, H. LAURENT

(ORSTOM, Mission technique télédétection, NIAMEY, NIGER

ORSTOM, Groupe PRAO, NIAMEY, NIGER

ORSTOM, Groupe PRAO, MONTPELLIER, FRANCE)

Deux méthodes opérationnelles d'estimation des pluies par satellite (EPSAT-Lannion simplifiée et TAMSAT-Reading) utilisant le canal infrarouge du satellite MÉTÉOSAT ont été validées à l'aide des données du réseau dense de l'expérience EPSAT-Niger, pour les saisons des pluies de 1990 à 1994. Les estimations de pluie par satellite sont calibrées à l'aide des données pluviométriques des pays sahéliens, pour des périodes de dix jours. Pour valider ces estimations, on calcule les valeurs moyennes de la pluie au sol à l'aide du réseau dense de pluviographes du degré carré d'EPSAT-Niger. Les validations sont effectuées à trois échelles spatiales différentes : $5 \times 5 \text{ km}^2$, $50 \times 50 \text{ km}^2$, $100 \times 100 \text{ km}^2$. Les résultats montrent que la corrélation entre l'estimation de pluie par satellite et l'observation au sol augmente avec la surface de validation. À la résolution de $5 \times 5 \text{ km}^2$ (ce qui correspond à la taille du pixel MÉTÉOSAT) la corrélation est très faible. À l'échelle du degré carré les estimations semblent assez bonnes.

1 - INTRODUCTION

Depuis plusieurs années différentes méthodes d'estimation des précipitations par satellite ont vu le jour (BARRETT, 1981) pour pallier l'absence de réseaux denses de mesure au sol, surtout dans les régions tropicales. Cependant, la validation de ces estimations par satellite est difficile du fait même de l'absence de référence au sol. Dans cet article, nous proposons d'effectuer une telle validation à l'aide des données de l'expérience EPSAT-Niger (TAUPIN et LEBEL, 1993). Trois échelles spatiales d'analyse seront considérées afin d'étudier l'influence de la taille de la surface de validation sur les indicateurs de qualité des estimations.

On s'intéresse aux estimations décennales, c'est-à-dire cumulées sur des périodes de dix jours pendant la saison des pluies (juin à septembre) pour les années 1990 à 1994.

Les données de validation proviennent du réseau dense de pluviographes de l'expérience EPSAT-Niger (100 stations sur $16\,000 \text{ km}^2$). À partir de ces données ponctuelles on a calculé par krigeage les valeurs de pluie moyenne sur des mailles de $5 \times 5 \text{ km}^2$

de surface (1 pixel MÉTÉOSAT), 50 x 50 km² (10 x 10 pixels) et 100 x 100 km² (20 x 20 pixels). Le krigeage est un outil statistique d'interpolation spatiale qui prend en compte la totalité des informations disponibles sur le réseau. Il est basé sur le calcul d'une fonction spatiale de structure permettant de connaître, d'une part, la répartition en tout point ou sur toute surface de la pluie ainsi que de son écart type d'estimation, et d'autre part, la distance maximale de corrélation entre les stations.

Nous avons cherché à valider deux méthodes d'estimation de pluie par satellite qui sont utilisées de façon opérationnelle au centre AGRHYMET :

1 - La méthode EPSAT-Lannion (CARN *et al.*, 1989). Il s'agit ici d'une version simplifiée qui ne tient pas compte de la température de l'air comme terme correcteur.

La pluie s'estime avec la formule suivante :

$$P = a \text{ OCC40} + b \text{ TMAX} + c \text{ LAT} + d$$

$$P = 0 \text{ SI OCC40} = 0$$

avec OCC40 : Occurrence à - 40° C, TMAX : Température radiative maximale, LAT : Latitude.

Le calcul des coefficients est basé sur une régression par rapport à des données de calibration en temps réel, c'est-à-dire disponibles à la fin de la décennie. Ces données de calibration sont celles des stations du réseau synoptique et les données des réseaux des DMN (Direction de la météorologie nationale) de certains pays du CILSS. Cette méthode est donc tributaire de la réception des données, ce qui limite parfois le nombre de stations disponibles par rapport au potentiel réel des pays (DROUET, 1993).

2 - La méthode TAMSAT (MILFORD et DUGDALE, 1989)

La pluie s'estime avec la formule suivante :

$$P = a \text{ OCC} + b$$

$$P = 0 \text{ si OCC} = 0$$

OCC peut prendre les valeurs OCC40, OCC50, OCC60, en fonction de la région et du mois considéré.

Les coefficients ont été ajustés chaque année par le groupe TAMSAT de Reading à l'aide des données sol et satellitaires des années précédentes. Il n'y a pas d'ajustement en cours de saison.

Les différentes images nécessaires au calcul des indices ont été fournies par le centre AGRHYMET pour 1993 et 1994 par l'ORSTOM-Dakar pour 1992 et par l'ESOC pour 1990 et 1991. Les indices utilisés par les algorithmes d'estimation de pluie (OCC 40, OCC 50, OCC 60, TMAX) ont été calculés au centre AGRHYMET conformément à la méthodologie décrite par TALL (1993).

2 - RÉSULTATS

- Échelle d'analyse du pixel MÉTÉOSAT (5 km)

La figure 1 présente les résultats obtenus en comparant les estimations de pluie par satellite aux valeurs moyennes de pluie au sol calculées sur chaque surface de 5 x 5 km² correspondant à chaque pixel. La dispersion est très importante. On observe également que la relation n'est pas linéaire. Dans ces conditions, calculer le coefficient de corréla-

tion linéaire est de peu d'utilité pour évaluer la qualité des estimations. Le nuage de points excentré sur la figure 1 est dû à deux décades (1^{re} décade d'août 1992 et 1^{re} décade d'août 1994). Pour ces deux décades très pluvieuses, la méthode EPSAT-Lannion donne une meilleure estimation que la méthode TAMSAT : ceci pourrait être expliqué par la calibration à l'aide des données pluviométriques de la décade en cours. Si on compare les estimations en considérant chaque décade séparément, on obtient des résultats très différents. Les résultats présentés par ARNAUD *et al.* (1994) montrent que, pour certaines décades, les relations sont linéaires avec des coefficients de corrélation de l'ordre de 1,7 à 0,8 mais pour d'autres, il n'existe pas de relation (coefficient de corrélation proche de 0) entre les estimations satellite et les données de validation. Lorsque toutes les décades sont mélangées, comme c'est le cas pour la figure 1, la corrélation augmente du fait de l'augmentation de la dynamique (décades peu pluvieuses en début et en fin de saison des pluies, et décades très pluvieuses en milieu de saison des pluies).

- Échelle d'analyse du 1/4 de degré carré (50 km)

La figure 2 montre les résultats obtenus en comparant les estimations par satellite moyennes aux valeurs moyennes relevées au sol, la moyenne s'effectuant sur des surfaces de 10 x 10 pixels (50 x 50 km²). Par rapport à la figure précédente, la dispersion a été fortement réduite et la relation est d'avantage linéaire.

- Échelle d'analyse du degré carré (100 km)

En prenant une surface de validation de 100 x 100 km² (figure 3) la dispersion des points est encore légèrement réduite et la relation reste linéaire.

- Effet de l'augmentation des surfaces d'estimation/validation

Le tableau 1 montre les coefficients de corrélation linéaire entre les méthodes satellitaires et la pluie au sol pour l'ensemble des décades de 1990 à 1994. La corrélation augmente avec la surface, comme déjà montré par I. JOBARD et M. DESBOIS (1992). La corrélation des deux estimations entre elles n'apparaît pas dépendante de la surface

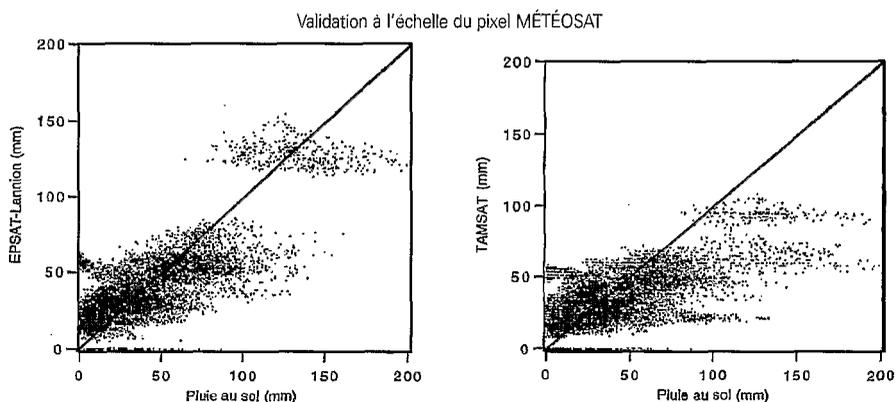


Figure 1 : Pluies décadaires estimées (mm) par les méthodes EPSAT et TAMSAT en fonction de la pluie calculée au sol (mm) sur une surface de 25 km² pour les saisons des pluies 1990-1994.

Validation sur les 1/4 de degré carré

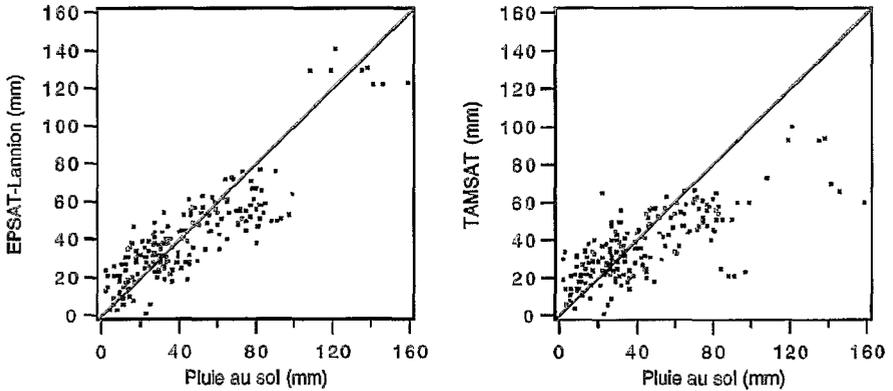


Figure 2 : Pluies décadaires estimées (mm) par les méthodes EPSAT et TAMSAT en fonction de la pluie calculée au sol (mm) sur une surface de 2 500 km² pour les saisons des pluies 1990.

d'estimation. Il semble donc que l'augmentation du coefficient de corrélation entre estimation par satellite et pluie au sol ne soit pas un simple artefact mais traduise plutôt une meilleure aptitude de l'information satellitaire à estimer la pluie sur des surfaces assez grandes plutôt qu'à la résolution du capteur.

Validation sur le degré carré

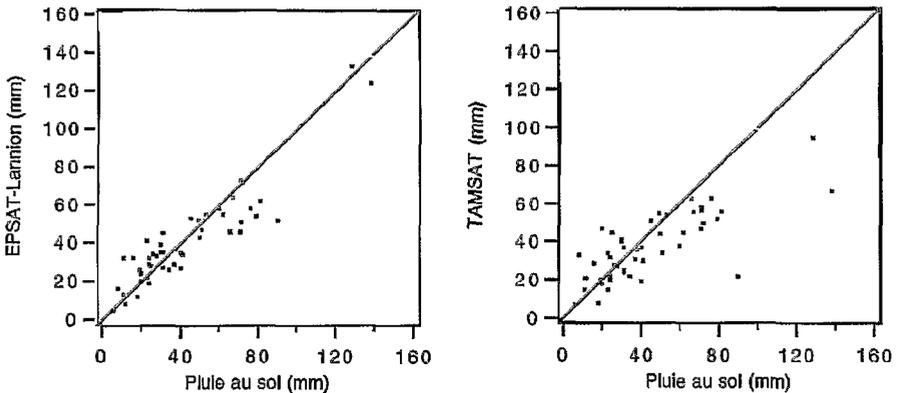


Figure 3 : Pluies décadaires estimées (mm) par les méthodes EPSAT et TAMSAT en fonction de la pluie calculée au sol (mm) sur une surface de 10 000 km² pour les saisons des pluies 1990-1994.

Tableau 1 - Coefficients de corrélation entre les méthodes EPSAT-Lannion, TAMSAT et la pluie au sol, pour trois tailles de surfaces.

	Pixel	1/4 de degré carré	degré carré
EPSAT/SOL	0.78	0.87	0.92
TAMSAT/SOL	0.65	0.74	0.78
EPSAT/TAMSAT	0.82	0.80	0.81
Nombre de points	19 200	192	48

Les deux méthodes EPSAT-Lannion et TAMSAT ne peuvent vraisemblablement pas donner une information quantitative réaliste de la pluie à l'échelle du pixel MÉTÉOSAT (5 km) pour des périodes de dix jours. En revanche, aux échelles de 50 ou 100 km, toujours pour des périodes de dix jours, les estimations satellitaires semblent pertinentes. Le type de travail présenté ici (validation avec un réseau dense indépendant du réseau opérationnel) devrait être étendu à d'autres zones climatiques de validation et à d'autres méthodes d'estimation.

Les deux méthodes sont sensiblement équivalentes avec cependant de meilleurs coefficients de corrélation pour EPSAT-Lannion par rapport à TAMSAT. Ceci pourrait être expliqué par la prise en compte de l'observation au sol ; en effet, l'algorithme EPSAT-Lannion se calibre à l'aide des données pluviométriques du réseau opérationnel. Par contre, compte tenu des difficultés rencontrées dans la collecte des données pluviométriques et de leur fiabilité (DROUET, 1993), il semblerait préférable, dans un cadre opérationnel, d'utiliser des méthodes ne nécessitant pas une calibration en temps réel. Il apparaît donc particulièrement important d'étudier l'impact de la prise en compte des données pluviométriques dans les estimations de pluie par satellite.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNAUD Y., TAUPIN J.-D. et LAURENT H., 1994 - Validation d'estimations de précipitation par satellite avec le réseau dense d'EPSAT-Niger. In HOEPPFNER M., LEBEL T., MONTENY B. (Editors), *Interactions Surface Continentale/Atmosphère : l'expérience HAPEX-Sahel*. (Actes des 10^{es} Journées hydrologiques de l'ORSTOM, Montpellier, septembre 1994). ORSTOM, Paris, sous presse.
- BARRETT E.C. et MARTIN D.N., 1981 - *The use of satellite data in rainfall monitoring*, Academic Press, 340 p.
- CARN M., DAGORNE D., GUILLOT B. et LAHUEC J.-P., 1989 - Estimation des pluies par satellite en temps réel en Afrique sahélo-soudanienne. *Veille climatique satellitaire*, ORSTOM/ministère de la Coopération, n° 28, pp. 47-55.
- DROUET J.-L., 1993 - La collecte des données pluviométriques pendant la campagne pluviale 1993 et leur fiabilité. *Actes de l'atelier estimation des pluies*, AGRHYMET, 2-4 décembre 1993, Niamey, Niger.

- JOBARD I. et DESBOIS M., 1992 - Remote sensing of rainfall over tropical Africa using Meteosat infrared imagery: sensitivity to time and space averaging. *Int. J. Remote sensing*, vol. 13, n° 14, 2683-2700.
- MILFORD J.R. et DUGDALE G., 1989 - Estimation of rainfall using geostationary satellite data. In application of remote sensing in agriculture. Proceedings of 48th eastern school in agricultural science, university of Nottingham, July 1989, Butterworth, London, 16 p.
- TALL F., 1993 - Description de la base de données utilisée pour la validation des méthodes d'estimation des pluies. *Actes de l'atelier estimation des pluies*, AGRHYMET, 2-4 décembre 1993, Niamey, Niger.
- TAUPIN J.-D. et LEBEL T., 1993 - Estimation des précipitations en zone sahélienne : l'expérience EPSAT-Niger, une vérité sol adaptée. *Actes de l'atelier estimation des pluies*, AGRHYMET, 2-4 décembre 1993, Niamey, Niger.