

# Imagerie satellitaire et estimation des précipitations

## Mythe et réalités

Bernard Guillot

Contrairement aux satellites d'*observation de la terre* (Landsat, Spot) qui prennent des vues à très haute résolution spatiale (10 à 30 mètres), au prix d'une basse résolution temporelle (une vue du même point tous les 16 ou 26 jours), les satellites dits d'*environnement*, ou *météorologiques*, sont prévus pour couvrir l'ensemble du globe à très haute cadence temporelle (une demi-heure pour les satellites géostationnaires comme Météosat), sur des champs de vue instantanées (pixels) de l'ordre de un kilomètre (satellites NOAA) à cinq kilomètres (infrarouge Météosat). Ces satellites sont utilisés en routine pour suivre des événements de grande ampleur (d'échelle continentale) et à évolution rapide, en météorologie, en climatologie, en agrométéorologie et en océanographie.

Les données qu'ils recueillent sont une expression, à différents niveaux, d'une énergie de rayonnement issue directement des objets par leur température (infrarouge thermique) ou réfléchie

par ces objets à partir d'une source externe (énergie solaire par le rayonnement visible). Une relation entre ces rayonnements et l'état de la surface peut permettre à des spécialistes d'en déduire des paramètres physiques (végétation, température,...) à condition d'indiquer à l'utilisateur le *mode d'emploi*, c'est à dire la méthode de restitution du paramètre et le degré de précision qui y est associé. Comme les calculs sont souvent décevants et qu'il est, par contre, facile de produire de belles images en fausses couleurs, le risque de tromperie sur la marchandise est grand comme nous allons le voir à propos de l'estimation des précipitations.

### **Imagerie satellitaire et mesure de paramètres physiques : application au cas des précipitations**

Pour diverses raisons : haute répétitivité des mesures et couverture globale instantanée du globe terrestre vu depuis 36 000 km et parfois 0° de latitude et de longitude, le satellite Météosat est actuellement le mieux adapté à l'estimation des précipitations en Afrique. Son emploi à ce titre pose cependant beaucoup de problèmes, que ce soit par l'utilisation des caractéristiques de l'expéditeur de la pluie (le nuage) ou par celle de la cible modifiée par l'eau précipitée (le sol et notamment sa température).

#### Relation entre nuages et pluies

Des méthodes variées ont été testées à de nombreuses reprises pour caractériser les nuages vus par satellite par rapport aux précipitations reçues au sol. La difficulté vient de ce que les capteurs actuels (visible et infrarouge) n'apportent d'information (opacité ou température) que sur le sommet des nuages et qu'il n'y a, par suite, aucun lien physique entre ce que l'on observe et ce que l'on veut mesurer. On est donc obligé de rechercher des relations statistiques entre l'information satellitaire et les pluies mesurées au sol (pluviométrie). Plusieurs problèmes apparaissent aussitôt :

- la relation statistique, pour être bonne, doit s'appliquer sur un échantillon aussi grand que possible, ce qui élimine d'entrée les zones arides où les pluies sont rares et oblige pour les autres à allonger la période d'estimation si l'on veut une bonne précision (durée de l'ordre du mois ou au delà) ;

- le sommet des nuages a une variabilité spatiale plus faible que la pluie. Fait aggravant, la taille d'observation est aussi très différente : quelques décimètres carrés pour le pluviomètre et 25 km<sup>2</sup> pour le pixel Météosat, ce qui pose des problèmes quant au choix d'une observation par l'autre du

1988) ont eu recours à la température du sol. Celle-ci évolue dans la journée en fonction de l'éclairement solaire et de la nature du sol mais surtout de sa teneur en eau et du couvert végétal qui en dépend. Sa température maxima est par suite un bon indice du bilan hydrique et des précipitations qu'il a reçues.

Reprenant leurs travaux, l'équipe Orstom de Lannion a proposé une utilisation conjointe des deux paramètres (CARN *et al.*, 1989) constatant que cela améliorerait systématiquement les estimations. De plus, pour tenir compte de l'environnement atmosphérique des précipitations, nous avons considéré, dans le calcul, la température de l'air qui en est une bonne représentation. Des problèmes subsistent cependant, liés à la mesure de la température, altérée par les modifications du signal infrarouge dans l'atmosphère (absorption-réémission par la vapeur d'eau et les gaz atmosphériques) ou par les voiles d'aérosols désertiques, difficiles à distinguer. Des différences régionales liées au relief et à la végétation introduisent aussi des distorsions dans le champ des estimations.

### **Validation des estimations et limites d'emploi**

Face aux problèmes décrits ci-dessus, il est d'autant plus important de vérifier la précision des résultats, pour deux raisons :

- dans les pays à risques climatiques graves, la demande d'information est très forte du fait de la faible densité des mesures au sol et de leur diffusion aléatoire. Des résultats en "temps réel" et par petites régions sont presque vitaux pour repérer les zones à problème, pour la conduite des cultures et des pâturages, tout au long de la saison et aussi en fin de saison, pour estimer les rendements en fonction de la pluviométrie ;

- les utilisateurs sur le terrain sont très peu au fait des techniques satellitaires ce qui les rend très vulnérables à des

progression des taux de précipitations vers le sud et leur absence au nord, ainsi que la mise en évidence des zones de forte pluies : Fouta-Djalou, Monts du Cameroun,...

### Limites de la méthode de Lannion

Les problèmes évoqués ci-dessus deviennent très apparents lorsque l'on établit des validations des estimations avec des données mesurées au sol. Les tests que nous avons effectués montrent que notre méthode, malgré toutes les précautions prises, ne permet pour l'instant de répondre qu'à certaines demandes de l'agrométéorologie, comme une estimation suffisamment précise (erreur inférieure à 20%) au Sahel, à la fin du mois d'août, cette information permettant d'estimer les rendements en fonction de modèles agronomiques. Nous restons par contre encore très loin du seuil de précision nécessaire (60%) pour suivre l'évolution des cultures au pas de temps décadaire (10 jours) et il est bien entendu tout à fait impossible d'appréhender les pluies quotidiennes, averse par averse. Enfin les taux d'erreur mesurés dans les zones arides sont tels qu'ils interdisent l'emploi dans ces régions pour lesquelles tout reste à faire.

### Critique de la méthode TAMSAT/FAO

Déjà très critiquable parce que n'utilisant que les nuages, vus au travers d'un crible de calibration qui est une moyenne (avec tous les travers de cette notion dans des zones à très grande variabilité climatique), cette méthode pose problème par l'utilisation abusive qui en a été faite. Bien que ses auteurs en aient eux-mêmes (Chadwick *et al.*, *ibid*) marqué les limites dans leurs écrits scientifiques, insistant sur l'aspect approximatif de leurs résultats : "because the methods are inevitably imprecise... et seulement capables" : "to reflect the near certainty of rainfall", ils n'en ont pas moins usé de façon imprudente. Dans le texte cité sont en effet présentées, comme sorties de traitement, des cartes de "pluie quotidienne", sans autre justification.

Surtout, probablement pour s'assurer de contrats pour financer leurs recherches, ils en ont autorisé l'emploi, sans modification, dans des zones de climat très différent de celles où elle a été élaborée. Nous avons ainsi retrouvé à Alger tout un système de traitement, fort heureusement employé à toute autre chose (imagerie pour la télévision) que l'estimation des pluies qui, dans cette région et notamment en hiver, ont pour origine des phénomènes météorologiques très différents de ceux du Sahel.

Son emploi, sans aucun discernement, par la FAO conduit à des observations de même genre. Les données de satellite, reçues à

calibrations. Outre l'aspect garde-fou de la "vérité terrain", ces mesures, en se modernisant et en se densifiant, seront de plus en plus à même de servir aussi pour la validation. Dans le même sens, un effort important a été fait pour situer le degré de signification d'une mesure isolée, par rapport à la dimension satellitaire, par la mise en place d'une expérimentation au Niger (100 pluviographes répartis sur 10.000 km<sup>2</sup>, exploités de 1988 à 1992 et couplés à un radar météorologique) ;

- de préparer l'emploi de satellites à venir, équipés de capteurs sensibles à l'eau liquide des averses (capteurs micro-ondes aux bonnes longueurs d'onde) et capables de suivre en continu la pluviométrie, en évitant ou en minimisant les problèmes liés à l'emploi de relations statistiques. Des versions expérimentales, existantes ou à venir : expérience américano-japonaise TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission, lancement en 1998) sont à utiliser, en veillant à ce que la communauté scientifique francophone soit intégrée à cet effort, en France et chez nos partenaires.

## Références bibliographiques

CADET D.L., GUILLOT B., 1991 - *EPSAT : Estimation des précipitations par satellite*. ORSTOM - Min. de la Coop., 63 p.

CARN M., DAGORNE D., GUILLOT B., LAHUEC J.P., 1989 - Estimation des précipitations par satellite en temps réel en Afrique sahélo-soudanienne. *Veille Clim. Sat.*, 1989, 28, pp. 47-55.

CHADWICK A.F., DUGDALE G., TRAORE A.F., MILFORD J.R., 1986 - Operational rainfall mapping over the Sahel. *6th. Meteosat Scientific User's Meeting*, Amsterdam, The Netherlands, vol. II, 6 p.

LAHUEC J.P., CARN M., LEMOIGNE O., DAGORNE D., 1992 - La saison des pluies 1991 en Afrique de l'ouest soudano-sahélienne. Suivi à partir d'images Météosat. *Norvis*, 39-155, pp 255-267.

NEGRE T., IMBERNON J., GUINOT J.P., SEGUIN B., GUILLOT B., 1988 - Estimation et suivi de la pluviométrie au Sénégal par satellite Météosat. *Agronomie Tropicale*, 43-4, pp 279-288.

SNUIJERS F.J., 1990 - Applications of meteorological satellites for food and

