

PROJET EPSAT: ESTIMATION DES PLUIES PAR SATELLITE

GUILLOT B.

RESUME

Le programme EPSAT: Estimation des Pluies par Satellite en zone sahélo-soudanienne, a été créé en 1985 pour rassembler autour de ce thème les compétences et les moyens. Au petit groupe initial sont venus s'adjoindre peu à peu des spécialistes de diverses disciplines et techniques et l'ouverture internationale devient conséquente, notamment en direction des états de la région concernée.

Les recherches portent sur tous les aspects du problème, avec étude des possibilités de reconnaissance des types de nuages par satellite, création d'algorithmes de traitement, par l'utilisation combinée de l'imagerie satellitaire et des données au sol, et mise en place de réseaux sol expérimentaux. Les estimations faites sur des événements isolés, à partir du suivi d'amas nuageux, n'ont jusqu'ici pas donné de bons résultats. Les méthodes statistiques, basées sur l'étude des relations entre des fréquences de nuages pluvio-gènes, la température de surface du sol et un élément correcteur, la température de l'air et la pluviométrie aux stations, donnent de bons résultats à l'échelle du pixel Météosat, pour des périodes mensuelles (étude faite par l'ORSTOM, au Centre de Météorologie Spatiale de Lannion).

Des recherches sont conduites pour améliorer ces résultats, par la prise en compte d'autres paramètres et par la mise en place, au Niger (degré carré de Niamey), d'un dispositif expérimental, comprenant une centaine de pluviographes et l'exploitation des données du radar de Niamey, préalablement numérisées. Des banques de données sont en cours de constitution et les échanges sont facilités par des réunions à rythme régulier, faisant le bilan des saisons écoulées et préparant les campagnes ultérieures. Les algorithmes, "temps réel" de Lannion, pour une estimation en mode opérationnel, sont utilisés à Dakar (ISRA) et au centre AGRHYMET de Niamey.

RAINFALL ESTIMATION BY SATELLITE: THE EPSAT PROGRAMME

The EPSAT program named "Estimation des précipitations par satellite" (Rainfall estimation by satellite over the Sahelo—Sudanese region) was founded in 1985 to combine both abilities and resources. Specialists in different fields have joined the starting group and several countries from the area are now also represented.

Research deals with all aspects of the problem, namely the study of possibilities to

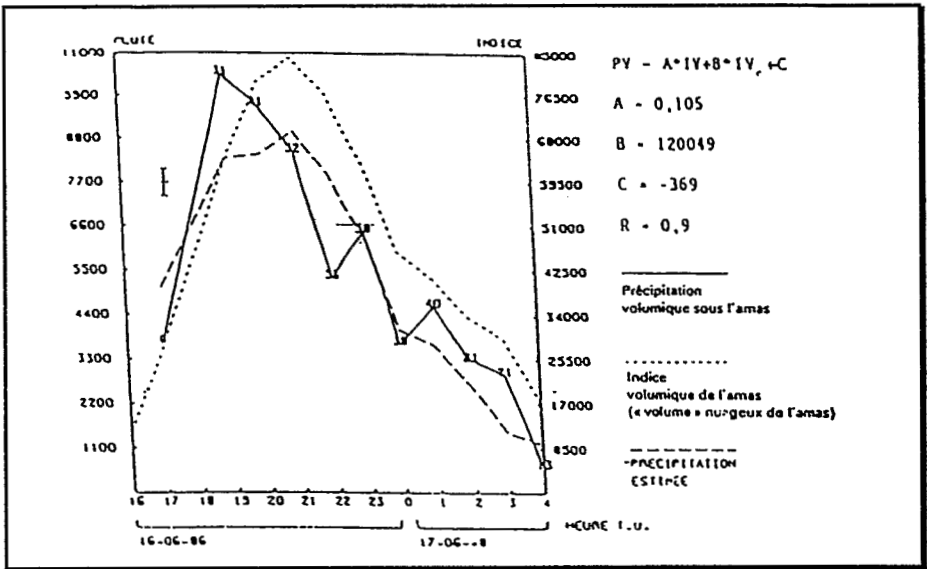
recognize types of clouds by satellite, the development of algorithms, using together satellite and ground data, and the creation of an experimental network. Estimates concerning isolated showers by cloud tracking have not given good results. A statistical method, based on the study of the relationship between cloud frequencies, soil surface temperature and latitude as a correcting parameter have given good results for monthly and cumulative periods, starting end of June.

Improving such results implies the testing of other parameters, such as atmospheric temperature and humidity. An experimental network composed of approximately a hundred rain gauges and enabling the use of Niamey's radar's digitalized data, has been created. We are now setting up data bases and we meet regularly to prepare for the next campaign.

Le programme EPSAT (Estimation des Pluies par SATellite en zone sahélo-soudanienne), que j'ai créé et que je coordonne depuis les origines, est né d'une volonté de regrouper les moyens et les compétences, afin de parvenir, le plus rapidement possible, à la mise au point de procédures opérationnelles bien validées et d'une précision suffisante pour les besoins des utilisateurs. Il s'est construit progressivement, au cours de réunions tenues à intervalles réguliers. Au petit groupe initial sont venus s'adjoindre progressivement des spécialistes de diverses disciplines et techniques.

Les recherches portent sur tous les aspects du problème, du suivi des averses isolées aux méthodes statistiques portant sur des périodes de temps d'assez, longue durée. Les données sol sont obtenues grâce à la collaboration étroite que nous avons engagée avec les services régionaux et nationaux de la région, ce qui nous permet de constituer des climatologies ou de calibrer nos résultats. Un réseau expérimental a par ailleurs été constitué dans le degré carré de Niamey, au Niger, dans le but d'obtenir des observations dans des aires d'une taille comparable à celle des pixels météosat, grâce à l'emploi combiné d'un réseau serré de pluviographes et d'un radar météo équipé d'une chaîne de numérisation (Lebel et al, 1990, Sauvageot et al, 1990).

Le suivi des averses isolées (Thiao 1988) est la seule méthode utilisable pour une estimation à des échelles de temps de l'ordre de la journée. Elle consiste en une étude du cycle de vie des nuages, dont l'évolution peut être analysée par des indices appropriés, fondés essentiellement sur leur étendue spatiale et leur température de sommet. Les données sol correspondantes permettent de caler ces données sur les précipitations et de calculer des coefficients moyens sur une série d'évènements. La figure 1 montre que ces coefficients moyens ne sont malheureusement pas universels et que les précipitations ne sont pas directement liées aux caractéristiques des amas nuageux, telles que l'on peut les observer à partir de l'imagerie Météosat.



Comparaison avec des précipitations observées et des indices volumique, AMAS 05.

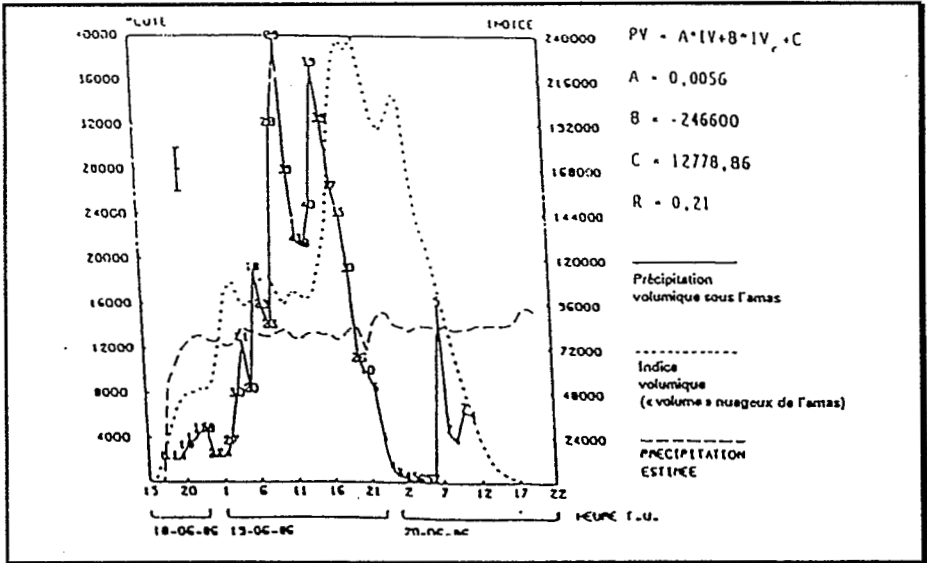


Figure 1 - Distribution des quantités de précipitation estimée par satellite Comparaison avec l'évolution des précipitations observées et des indices volumiques. AMAS 06 (Thiao 1988).

L'imagerie Météosat est également utilisée pour des estimations par des méthodes statistiques, basées sur un étalonnage ou une calibration de l'information satellitaire par des données sol. Les méthodes habituellement employées sont basées sur l'observation des nuages. L'utilisation des canaux visible et infrarouge permet de distinguer des types de nuages (fig. 2. Bellec et Le Gleau, 1989) et de reconnaître ceux que l'on estime pluvieux.

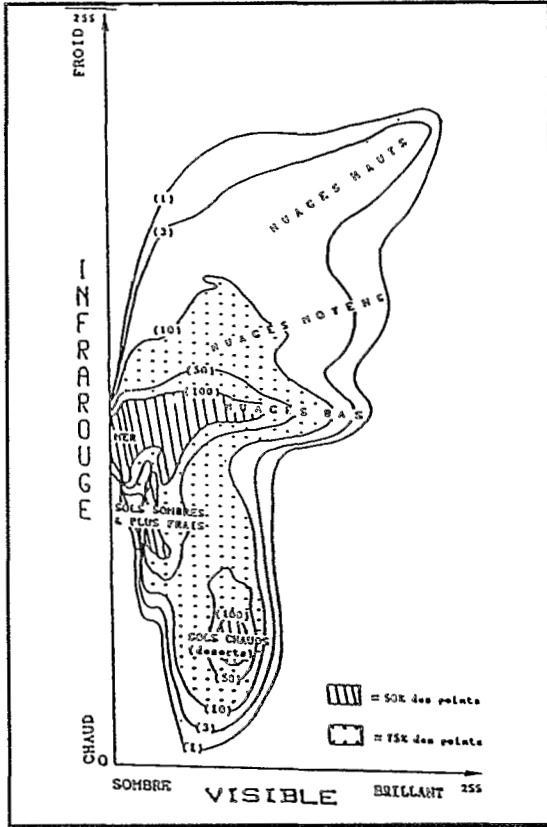


Figure 2 - Classification schématique des nuages et des sols grâce aux canaux visible et infrarouge de METEOSAT. Cet histogramme a été effectué à partir des 31 images de 11h30 TU du mois de juillet 1983 sur le globe entier. Il a été fourni par M. DESBOIS du laboratoire de météorologie dynamique.

L'évolution diurne extrêmement rapide de ces nuages et la nécessité de les suivre de jour comme de nuit impose cependant de se limiter provisoirement au seul canal Infrarouge. Le problème consiste alors à définir une analyse des nuages par des seuils appropriés de température de sommet, puis à calculer des durées ou des fréquences d'apparition de ces nuages "à sommet froid" et à mettre en relation cette statistique avec les précipitations mesurées au sol.

Une seconde méthode, testée au Sénégal par des agronomes (Nègre et all., 1986) consiste à utiliser la température de surface du sol comme indicateur de la pluie qu'il a reçu. Cette technique, qualifiée de "post event", met en relation les températures maximales du sol, mesurées par le satellite, obtenues par des

synthèses thermiques élaborées sur cinq jours, ou la moyenne des températures si l'on travaille sur de plus longues périodes, avec les précipitations. La figure 3. montre de bonnes corrélations, au niveau saisonnier, entre ces deux variables.

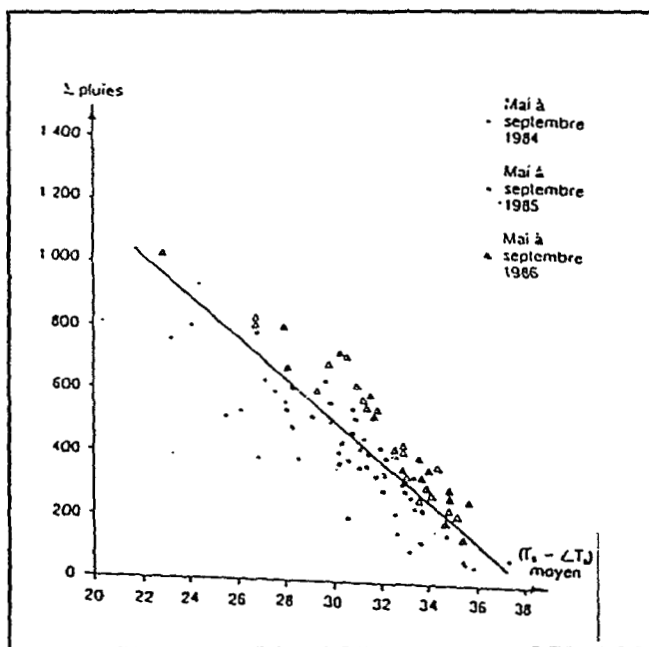


Figure 3 -

Au sein de EPSAT a été effectuée par l'équipe ORSTOM du Centre de Météorologie Spatiale de Lannion une synthèse de ces recherches, associant les précipitations aux nuages et à la température du sol, en utilisant un troisième paramètre correcteur, la température de l'air, pour tenir compte de la dégradation du climat (et donc de la relation entre nuages et pluie) du sud vers le nord. La figure 4 montre que l'on obtient avec cette méthode croisée de meilleures estimations qu'avec les paramètres précédents utilisés isolément, aux pas de temps mensuel et saisonnier et à l'échelle spatiale du pixel Météosat.

Il existe enfin deux façons d'estimer les précipitations en temps réel ou quasi réel. Traditionnellement l'usage veut que l'on se passe des données sol du moment et que l'on utilise des coefficients ou des "calibrations" précalculés, que l'on applique à l'information satellitaire. Outre la façon dont on a analysé l'imagerie, la précision des estimations dépend surtout de la climatologie qui a servi au calcul des coefficients. De ce point de vue Carn et al (1989) ont montré que les seuls coefficients stables d'une année à l'autre sont ceux que l'on déduit de la relation entre température du sol et précipitations, l'efficacité en pluie des nuages dépendant sans doute trop de leur environnement physique (température et humidité de l'air, environnement dont on sait qu'il peut être très variable dans les conditions météorologiques de la zone sahélo-soudanienne.

Une seconde façon d'opérer, que nous préconisons parce qu'elle apporte les meilleurs résultats, consiste à utiliser les données du moment, recueillies aux

stations synoptiques, pour le calcul des coefficients. Ceci présente par ailleurs l'avantage de valoriser le réseau sol et impose aussi la présence d'un bon réseau de télécommunications, afin que les données parviennent en temps quasi réel dans les centres où se fera l'estimation. Pour toutes ces raisons nous pensons que l'ensemble de l'information, sol et satellite, devrait être concentrée dans des centres régionaux d'agrométéorologie comme le centre Agrhymet de Niamey, ou dans des services nationaux de météorologie convenablement équipés .

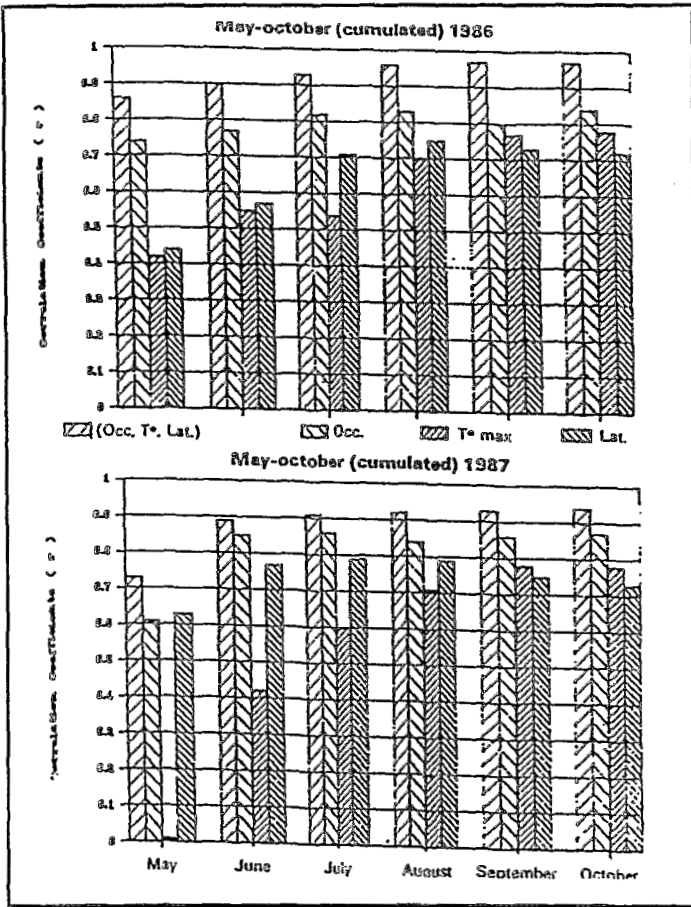


Figure 4 - Correlations : RAINFALL vs Oc, T°, Lat.

Le bilan actuel montre une insuffisance générale. au niveau de la précision des estimations. La figure 5 montre par exemple que les méthodes statistiques utilisées aujourd'hui, basées sur des durées ou des fréquences de nuages pluviogènes, ne sauraient donner de bons résultats, à l'échelle du pixel et au niveau décadaire, même aux meilleures périodes, comme le mois de juillet.

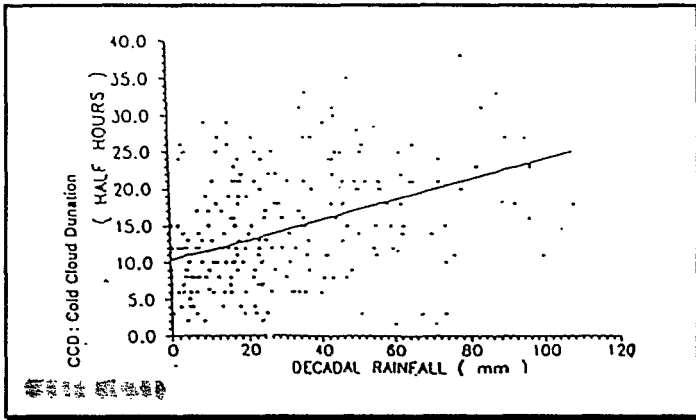


Figure 5 - Durées de nuages à sommet froid et pluviométrie aux stations (Niger, juillet 1985) (périodes décadaires) (Source : TAMSAT, Univ. de Reading).

Globalement le schéma de la figure 6 illustre, au plan spatiotemporel, les difficultés devant lesquelles nous nous trouvons. Une bonne estimation, pour les besoins de l'agrométéorologie par exemple, devrait être capable de fournir une mesure assez précise, au niveau décadaire et dans de petites régions. ce qui n'est pas le cas actuellement.

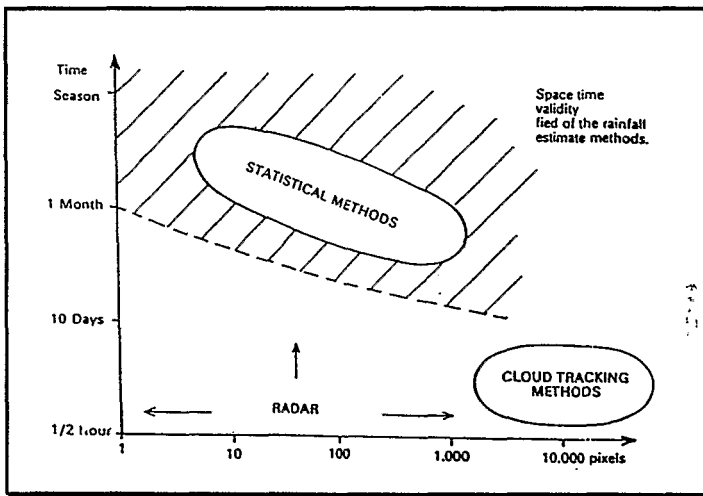


Figure 6 - Champ de compétence spatiotemporel des diverses méthodes d'estimation des pluies (schéma approché).

Il est donc nécessaire de continuer les recherches et le programme EFSAT se propose de les conduire dans deux directions, au niveau des algorithmes satellitaires et par des expérimentations visant à tester l'apport de meilleures données sol et des radars météorologiques, ainsi que pour explorer les possibilités offertes par les capteurs, actuels ou futurs, dans le domaine des microondes

La recherche sur les algorithmes devra porter sur une amélioration des méthodes de discrimination des nuages précipitants, par l'utilisation combinée de divers capteurs ou des adaptations de ces capteurs: visible + infrarouge de jour. infrarouge + variance infrarouge ou vapeur d'eau de nuit, par l'emploi de procédures automatisées utilisant la reconnaissance de formes. etc. . L'utilisation de paramètres atmosphériques, comme la température ou l'humidité de l'air, suppose l'accès en temps réel à des mesures adéquates, tirées, soit de champs analysés des modèles météorologiques, soit de l'utilisation de capteurs satellitaires, comme le sondeur vertical des satellites NOAA (TOVS). C'est en utilisant des corrections de ce type que Negre et al (1988) ont beaucoup amélioré l'estimation par la température du sol au Sénégal. L'usage de ce paramètre peut aussi être affiné en recourant à des corrections atmosphériques du signal infrarouge de Météosat par le TOVS et en effectuant des reconnaissances des aérosols (poussières atmosphériques), dont la présence peut introduire des variations parasites très importantes des températures. De bons espoirs sont permis, si l'on en juge d'après nos premiers essais.

L'expérimentation que nous conduisons au Niger ne sera pas commentée ici, puisqu'elle fait l'objet d'une autre communication. Nous dirons simplement que ses principaux objectifs sont de fournir des mesures de terrain comparables aux données satellitaires et de conduire une étude fine des averses et des lignes de grains, qui sont l'un des principaux événements météorologiques de la région. L'apport qui en est le plus attendu au niveau des estimations statistiques est une validation pixel à pixel. Le réseau serré de pluviographes et le radar qu'ils auront servi à calibrer permettra en effet de passer de la mesure, très ponctuelle, que font les pluviomètres et pluviographes, à la construction d'un champ pluviométrique, que l'on pourra ensuite découper à la dimension désirée pour le satellite, dont le pixel mesure 4,4 x 4,4 km.

Les animateurs du programme sont ouverts à toutes les collaborations, dans la mesure où elles apportent des éléments de solution au problème, sans nous obliger à disperser nos efforts et nos moyens, qui demeurent malgré tout limités, malgré le gros effort qui a déjà été consenti, sur le plan financier, par l'ORSTOM et le Ministère français de la Coopération. L'expérience de Niamey est par exemple conduite en étroite coopération avec la Météorologie Nationale du Niger. Des contacts ont été pris avec d'autres pays, notamment le Sénégal, la Côte-d'Ivoire et le Mali. Le réseau de mesures mis en place à Niamey servira également au programme HAPEX—Sahel. D'autres relations extérieures sont souhaitées et encouragées. Une brochure est en cours de rédaction, qui présentera l'essentiel de notre action.

REFERENCES

- BELLE C B., LE GLEAU H., 1989-Nephanalyse par compositions colorées multispectrales. *La Météorologie*, N° 28, septembre, pp. 1-9.
- CADET L.D., GUILLOT B., 1990-EPSAT. Estimation des Précipitations par SATellite: présentation du programme. En préparation, 60 pages.
- CARN M., DAGORNE D., GUILLOT B., LAHUEC J.P.. 1989-Estimation des pluies par satellite en temps réel en Afrique sahélo-soudanienne. *Veille Climatique Satellitaire ~VCS*, 28, juillet. pp. 47-54.
- GUILLOT B., 198-Réunion EPSAT de Pading (11-12 octobre). Compte-rendu. EPSAT meeting of Pading. Report. *Veille Climatique Satellitaire* 25, novembre, pp. 11—22.
- GUILLOT B., 1990 - Réunion EPSAT de Paris, Nov.-1er Décembre 1989. Compte-rendu. EPSAT meeting held in Paris. 30th of november/1st December 1989. Report. *Veille Climatique Satellitaire* 30-31, pp. 28 - 50
- SAUVAGEOT H., DESPAUX J., 1990-SANA A. Un système d'acquisition numérique et de visualisation des données radar pour la validation des estimations satellitaires de précipitations. *Veille Climatique Satellitaire* 30-31pp. 56-66.
- THAUVIN V., and T. LEBEL. 1989-EPSAT: study of rainfall over the Sahel at small time steps using a dense network of recording raingauges. *Proceedings of the WMO/IAHS/ETH, Workshop on Precipitation measurement. St Moritz*, pp. 259-266.
- THIAO W., 1988 - Contribution à l'estimation des précipitations au Sahel par l'imagerie satellitaire. Thèse de Docteur-Ingénieur, Univ. Blaise Pascal. Clermont-FerRand, 175 p..