

ANALYSE DES VARIATIONS DU SIGNAL RADAR À L'ÉCHELLE DE LA DEMI-HEURE : ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS POUR LA RÉGION DE SÉTIF (ALGÉRIE)

A. ADANE⁽¹⁾, O. RAAF⁽¹⁾, R. NAILI⁽²⁾, F. YUCEF ETTOUMI⁽¹⁾,
B. HADDAD⁽¹⁾ ET H.SAUVAGEOT⁽³⁾

(1) *Université des Sciences et de la technologie d'Alger (U.S.T.H.B.),
Faculté de Génie Electrique, BP. N° 32 , El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie,
e-mail : aadane@lycos.com*

(2) *Office National de la Météorologie, Centre National Technique et du Matériel,
Bd Khemisti, Dar El Beida, Alger, Algérie.*

(3) *Université Paul Sabatier, Observatoire Midi Pyrénées, Laboratoire d 'Aérodynamique,
14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France.*

Résumé

L'intensité des précipitations a été évaluée toutes les demi-heures en traitant des images radar collectées dans la région de Sétif (Algérie) en janvier 2001. Les méthodes de traitement utilisées sont basées soit sur la détermination de la surface occupée par les échos de précipitations, soit sur la mesure de leur réflectivité. Les résultats obtenus ont été comparés aux mesures pluviométriques effectuées dans les localités avoisinantes. Ils montrent que les pluies du mois de janvier 2001 ont essentiellement été causées par des nuages convectifs. Toutes ces méthodes permettent d'évaluer l'intensité des précipitations de façon satisfaisante, à l'échelle de la demi-heure. La meilleure estimation de ce paramètre est réalisée lorsque la réflectivité radar est analysée à l'aide d'une fenêtre de 7 x 7 pixels.

Abstract

Rainfall intensity has been evaluated every half-hour by processing radar images collected in the region of Setif (Algeria) in January 2001. The processing methods used, are based on either the assessment of the surface of rainfall echoes or the measurement of their reflectivity. The obtained results have then been compared to rainfall measurements performed in the neighbouring locations. They show that rainfall has essentially been caused by convective clouds in January 2001. All these methods enable us to evaluate rainfall intensity satisfactorily at the scale of half-hour. The best estimate of this parameter is achieved when analysing the radar reflectivity with a window made of 7 x 7 pixels.

Mots-clés : météorologie, précipitations, radar, étalonnage.

Keywords : meteorology, precipitations, radar, calibration.

Introduction

En Afrique du Nord, les dérèglements actuels du climat de la planète se sont répercutés par une irrégularité des précipitations et par une sécheresse qui s'est instaurée depuis plusieurs années. Une gestion rationnelle des ressources en eau nécessite alors l'évaluation précise des quantités de pluies qui tombent dans cette région. Pour ce faire, il suffit de disséminer des pluviomètres un peu partout sur la surface arrosée par les précipitations. La quantité de pluie qui y est collectée, est alors obtenue en sommant les mesures de l'intensité de pluie sur toute cette surface. Cependant, la mesure du taux de précipitations à l'aide d'un pluviomètre, n'est significative que pour l'endroit où a été placé cet appareil. Pour caractériser les champs de précipitations sur de grandes surfaces, on peut exploiter les

observations par satellite ou par radar. Ainsi, les images prises par un radar météorologique permettent de localiser les nuages de pluie, de les suivre dans leur déplacement et d'estimer l'intensité des précipitations dans une région donnée. Dans cet article, ce paramètre est évalué toutes les demi-heures en traitant des images radar prises dans la région de Sétif en janvier 2001. Les méthodes de traitement utilisées, sont exposées ci-après.

1. Données expérimentales

Sétif se trouvant à 36°11'N de latitude et 5°25'E de longitude, un radar météorologique AWSR81 a été installé à l'ouest de cette ville, à 1730 m d'altitude. Celui-ci est un radar puisé non cohérent qui travaille à 5,6 GHz avec une puissance crête de 250 kW et un angle de tir légèrement incliné vers le bas. Ce radar est équipé d'un Système d'Acquisition Numérique pour l'Analyse des Grains Africains ou chaîne SANAGA. Il collecte des images de la région de Sétif dans la représentation PPI, avec une portée de 256 km et une résolution de 1 km par pixel. Ces images sont formées de 512 x 512 pixels avec seize niveaux de réflectivité. Pour notre étude, nous disposons de plus de cent mille images radar de la région de Sétif collectées toutes les quinze minutes pendant la période allant de Juin 1996 à janvier 2001 et des mesures effectuées toutes les six minutes autour du radar par des stations automatiques équipées de pluviomètres, durant le mois de janvier 2001. Ces stations sont Ain Tagrout, Beni Aziz, Beni Ouartilane, El Mehir, Sidi Aïch, Tazmalt et Oum Ladjoul. Toutes ces images ont subi divers traitements en vue d'en extraire l'information hydrologique.

2. Relation entre la réflectivité et l'intensité des précipitations

Rappelons qu'un radar météorologique détecte une cible atmosphérique grâce aux impulsions d'ondes électromagnétiques qu'il émet [Darricau, 1993]. Le rayonnement rétrodiffusé par la cible, puis capté par le radar, forme alors un signal contenant l'information hydrologique. Soit P_e la puissance émise, r la distance séparant le radar de la cible, η la réflectivité de la cible, L le facteur d'atténuation atmosphérique et C la constante du radar, la puissance reçue par celui-ci P_r , vaut:

$$P_r = P_e C L^2 \eta / r^2$$

Pour un milieu de réfractivité $|K_p| = |(m^2 - 1)/(m^2 + 2)|$ (avec m = indice de réfraction complexe) et pour un champ de précipitations formées de gouttelettes d'eau de diamètre (D) et de distribution $N(D)$, on a [Sauvageot, 1990] :

$$\eta = \frac{1}{V} \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 Z \quad (2)$$

Dans cette expression, le facteur de réflectivité (Z) s'écrit :

$$Z = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} N(D) D^6 dD \quad (1)$$

En dBZ, ce facteur vaut : $Z \text{ (dBZ)} = 10 \log [Z \text{ (mm}^6 \text{ m}^{-3} \text{)}]$. Soit $v(D)$ la vitesse de chute des gouttes de pluie ; pour des gouttes d'eau de forme sphérique et en l'absence de courant ascendant, l'intensité de précipitations exprimée en mm.h⁻¹, est :

$$R = \frac{\pi}{6} \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D^3 v(D) N(D) dD \quad (4)$$

En pratique, les diamètres des gouttes de pluie se distribuent comme $N(D) = N_0 e^{-\Lambda D}$. La relation entre le facteur de réflectivité et l'intensité des précipitations est alors de la forme : $Z = a R_s$.

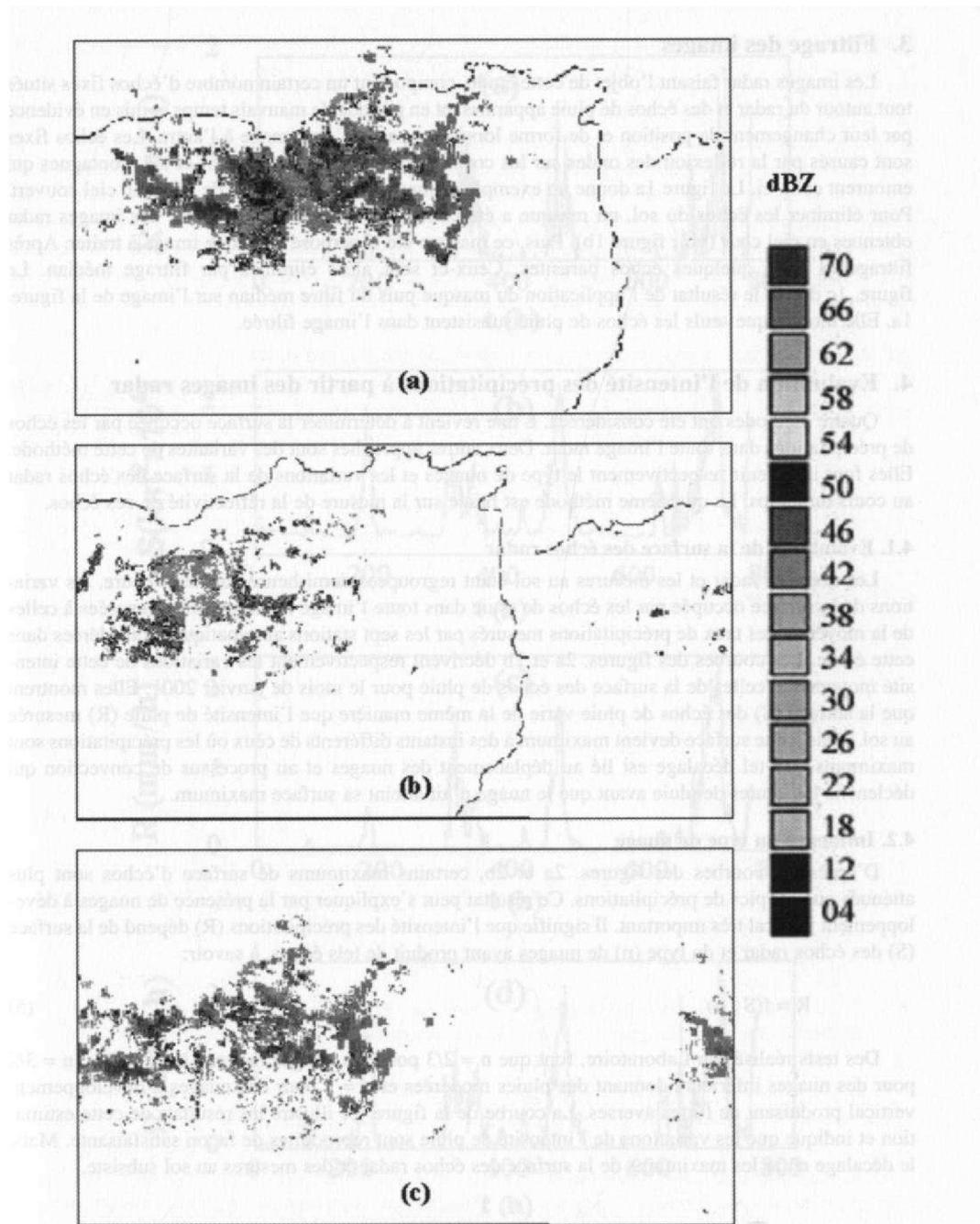


Figure 1 : Image radar de la région de Sétif prise le 20 janvier 2001 à 5h.
 (a) Image brute, (b) Masque, (c) Image filtrée.

3. Filtrage des images

Les images radar faisant l'objet de cette étude, comportent un certain nombre d'échos fixes situés tout autour du radar et des échos de pluie apparaissant en période de mauvais temps et mis en évidence par leur changement de position et de forme lorsqu'on passe d'une image à l'autre. Les échos fixes sont causés par la réflexion des ondes sur les constructions de la ville de Sétif et les montagnes qui entourent celle-ci. La figure la donne un exemple d'image prise par le radar de Sétif, en ciel couvert. Pour éliminer les échos du sol, un masque a été construit par pré-enregistrement des images radar obtenues en ciel clair (voir figure 1b). Puis, ce masque été superposé à chaque image à traiter. Après filtrage, il reste quelques échos parasites. Ceux-ci sont alors éliminés par filtrage médian. La figure, le donne le résultat de l'application du masque puis du filtre médian sur l'image de la figure, 1a. Elle montre que seuls les échos de pluie subsistent dans l'image filtrée.

4. Evaluation de l'intensité des précipitations à partir des images radar

Quatre méthodes ont été considérées. L'une revient à déterminer la surface occupée par les échos de précipitations dans toute l'image radar. Deux autres approches sont des variantes de cette méthode. Elles font intervenir respectivement le type de nuages et les variations de la surface des échos radar au cours du temps. La quatrième méthode est basée sur la mesure de la réflectivité de ces échos.

4.1. Evaluation de la surface des échos radar

Les données radar et les mesures au sol étant regroupées demi-heure par demi-heure, les variations de la surface occupée par les échos de pluie dans toute l'image radar ont été comparées à celles de la moyenne des taux de précipitations mesurés par les sept stations automatiques considérées dans cette étude. Les courbes des figures. 2a et 2b décrivent respectivement les variations de cette intensité moyenne et celles de la surface des échos de pluie pour le mois de janvier 2001. Elles montrent que la surface (S) des échos de pluie varie de la même manière que l'intensité de pluie (R) mesurée au sol. Mais, cette surface devient maximum à des instants différents de ceux où les précipitations sont maximums. Un tel décalage est lié au déplacement des nuages et au processus de convection qui déclenche les chutes de pluie avant que le nuage n'ait atteint sa surface maximum.

4.2. Influence du type de nuage

D'après les courbes des figures. 2a et 2b, certains maximums de surface d'échos sont plus atténués que les pics de précipitations. Ce résultat peut s'expliquer par la présence de nuages à développement vertical très important. Il signifie que l'intensité des précipitations (R) dépend de la surface (S) des échos radar et du type (n) de nuages ayant produit de tels échos, à savoir:

$$R = f(S, n) \quad (5)$$

Des tests réalisés au Laboratoire, font que $n = 2/3$ pour des nuages moyens à pluie fine, $n = 3/2$ pour des nuages inférieurs donnant des pluies modérées et $n = 3$ pour des nuages à développement vertical produisant de fortes averses. La courbe de la figure. 2c illustre les résultats de cette estimation et indique que les variations de l'intensité de pluie sont reproduites de façon satisfaisante. Mais, le décalage entre les maximums de la surface des échos radar et des mesures au sol subsiste.

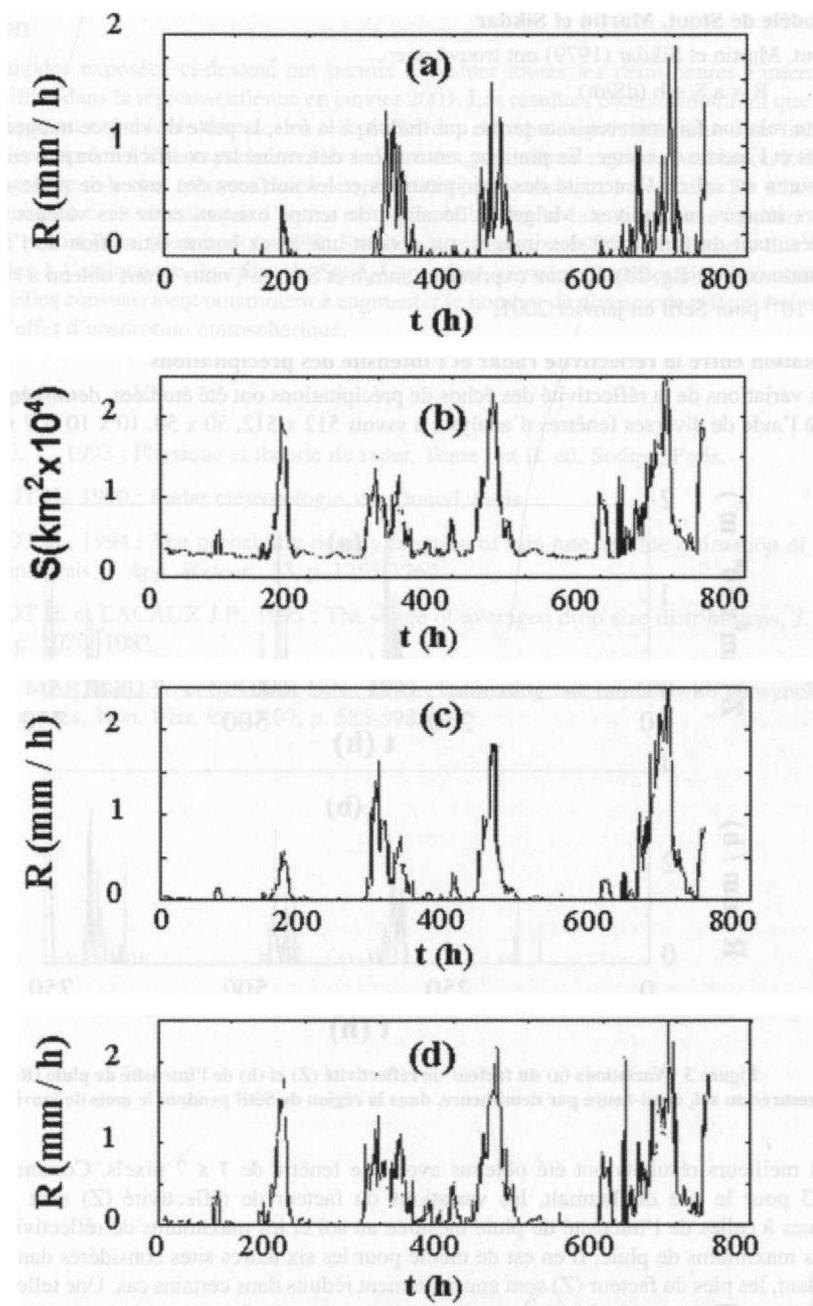


Figure 2 : Variations de l'intensité des précipitations, demi-heure par demi-heure, dans la région de Sétif pendant le mois de janvier 2001.

- (a) Mesures au sol. (b) Variations de la surface des échos de pluie,
- (c) Estimation en fonction de la surface des échos radar et du type de nuage,
- (d) Estimation par application du modèle de Stout, Martin et Sikdar.

4.3. Modèle de Stout, Martin et Sikdar

Stout, Martin et Sikdar (1979) ont trouvé que:

$$R = a S + b (dS/dt) \quad (6)$$

Cette relation fait intervenir un terme qui traduit, à la fois, la perte de surface nuageuse par unité de temps et l'inertie du nuage. En pratique, nous avons déterminé les coefficients a et b en considérant les mesures au sol de l'intensité des précipitations et les surfaces des zones de pluie évaluées sur plusieurs images successives. Malgré le décalage de temps existant entre les valeurs mesurées et celles résultant du traitement des images, on obtient une assez bonne estimation de l'intensité des précipitations (voir fig. 2d). R étant exprimé en mm/h et S en m^2 , nous avons obtenu $a = 8,67 \cdot 10^{-5}$ et $b = 1,7 \cdot 10^{-4}$ pour Sétif en janvier 2001.

4.4. Relation entre la réflectivité radar et l'intensité des précipitations

Les variations de la réflectivité des échos de précipitations ont été étudiées, demi-heure par demi-heure, à l'aide de diverses fenêtres d'analyse, à savoir 512×512 , 50×50 , 10×10 et 7×7 pixels.

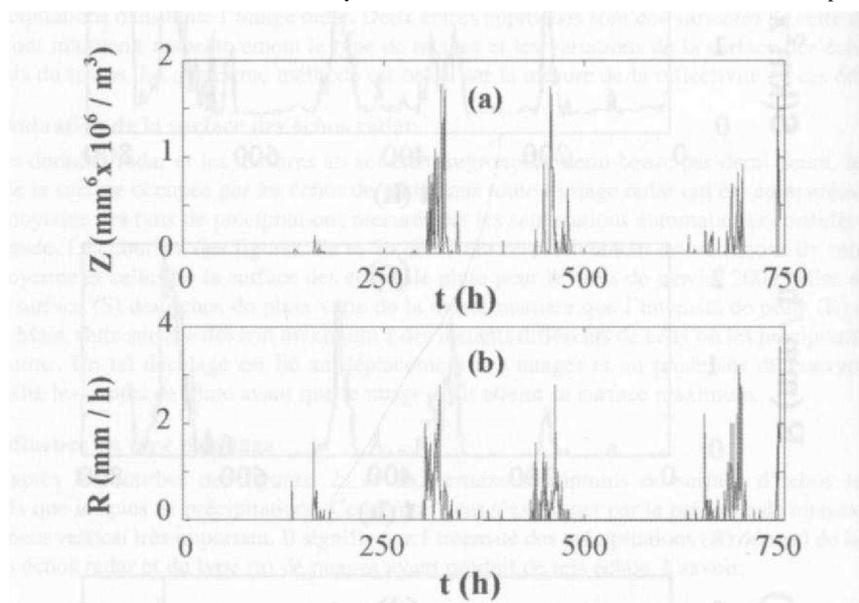


Figure 3 : Variations (a) du facteur de réflectivité (Z) et (b) de l'intensité de pluie (R) mesurée au sol, demi-heure par demi-heure, dans la région de Sétif pendant le mois de janvier 2001.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une fenêtre de 7×7 pixels. Comme l'indique la figure 3 pour le site de Tazmalt, les variations du facteur de réflectivité (Z) sont pratiquement identiques à celles de l'intensité de pluie mesurée au sol et les maximums de réflectivité coïncident avec les maximums de pluie. Il en est de même pour les six autres sites considérés dans cette étude. Cependant, les pics du facteur (Z) sont anormalement réduits dans certains cas. Une telle anomalie est probablement causée par le fait qu'au cours de son trajet entre le radar et la zone d'étude, le signal radar a traversé des régions de l'atmosphère où l'atténuation est devenue forte. La relation $Z = a R$, établie avec les données collectées en janvier 2001, montre que les chutes de pluies pendant ce mois, ont été causées par des nuages convectifs. En effet, pour Tazmalt on trouve que $a = 1,3$ et $b = 41$. Pour Beni Quartilane, on obtient $a = 1,4$ et $b = 500$.

Conclusion

Les méthodes exposées ci-dessus, ont permis d'évaluer toutes les demi-heures l'intensité des pluies recueillies dans la région sétifienne en janvier 2001. Les résultats obtenus montrent que le radar météorologique est capable de détecter en temps réel des champs de précipitations dans une région donnée et d'en apprécier leur importance. Les valeurs des paramètres a et b de la relation Z-R calculées au paragraphe 4.4, sont typiques de pluies produites par des nuages convectifs. De tels résultats sont comparables à ceux obtenus par d'autres méthodes telles que le calcul des aires fractionnelles ou l'ajustement probabiliste [Sauvageot, 1994, Sauvageot et Lacaux, 1995]. Ils forment une base de données utiles à l'étalonnage du radar de Sétif. Cependant, certaines améliorations pourraient être envisagées. Elles consisteraient notamment à augmenter le nombre de niveaux de réflectivité et à tenir compte de l'effet d'absorption atmosphérique.

Bibliographie

- DARRICAU, Y., 1993 : Physique et théorie du radar, Tome I et II, ed. Sodipe, Paris.
- SAUVAGEOT H., 1990 : Radar météorologie, ed. Dunod, Paris.
- SAUVAGEOT H., 1994 : The probability density function of rain rate and the estimation of rainfall by area integrals, /. *App. Meteor.*, 33, p. 1255-1262.
- SAUVAGEOT H. et LACAUX J.P., 1995 : The shape of averaged drop size distributions, /. *Atmos. ScL*, 52, p. 1070 -1083.
- STOUT J.E., MARTIN D.W. et SIKDAR D.N., 1979 : Estimating rate rainfall with geosynchronous satellite images, *Mon. Wea. Rev.*, 107, p. 585-598.