

SANAGA

Un système d'acquisition numérique et de visualisation des données radar pour la validation des estimations satellitaires de précipitations

par Henri SAUVAGEOT et Gilbert DESPAUX*

1. INTRODUCTION

Dans la zone tropicale, entre 30°N et 30°S, où tombent environ deux tiers du total de pluie mondiale, la chaleur latente libérée par les précipitations est la principale cause du réchauffement de l'atmosphère. La compréhension de la dynamique de la circulation atmosphérique et sa description par des modèles réalistes passe donc nécessairement par une mesure correcte des champs précipitants tropicaux. Celle-ci ne peut être obtenue autrement que par des méthodes satellitaires. Basées sur l'exploitation des données visibles, infrarouges et microondes, ces méthodes existent mais exigent, pour être développées et mises au point, l'aménagement de quelques sites d'étalonnage et de validation au sol, particulièrement en zone tropicale.

Ce besoin, notamment pour l'Afrique, est un leitmotiv de la communauté scientifique internationale concernée (cf. par exemple les conclusions de l'« International Workshop on Satellite Techniques for Estimating Precipitations » tenu en 1988 – compte-rendu publié dans *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 70, 1138).

De tels sites sont le plus aisément obtenus à l'aide d'un radar lui-même étalonné par quelques pluviographes. Or, il existe en Afrique de l'Ouest une quinzaine de radars météorologiques répartis tant sur la zone humide que la zone semi-aride au sud de 15°N (fig. 1). La plupart de ces radars sont en bande C ($\lambda = 5$ cm) donc utilisables pour les mesures hydrologiques (voir par exemple Sauvageot, 1982). Certains sont de construction récente, d'autres sont anciens et partiellement obsolètes. Aucun ne dispose, à notre connaissance, du dispositif d'acquisition numérique des données nécessaires pour réaliser les mesures.

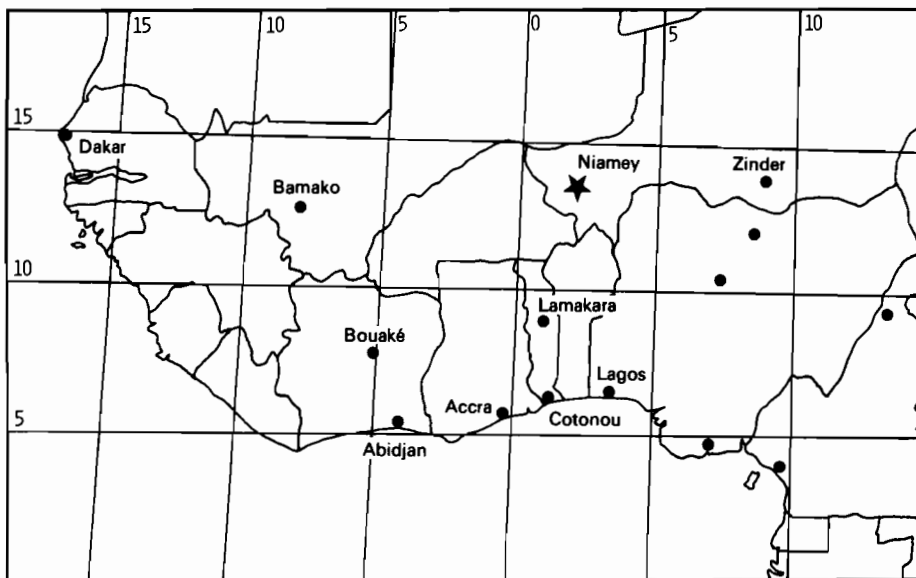


Figure 1. – **LOCALISATION DES RADARS MÉTÉOROLOGIQUES DE L'AFRIQUE DE L'OUEST.**
Le radar de Niamey est repéré par une étoile.

L'objet de cette note est de décrire sommairement le système SANAGA (acronyme de Système d'Acquisition Numérique pour l'Analyse des Grains Africains) développé, dans le cadre du programme EPSAT (Etude des Précipitations par SATellite), pour équiper le radar de Niamey (Niger). Ce dispositif peut être raccordé, pour la saisie et la visualisation des données, à un radar quelconque. Un exemple d'observation est donné en fin de note.

* Université Paul Sabatier de Toulouse – Observatoire Midi-Pyrénées – Laboratoire d'Aérodynamique.

2. HARDWARE AND SOFTWARE

Le système comprend essentiellement (fig. 2 et 3) un module câblé servant à un prétraitement des informations provenant du radar, un micro-calculateur et un logiciel. On peut lui adjoindre si nécessaire une unité périphérique servant d'écran déporté pour une utilisation à distance des données radar.

Le module câblé installé dans un petit boîtier autonome reçoit du radar le signal vidéo analogique, les signaux codés de site et d'azimut de l'antenne et la synchro de tir radar. Il réalise la numérisation sous 8 bits et le moyennage numérique du signal vidéo sur 64 impulsions radar (~ 26 échantillons indépendants), l'acquisition correcte des informations de site et d'azimut et élabore les signaux d'horloge nécessaires au bon séquençement de la prise de données. Celle-ci est faite par 512 portes en distance espacées de 250, 500 ou 1 km suivant le choix de l'échelle de distance. On numérise une dynamique de 80 dB en 240 niveaux par pas de 0,33 dB. Le module reçoit aussi une formation d'horloge du calculateur, utile pour la lecture.

Le micro-ordinateur utilisé est un Hewlett-Packard Q16 (compatible de type AT 386) travaillant à une fréquence d'horloge de 16 MHz. On dispose de 640 Ko de mémoire, d'une disquette de 5 1/4 pouces de 1,2 Mo, d'un disque dur de 40 Mo, de temps d'accès moyen de 28 ms, d'une unité de bande magnétique interne (streamer) de 40 Mo pour la sauvegarde utilisant des cartouches magnétiques de faible encombrement, d'une carte graphique et du moniteur couleur associé au standard VGA (640 x 480 points) en sortie graphique. La copie d'écran couleur est faite avec une imprimante graphique couleur.

Pour l'acquisition des données provenant du module câblé, on a incorporé au calculateur une carte d'interface utilisant la technique DMA (Direct Access Memory) Burr-Brown 20041C-3A.

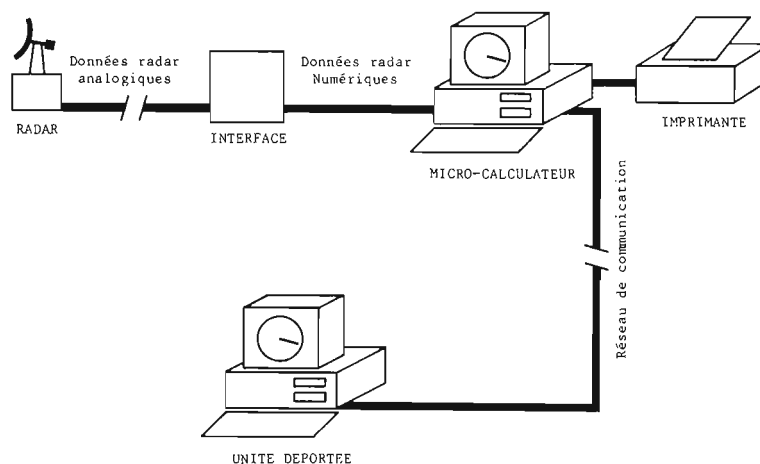


Figure 2. – **SCHÉMA-BLOC DU SYSTÈME SANAGA.**



Figure 3. – **LE SYSTÈME SANAGA** : de gauche à droite, le module d'interface et de numérisation, le micro-calculateur, l'imprimante.

Le système est géré par un logiciel interactif temps-réel écrit en langages turbo Pascal et Assembleur grâce auquel il réalise :

- l'acquisition et la correction des données radar, à savoir :
 - correction de distance en r^{-2} où r est la distance radar-cible,
 - correction d'atténuations dues au radôme protégeant l'antenne,
 - correction d'atténuation due à la pluie par une méthode itérative utilisant des relations spécifiques à la région d'étude,
 - changement de système de coordonnées ;
- la visualisation couleur des champs de-réflexivité radar représentés en mode PPI ou RHI, avec possibilité de manipulation d'images : choix d'échelle de distances 50, 100, 250 ou 400 km, agrandissement par 2, 4 ou 8, excentrement. On dispose d'un choix d'échelles de couleurs comportant au plus 15 niveaux ;
- la sauvegarde programmable sur disque dur de 40 images complètes (beaucoup plus lorsqu'il s'agit de champ de réflectivité ne couvrant qu'une partie du champ exploré) ;
- la sauvegarde par enregistrement des données radar numériques brutes sous forme compactée sur l'unité de bande magnétique (streamer) de capacité 40 Mo ;
- l'envoi d'images traitées vers un ou plusieurs calculateurs périphériques servant d'écrans déportés ;
- la copie de l'écran couleur sur papier par l'imprimante couleur ;
- en dehors des périodes d'acquisition, la relecture des images stockées sur le disque dur ou restaurées à partir de la bande magnétique.

Le poste périphérique est une extension du système, de caractère optionnel. Il est destiné à satisfaire la fonction de radar météorologique d'aéroport. Le poste périphérique est identique au poste principal et comprend les mêmes éléments (micro-calculateur, écran, imprimante). Il est installé dans la salle d'exploitation du service météorologique de l'aéroport. Les images utiles à la navigation aérienne, élaborées par le calculateur principal, lui sont transmises et sont stockées sur le disque dur. L'exploitant dispose d'un échantillonnage de 40 images PPI et RHI, rafraîchies régulièrement, décrivant la situation et son évolution au cours des heures passées. Il peut les utiliser pour visualiser sur l'écran couleur une animation des champs de réflectivité, en délivrer des tirages couleur sur papier. Pour le poste périphérique, on a choisi un calculateur identique au poste principal de façon à pouvoir l'utiliser en maintenance pour, le cas échéant, remplacer le poste principal si celui-ci est défaillant.

3. APPLICATION AU PROJET EPSAT

Le projet EPSAT a pour objectif le développement des méthodes d'estimation des précipitations à partir des données satellitaires (cf. Hoepfner et al., 1989). Sont particulièrement visées, les régions de l'Afrique soudano-sahélienne, à la limite des zones tropicales humides et sèches, où sévit depuis plusieurs années une sécheresse associée à une grande irrégularité des pluies, qui décourage les efforts de planification agricole. Le site d'étalonnage sol retenu pour EPSAT se situe autour de Niamey (Niger). Le dispositif instrumental développé à Niamey associe un réseau pluviographique sol (Thauvin et Lebel, 1989) et un radar bande C installé à l'aéroport (2°10'E, 13°28N). Il s'agit d'un radar EEC, type WR 100, option 5, dont les principales caractéristiques sont :

Fréquence	5.600 MHz ($\lambda = 5,4$ cm)
Puissance	250 KW
Récurrance	250 Hz
Largeur d'impulsion	2 μ s
Sensibilité du récepteur	- 102 dBm
Facteur de bruit	9 dB
Diamètre d'antenne (parabolique)	2,5 m
Ouverture à 3 dB	1,5°

L'ensemble formé du réseau pluviographique et du radar permet de réaliser des mesures de pluie dans un rayon de 120 km autour du radar. On considère qu'au-delà, en raison de leur imprécision, les données sont qualitatives.

Le radar est installé à environ 16 m de hauteur au-dessus du sol. La région est plate de sorte que les masques sont inexistantes et les échos de sol très faibles, même à site bas.

Dans la bande soudano-sahélienne, le principal type de système pourvoyeur de pluie est la ligne de grains

(Desbois et al., 1988). La figure 4 présente, à titre d'exemple de sortie graphique pouvant être obtenue en temps réel avec le système SANAGA, une ligne de grains observée le 20 août 1989 à Niamey. La partie *a* est un agrandissement (fonction zoom + excentrement d'image) d'une exploration panoramique (type PPI) à un angle de site de 0,8° obtenue à 08h01 (heure locale). Les marqueurs de distance sont espacés de 50 km. La partie *b* est une coupe verticale suivant l'azimut 90,4° (type RHI) obtenue à 08h34, qui montre l'extension verticale du système (~15 km) et révèle la présence d'une vaste enclume à l'avant de la ligne de convection. Elle permet de situer précisément la hauteur du niveau de fusion des précipitations à 5.800 m au-dessus du sol et le minimum de précipitation entre la partie convective et la région stratiforme (à environ 47 km du radar). Sur la figure 4, les échos correspondant à des intensités de pluie inférieures à 1 mm h⁻¹ ne sont pas représentés. La quantité représentée est le facteur de réflectivité radar (*Z*) exprimé suivant une échelle logarithmique dont l'unité est le dBZ (Z en dBZ = $10 \log Z$ en mm⁶m⁻³). L'image originale donnée par SANAGA est codée en 15 niveaux de couleur. Il est possible d'utiliser aussi une échelle de gris plus commode pour la reproduction.

Pour corriger les effets d'atténuation par la pluie, le logiciel utilise des relations entre facteur de réflectivité *Z* et intensité de précipitation *R* développées à la suite d'une campagne d'étude de la distribution granulométrique des gouttes de pluie dans les lignes de grains africains (Chamsi et Sauvageot, 1989). Pour les intensités *R* supérieures à 10 mm h⁻¹, la relation utilisée est :

$$Z = 411 R^{1.33}$$

où *Z* est en mm⁶m⁻³ et *R* en mm h⁻¹.

4. CONCLUSION

L'intérêt du système d'acquisition-visualisation SANAGA est de permettre pour un coût réduit de mettre les radars anciens au niveau d'instruments modernes de mesure hydrologique.

Il peut aussi être utilisé pour l'acquisition des données sur les radars récents dépourvus de moyens de saisie et d'archivage.

Le système peut, après l'acquisition, être employé pour un premier niveau d'exploitation des données au laboratoire allant jusqu'au calcul de champs précipitants corrigés par les données du réseau pluviographique.

Il accroît la fiabilité du radar et allège les coûts et les difficultés de maintenance puisqu'il remplace les modules de visualisation conventionnels.

Enfin, dans le cas d'une utilisation dans un réseau de plusieurs radars, il facilite les échanges de données entre équipes puisque, si le module d'interfaçage est spécifique à un radar, le logiciel d'élaboration de l'image ne l'est pas. Il est d'ailleurs envisagé d'équiper en 1990 deux autres radars en Afrique de l'Ouest avec un tel système. Dans cette perspective, diverses améliorations du logiciel sont en cours d'étude.

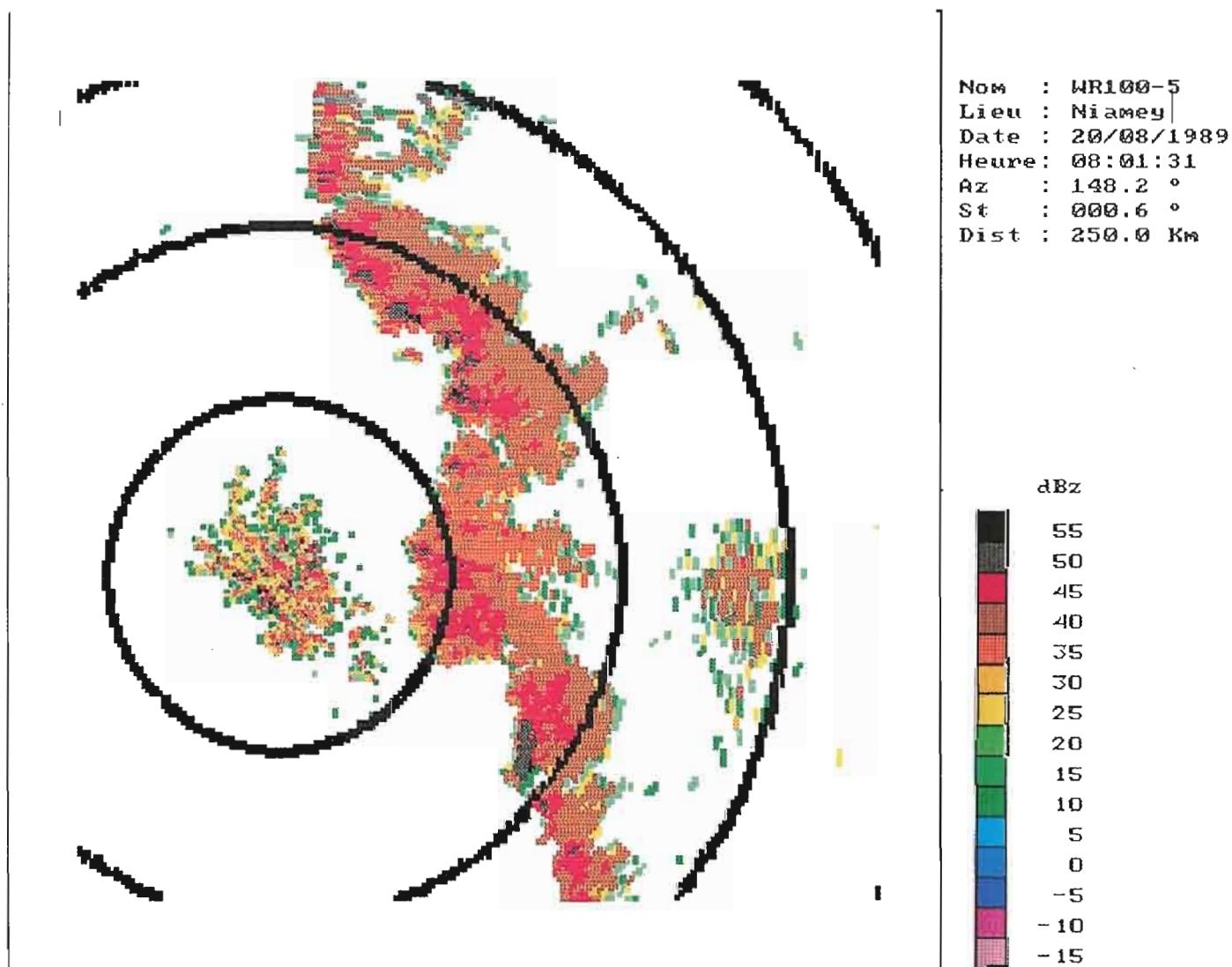
REMERCIEMENTS

Le système SANAGA a été développé grâce à un contrat du ministère de la Coopération et du Développement. L'exploitation du radar de Niamey, pour la saisie des données EPSAT, est conduite dans le cadre d'une collaboration entre l'ASECNA, la Météorologie Nigérienne, l'ORSTOM et l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

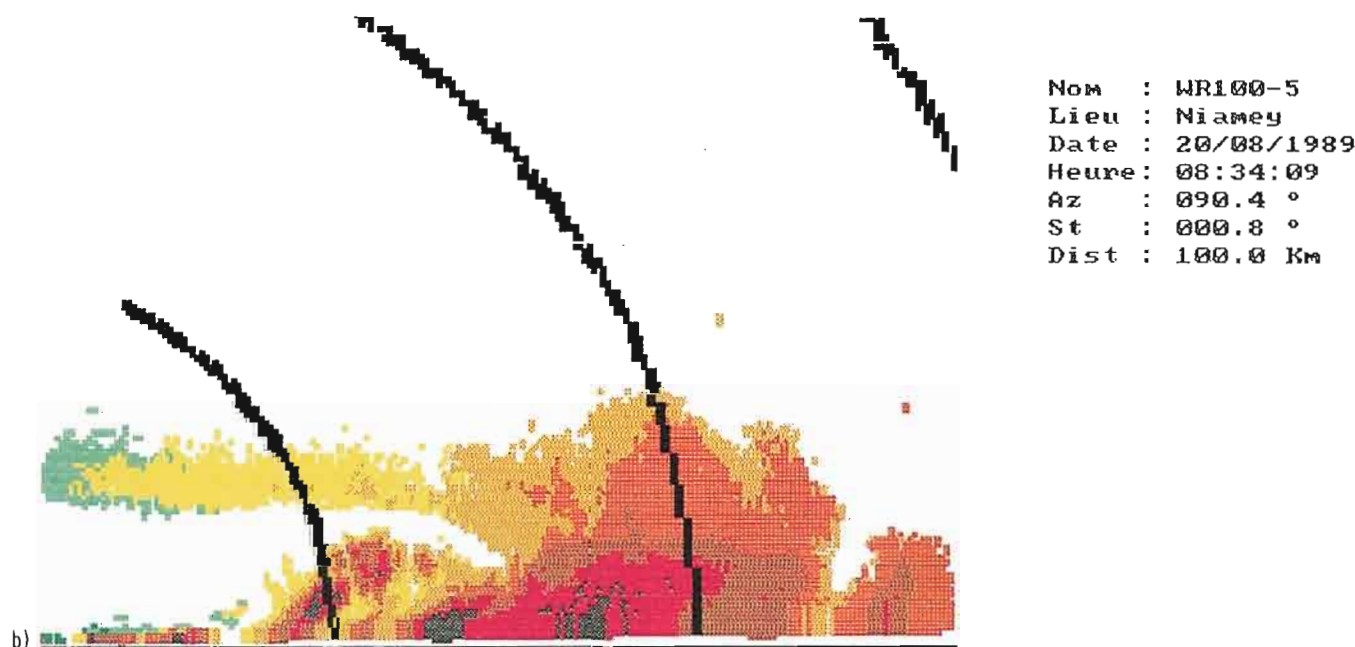
L'observation de la figure 4 a été faite par Ch. Roux, de l'ORSTOM.

RÉFÉRENCES

- CHAMSI N. et SAUVAGEOT H., 1989. – Variabilité spatio-temporelle des paramètres de la relation Z-R dans les lignes de grains tropicales. *Veille Climatique Satellitaire* n° 27, ORSTOM/CMS, Lannion, 16-18.
- DESBOIS M., KAYIRANGA T., GNAMIEN B., GUESSOUS S. and PICON L., 1988. – Characterization of some elements of the sahelian climate and their interannual variations for July 1983, 1984 and 1985 from the analysis of Meteosat ISCCP data. *J. of Clim*, 1, 867-904.
- HOEPPFNER M., LEBEL T. and SAUVAGEOT H., 1989. – EPSAT Niger : a pilot experiment for rainfall estimation over West Africa. In *Precipitation Measurement*, ed. Boris Sveruk, ETH Zentrum, Zurich, 251-258.
- THAUVIN V. and LEBEL T., 1989. – EPSAT Niger : study of rainfall over the Sahel at small time steps using a dense network of recording raingauges. In *Precipitation Measurement*, ed. Boris Sveruk, ETH Zentrum, Zurich, 259-266.
- SAUVAGEOT H., 1982. – *Radarmétéorologie*, Eyrolles, 296 p.



a)



b)

Figure 4. – **CHAMP DE VALEUR DU FACTEUR DE RÉFLECTIVITÉ RADAR DONNÉ EN TEMPS RÉEL PAR LE SYSTÈME SANAGA POUR LA LIGNE DE GRAIN DU 20 AOÛT 1989 A NIAMEY (NIGER).**

- a) Panoramique pour un angle de site de 0,8°. Les marqueurs sont espacés de 50 km. Près de l'origine, on trouve quelques échos de sol.
- b) Coupe dans le sol vertical, vers l'Est. Les marqueurs sont espacés de 20 km.

Sauvageot H., Despaux G. (1989).

SANAGA : un système d'acquisition numérique et de visualisation des données radar pour la validation des estimations satellitaires de précipitations.

Veille Climatique Satellitaire, (30-31), 51-55.

ISSN 1144-2026