

METEOROLOGIE NATIONALE  
CENTRE DE METEOROLOGIE  
SPATIALE LANNION

Ministère des Relations Extérieures — Coopération et Développement

# VEILLE CLIMATIQUE SATELLITAIRE

METEOROLOGIE NATIONALE CMS LANNION - GOES W - VISIBLE 05/04/1986 17H00 TU



*18* 4592(d)  
64 JUL. 1986

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B\*16984

Ex: *unseen*

*à* B\*16991



# CONVECTION INTERTROPICALE ET PLUVIOMETRIE

## Essai de mise en relation pour l'Afrique de l'ouest du 11 mai au 20 août 1985

par J.P. LAHUEC \*\*

B. BELLEC \*, D. DAGORNE \*\*, B. GUILLOT \*\*, A. NOYALET \*, C. SOULABAIL \*

Dans le cadre du programme Veille Climatique Satellitaire l'antenne ORSTOM et le CMS de Lannion tentent de mettre sur pied un projet de surveillance des amas convectifs dont l'ambition finale est d'aboutir à une meilleure connaissance de la répartition des pluies en Afrique de l'ouest, à partir des données satellitaires.

Dans cette optique, un premier essai a été effectué du 11 mai au 20 août 1985 par utilisation d'un algorithme simple appliqué aux images infra-rouge thermique fournies par Météosat II. Les objectifs, les méthodes employées et les premiers résultats ont déjà fait l'objet de publications dans la Veille Climatique Satellitaire (bulletin n° 3 p. 18 à 22, bulletin n° 8 p. 17 à 22, bulletin n° 9 p. 23 à 25). Nous n'en ferons qu'un bref rappel avant d'en tester la pertinence et l'efficacité en examinant, de manière plus approfondie, les relations entre la pluviométrie et les occurrences de nuages convectifs à sommet froid.

### I. - RAPPEL

#### 1.) Le champ d'occurrences de nuages à sommet froid

Le principe de l'opération repose sur la distinction des nuages à sommet froid à partir de l'utilisation d'un seuil de température radiative fixé, après différents essais, à  $-40^{\circ}\text{C}$  (1). Tout nuage, dont le sommet est à une température égale ou inférieure à ce seuil est réputé faire partie d'une cellule convective pluvio-gène. L'opération présente un intérêt dans la mesure où il est communément admis que 90 à 95 % des pluies en Afrique soudano-sahélienne sont générées par des amas convectifs.

« Le traitement consiste donc à rechercher dans les images les comptes numériques correspondant à la température de chaque pixel et à comptabiliser les résultats sur une matrice en lignes et points, en attribuant la valeur 1 en cas de présence de nuages à sommet froid (température  $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ) et la valeur 0 dans le cas contraire. Des sommes peuvent être ainsi effectuées par décade, par mois et pour la saison, créant ainsi des champs qui équivalent à une statistique des fréquences d'apparition de nuages convectifs » (2).

La photo publiée dans le n° 9 de Veille Climatique Satellitaire (p. 25) représente le champ d'occurrences de nuages à sommet froid pour la période du 11 mai au 20 août 1985. Les dates ne recouvrent qu'imparfaitement la durée de la saison des pluies en zone soudano-sahélienne (mai à septembre). Elles nous ont été imposées par des impératifs opérationnels tout comme l'a été le nombre d'images traitées tous les jours : 5 images IR à 9 h, 12 h, 15 h, 18 h et 24 h TU. Compte tenu du développement rapide des systèmes pluvio-orageux, il est évident que le taux d'observation gagnerait à être amélioré. Néanmoins, la suite de cet article montre que le rythme adopté recouvre une réalité tangible quand on compare le champ d'occurrences obtenu sur l'ensemble de la période (3) au champ pluviométrique correspondant.

\* Centre de Météorologie Spatiale de Lannion.

\*\* Antenne ORSTOM/CMS

(1) Essais effectués par BELLEC B. et NOYALET A. nephanalystes au CMS.

(2) BELLEC B., GUILLOT B., NOYALET A. Veille Climatique Satellitaire n° 8, page 20.

(3) 102 jours, 447 images traitées sur un total possible de 510.



## 2.) Le champ pluviométrique (figure 1)

Le champ pluviométrique a été obtenu à partir de données décennales transmises par Agrhymet, par l'ASECNA de Dakar, via le CRODT, et par les services nationaux de certains pays (Gambie, Togo, Mali). Ce réseau est toutefois incomplet, puisqu'il manque les données des pays anglophones en général et de quelques pays francophones (Guinée, Gabon, Congo). Ces manques sont très regrettables notamment au Ghana et au Nigéria. Dans ce dernier pays, en particulier, on aurait aimé comparer la pluviométrie aux forts gradients observés entre le Plateau de Jos et l'Adamaoua.

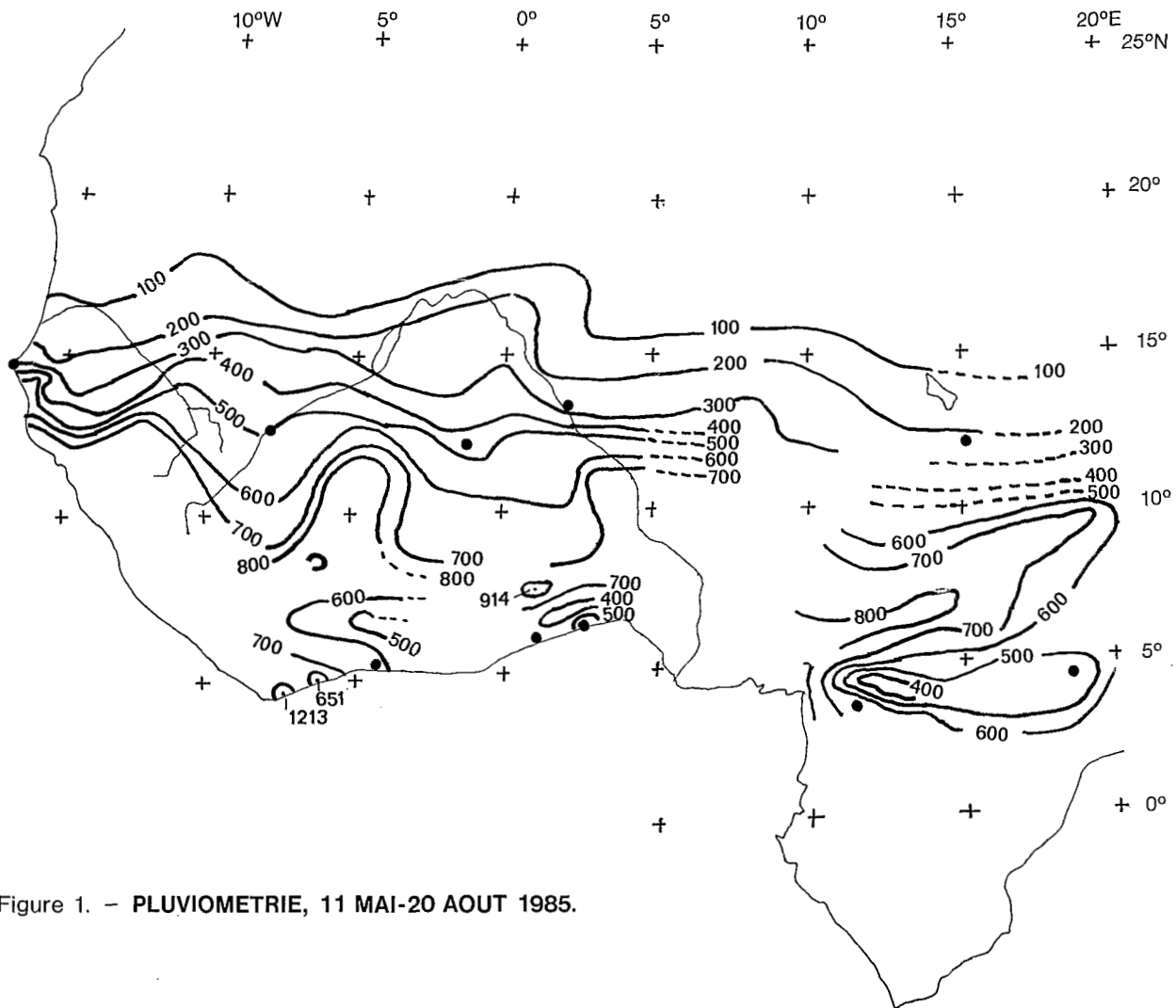


Figure 1. - PLUVIOMETRIE, 11 MAI-20 AOUT 1985.

## II. - COMPARAISON DU CHAMP PLUVIOMETRIQUE ET DU CHAMP D'OCCURRENCES

### 1.) Généralités

A partir du cumul des occurrences pendant les dix décades étudiées (V.C.S. n° 9, p. 25), il a été dressé une carte des isocontours d'occurrences de nuages à sommet froid après lissage des données sur Péricolor 2000 (Figure 2).

La comparaison des figures 1 et 2 montre une adéquation relativement bonne entre pluviométrie et occurrences de nuages froids en ce sens que les courbes de niveau dessinent, à quelques exceptions près, les mêmes thalwegs, les mêmes sommets, les mêmes zones à fort gradient.

On remarque en effet sur les deux documents :

- une légère remontée vers le nord des isocontours le long de la côte du Sénégal, suivi d'un thalweg assez prononcé, en ce qui concerne les occurrences tout au moins, de Diourbel à Podor ;
- un fort gradient à la frontière sud de Sénégal de Ziguinchor à Kédougou ;
- une vallée nettement marquée entre les méridiens 9°5 et 7°5 (Nara, Bamako, Odienné) ;
- un sommet au sud-est du Mali et au sud-ouest du Burkina Faso ;

- une très large vallée entre 1° ouest et 4° est (carte des occurrences), entre 3° ouest et 3° est (carte des isohyètes). Cette vallée englobe le Togo et le Bénin. L'adéquation entre les cartes est cependant nettement moins bonne au sud de ces deux pays dans la mesure où les fortes variations de pluviométrie entre Lomé (420 mm), Tabligbo (382,5 mm), Atakpamé (914,5 mm) d'une part, Cotonou (549,4 mm), Bohicon (380,1 mm) et Savé (727 mm) d'autre part, n'apparaissent nullement sur la carte des occurrences ;

- un décrochement vers le sud aux abords du lac Tchad ;

- des séquences légèrement décalées mais très comparables de l'Adamaoua et de son versant sud avec des gradients très élevés (variation du simple au double en nombre d'occurrences et en pluviométrie).

Sur la carte des isocontours d'occurrences, la séquence Adamaoua-plateau de Jos apparaît non moins remarquable avec la dépression de la Bénoué très bien dessinée. De même, sur cette carte, le massif guinéen se trouve lui aussi remarquablement sculpté. Le dessin des isocontours laisse deviner la pénétration continentale des vents de mousson depuis l'océan (eaux chaudes en permanence au large des côtes guinéennes à cette époque de l'année) jusqu'au nord-ouest de Bamako. Malheureusement pour la Guinée et la Nigéria nous n'avons aucune donnée pluviométrique pour l'année 1985. Cette reconnaissance du bloc guinéen nous conduit néanmoins à un découpage de l'Afrique en zones d'influences dont les limites apparaissent très nettement sur la carte des isocontours.

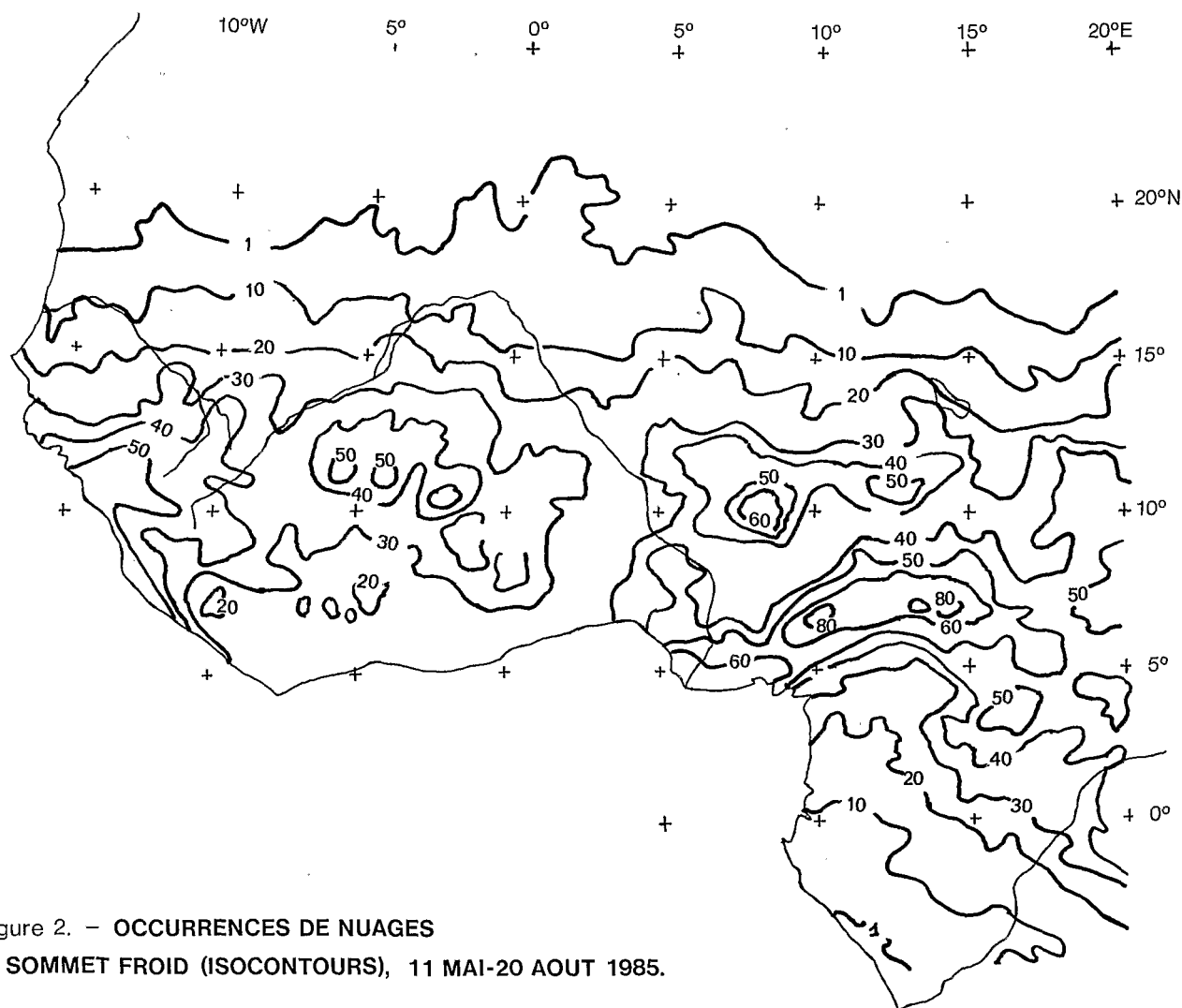


Figure 2. - OCCURRENCES DE NUAGES  
A SOMMET FROID (ISOCONTOURS), 11 MAI-20 AOUT 1985.

## 2.) Les ensembles régionaux

La carte des isocontours fait ressortir cinq ensembles régionaux nettement distincts :

- l'Afrique « sahélienne » au nord de 12°-13° nord ;
- le bloc guinéen, déjà cité ;
- la boucle du Niger au sud de 12° nord ;
- l'Afrique que l'on peut qualifier de « Nigériane » et dont les contours sont sensiblement quadrangulaires (de 5° est à 15° est, de l'équateur à 12° nord) ;

– le sud de la région étudiée (sud Cameroun, Gabon, Congo) avec une organisation des contours grossièrement parallèle à la côte et où l'on reconnaît les influences australes (saison sèche durant la période étudiée).

Cette différenciation en ensembles sous-régionaux laisse deviner la plupart des éléments moteurs de la répartition des pluies dans cette partie de l'Afrique. On reconnaît en effet le rôle de la température de la mer, (les blocs guinéens et nigériens : eaux chaudes), l'effet côtier, l'effet du relief, l'effet latitude ou de mousson... A tous ces facteurs, il faut en ajouter un autre, moins évident, qui est celui des conditions de circulation générale propres à la saison des pluies 1985 (fluctuations du FIT et pénétration de masses d'air maritime, fréquence des ondes d'est, etc.).

La naissance et le développement de systèmes pluvio-orageux sont une manifestation du jeu de l'ensemble de ces facteurs tandis que la pluviométrie au sol en est la résultante finale mesurable. Le rapport pluviométrie/ nombre d'occurrences de nuages à sommet froid doit donc posséder, par essence, pourrait-on dire, une signification autre que localisée ou aléatoire. C'est pourquoi nous avons cartographié ce quotient pour l'ensemble des stations du réseau synoptique possédant une série complète de données pluviométriques du 11 mai au 20 août.

Il faut bien reconnaître cependant qu'une telle démarche présente de nombreux risques liés à son côté empirique, au nombre d'images traitées très limité par rapport au nombre d'images théoriquement possible, à l'instabilité qui caractérise un passage pluvio orageux. Chacun sait, en effet, qu'un orage isolé ou une ligne de grain libère une quantité de pluies éminemment variable dans l'espace. Il peut donc sembler à première vue tout à fait paradoxal de vouloir combiner pluviométrie et nombre de passages pluvio orageux en un point donné pour en retirer un algorithme de distribution des pluies utilisable dans une région donnée. Hormis quelques résultats aberrants, cette démarche effectuée à l'échelle de la saison permet pourtant de mettre en évidence des cohérences régionales assez étonnantes.

### III. – LE RAPPORT PLUVIOMETRIE/NOMBRE D'OCCURRENCES. – L'expression de cohérences régionales (figure 3).

Nous avons donc construit une donnée tout à fait artificielle, qui est la quantité moyenne en mm de pluie d'un nuage à sommet froid répertorié entre le 11 mai et le 20 août 1985 dans les stations du réseau synoptique. Par commodité ce quotient sera appelé PCb (Pluie moyenne par cumulonimbus, exprimée en mm) dans la suite de l'exposé.

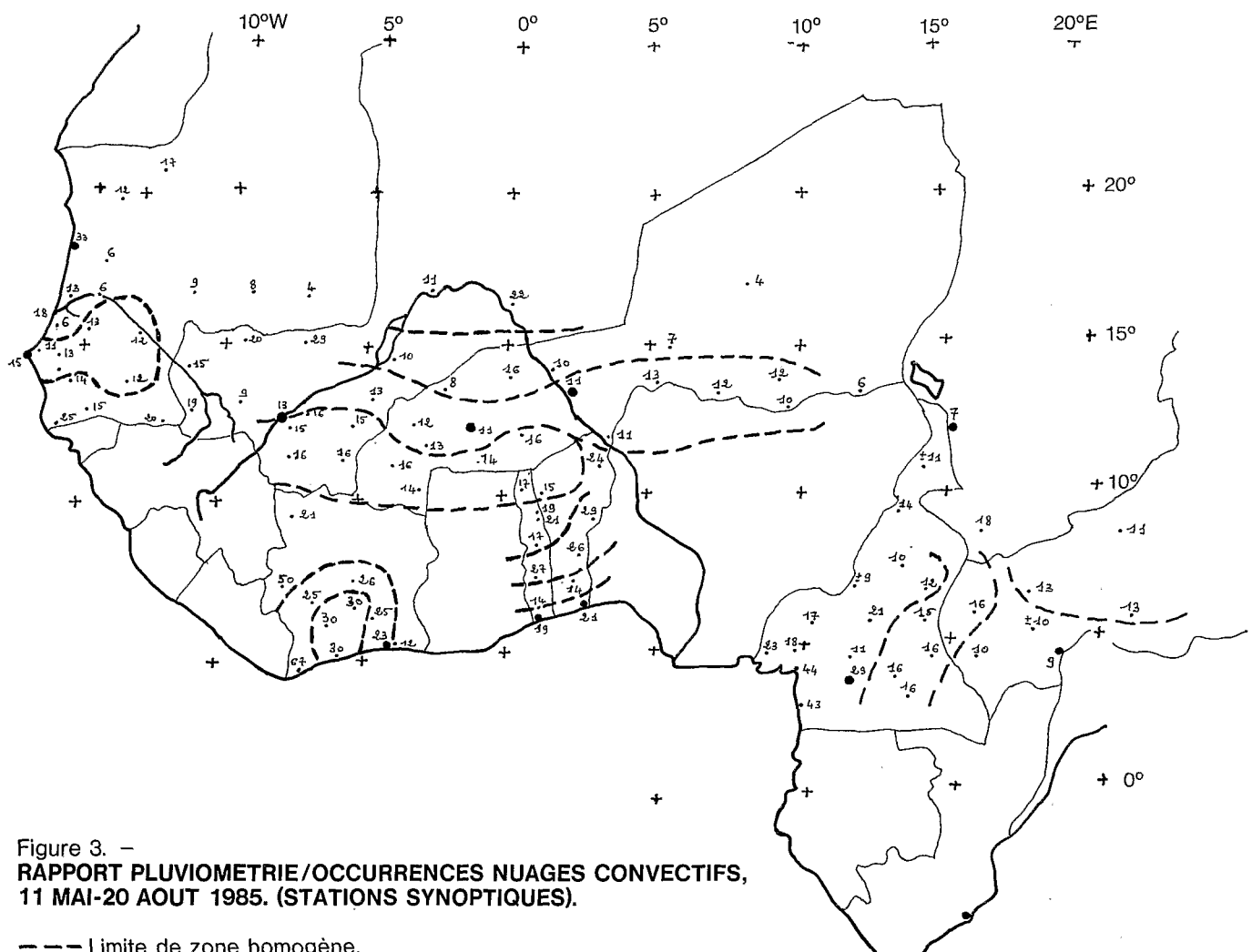


Figure 3. –  
**RAPPORT PLUVIOMETRIE/OCCURRENCES NUAGES CONVECTIFS,  
 11 MAI-20 AOUT 1985. (STATIONS SYNOPTIQUES).**

--- Limite de zone homogène.

Une première constatation s'impose : la plupart des PCb présentent une relation très proche avec leurs voisins immédiats. On peut donc parler de cohérence régionale pour un grand nombre d'aires :

1.) **le nord et le centre du Sénégal** : PCb compris entre 11 et 14 (exception faite de Kaolack) ;

2.) **le sud du Sénégal** ;

3.) **le sud de la Côte d'Ivoire**, où l'on reconnaît 2 auréoles, l'une au sud ouest (PCb = 30 pour trois stations), l'autre, concentrique (PCb = 23 à 26 pour 4 stations). 3 stations sont cependant aberrantes (San Pedro : PCb = 67, Man : 50 et Adiaké pourtant très proche d'Abidjan : 12).

L'absence de séries pluviométriques complètes sur les stations du nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo-Ferkessedougou-Bondoukou) nous interdit de compléter le schéma de régression (logique) de PCb du sud vers le nord est.

4.) **le Mali et le Burkina Faso, le Niger.**

**C'est dans cette région que le PCb offre le maximum de cohérence spatiale. Du sud vers le nord, trois bandes se distinguent :**

a.) **au sud, la bande soudanienne**, de Bamako à Koutiala et de Fada N'Gourma à Natitingou (nord Bénin), soit une bande de 200 à 300 km et de 1.000 km de long, dans laquelle les PCb varient entre 14 mm et 16 mm. La corrélation pluies-occurrences de nuages convectifs est très forte ( $R = 0,98$ , (10 couples de valeur) (cf. figure 4). A titre d'exemple, nous faisons ressortir le cas de Sikasso (11°21 nord, 5°41 ouest et de Fada N'Gourma (12°21 nord-0°22 est). Le PCb, identique (16 mm), repose sur des pluviométries et un nombre d'occurrences différents (Sikasso 835,7 mm de pluie pour 54 occurrences, Fada N'Gourma 534,9 mm de pluie pour 39 occurrences).

b.) **au centre, la bande soudano-sahélienne**, zone moins large (1°5 en moyenne du nord au sud) dans laquelle toutes les stations présentent un PCb compris entre 11 et 13. Cette bande s'étire de Bamako jusqu'à Zinder au Niger, soit sur près de 2.000 km.

La corrélation pluviométrie-occurrence est ici de 0,96 pour 9 couples de valeur.

c.) **au nord**, on reconnaît l'ébauche d'une bande sahéenne comprenant les stations de Mopti, Ouahigouya, Tillabery qui s'inscrivent dans un intervalle compris entre 8 et 10 mm. Dori, situé à la même latitude est un cas aberrant dans ce contexte. Son PCb (16 mm) et sa pluviométrie nettement excédentaire en 1985 (cf Bulletin n° 9) en font une exception et le rattachent à l'aire du sud du Burkina Faso.

Plus au nord, Gao, avec un PCb de 22 mm est un cas d'exception caractéristique des stations les plus septentrionales, dans lesquelles les épisodes pluvio-orageux sont rares et où une pluie diluvienne exceptionnelle localisée peut modifier considérablement les PCb. (C'est aussi le cas des stations de Mauritanie : Nouakchott, Zouérate...).

- **Au Togo et au Bénin**, on reconnaît également une amorce de cohérence spatiale fondée sur l'effet côtier, la latitude et le relief. Le manque de données de part et d'autre empêche toutefois de développer la relation.

- **A l'est**, le commentaire souffre du même mal, mais on observe néanmoins une cohérence entre les PCb, du fond du Golfe de Guinée à N'Djamena et de Kribi à N'Dele. Outre la diminution des PCb le long de ces deux axes, on constate qu'ils s'organisent en sous-ensembles dont les plus caractéristiques sont :

- **la partie centrale du Centrafrique**  
(PCb = 11-13 mm) ;

- **le sud-ouest du Centrafrique**  
(PCb = 9 et 10 mm) ;

- **le centre-sud du Cameroun et l'ouest du Centrafrique**  
(PCb = 15 et 16 mm).

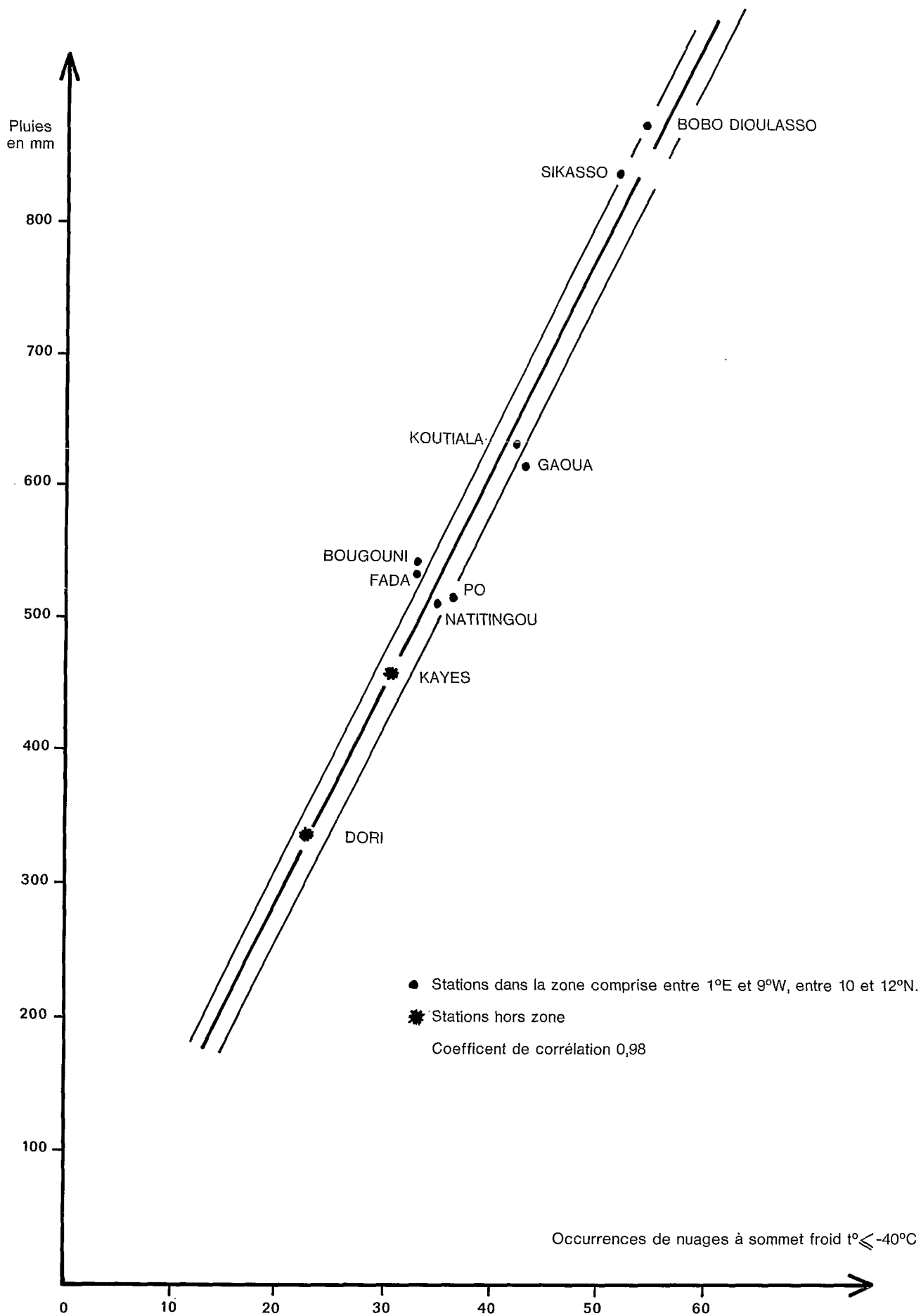


Figure 4. - RELATION PLUIE - OCCURRENCES DE NUAGES A SOMMET FROID, 11 MAI-20 AOUT 1985.



## CONCLUSION

La conclusion s'impose d'elle-même. La démarche utilisée permet, dans le cas de cette expérience menée du 11 mai au 20 août 1985, de repérer des aires homogènes. Chacune d'elles est définie par une quantité moyenne de pluie tombée à chaque passage de nuages convectifs, indépendamment du nombre des nuages répertoriés. On en déduit que le taux d'échantillonnage des images traitées est correct et que le réseau de stations synoptiques utilisé est suffisamment dense par endroits pour valider ces valeurs moyennes. Bien entendu la précision augmentera avec une amélioration de l'algorithme de traitement, l'augmentation du nombre d'images traitées et de stations prises en compte. Dès lors, on imagine l'intérêt de cette démarche pour d'autres disciplines, telles que l'agronomie ou l'hydrologie, fondamentalement intéressées par le calcul des pluies tombées sur tel ou tel terroir ou sur tel bassin versant. Moyennant le développement d'une approche mathématique, ce calcul semble désormais possible au vu des résultats exposés ci-dessus.

A un échelon régional plus vaste, la reconnaissance des aires d'influences présente également un intérêt évident et mériterait un développement plus important. Pour le moment, on se contentera de rapprocher ces résultats des conclusions développées par S. Janicot dans son « Analyse spatiale temporelle du champ de précipitations annuelles sur l'Afrique de l'ouest et l'Afrique Centrale » (4). L'auteur analyse le champ des précipitations annuelles et cherche à « mesurer la cohérence de zones dans leurs variations respectives » à partir d'une longue série de données, dont la plus ancienne date de 1854, et la plus récente de 1974.

Ce faisant, il aboutit à une classification en aires homogènes et inhomogènes qui n'est pas sans rappeler la zonation effectuée à partir de la carte des isocontours d'occurrences de nuages convectifs. En effet, l'auteur distingue l'Afrique soudano-sahélienne au nord de 10° nord entre le lac Tchad et environ 13° ouest, une « région située entre le parallèle 10° nord, la côte guinéenne et 10° est, la région située au sud de l'équateur entre la côte et 20° est sont classées zones homogènes. Par contre, la région située au nord de l'équateur et comprise entre 10° est et 20° est, est classée zone inhomogène.

S. Janicot note que la forte homogénéité spatiale de la zone nord « s'effrite quand on approche de la zone atlantique ». Au regard de la carte des isocontours d'occurrences, on remarque que cette limite correspond à l'endroit où les influences du Golfe de Guinée perturbent les influences orientales liées au passage des lignes de grains.

En définitive, l'opération de comptage des nuages convectifs à partir des images infra-rouge thermique déborde le cadre de l'estimation des pluies. Elle ouvre en réalité sur une « géographie de la convection profonde ». Dans ce contexte la nécessité d'obtenir les données pluviométriques de la Nigéria, du Ghana et des pays de la côte guinéenne devient de plus en plus impérieuse.

---

(4) JANICOT S. *Analyse spatio-temporelle du champ de précipitations annuelles sur l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique Centrale. Veille Climatologique Satellites n° 10, novembre 1985, p. 32 à 44.*