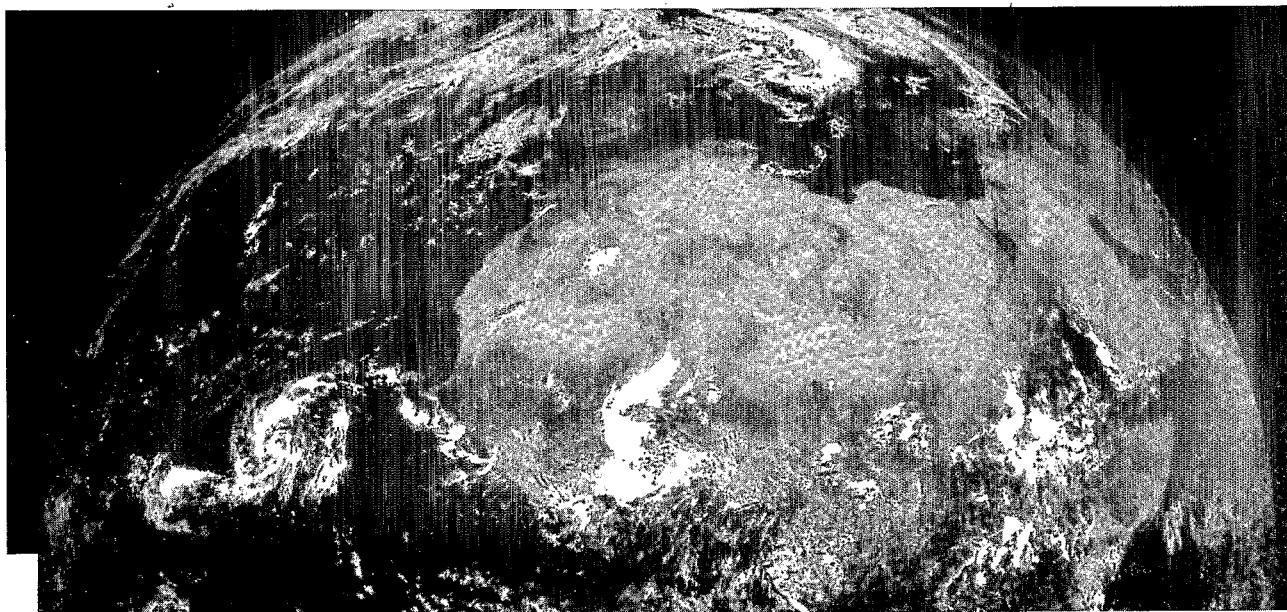


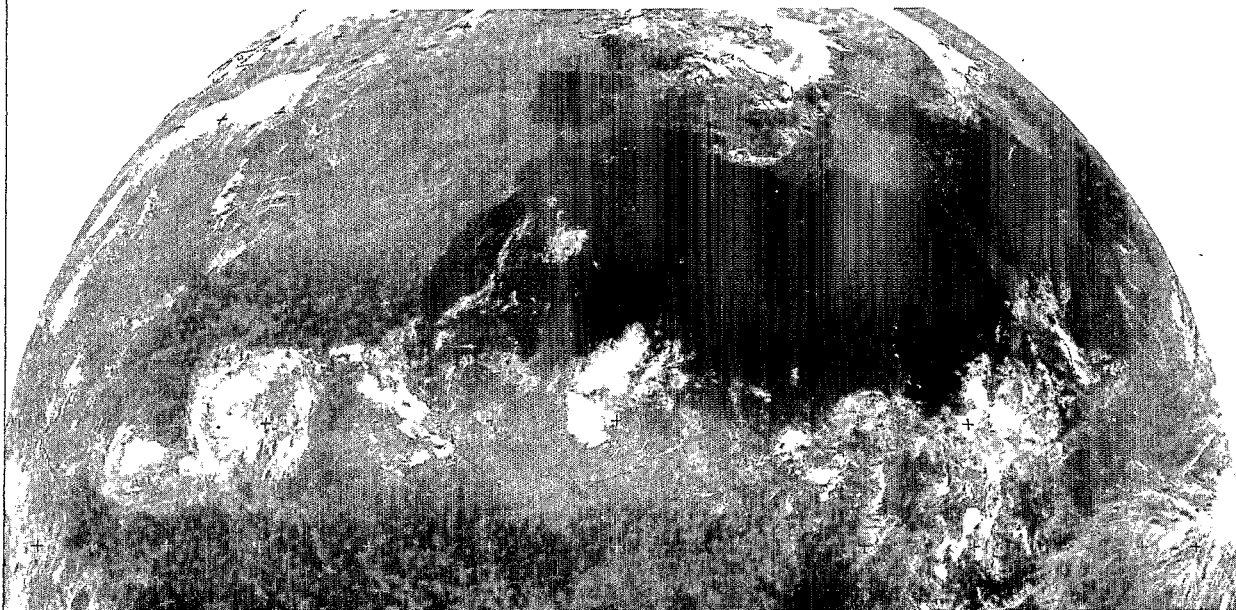
Ministère de la Coopération

VEILLE CLIMATIQUE SATELLITAIRE

METEOROLOGIE NATIONALE CMS LANNION - METEOSAT 4 - Canal VIS - 05/09/90 - 12 h 00 UTC

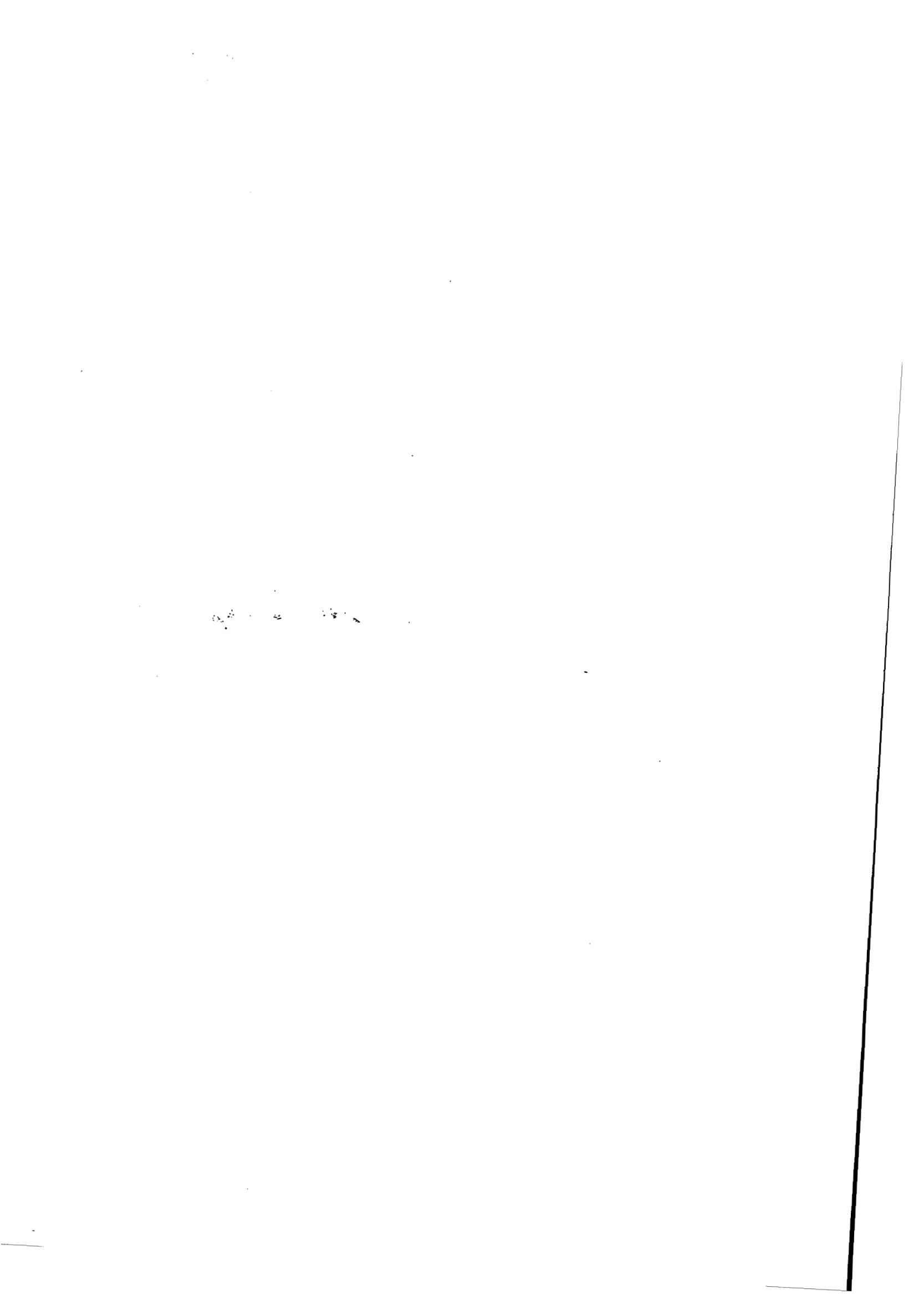


METEOROLOGIE NATIONALE CMS LANNION - METEOSAT 4 - Canal IR - 05/09/90 - 12 h 00 UTC



B*14432 à 434 ex 1

B*14432, 33, 34 ex 1



CONVECTION, RELIEF ET PLUVIOMÉTRIE AU CAMEROUN EN MARS ET OCTOBRE

par M. TSALEFAC* et D. DAGORNE**

INTRODUCTION

L'antenne ORSTOM de Lannion élabore depuis 1986 des fichiers de nuages froids pour l'ensemble de la zone tropicale vue par Météosat. Est considéré comme nuage froid, tout nuage dont la température de sommet est égale ou inférieure à moins 40° C. Cette discrimination est opérée à partir des images infrarouge thermique Météosat grâce à une technique de seuillage décrite dans le bulletin n° 8 de Veille Climatique Satellitaire (Bellec et al., 1985). Le traitement porte sur 24 images par jour, sélectionnées à un rythme horaire, et il est effectué par périodes de 5 jours. Les fichiers horaires ainsi réalisés servent à l'élaboration des synthèses pentadaires, décadaires mensuelles... etc., selon les besoins des utilisateurs. Chaque fichier contient donc le nombre de nuages à sommet froid comptabilisé à la résolution du pixel, et donne lieu à l'élaboration d'une carte. La comparaison de ces cartes autorise un suivi qualitatif de la saison des pluies en Afrique dès lors que la majorité des précipitations provient des nuages d'orage de type cumulonimbus détectés par le seuillage.

L'examen des cartes a permis de mettre en évidence non seulement l'influence du relief sur l'intensité de la convection (Guillot et al., 1988), mais également la coïncidence entre une convection de faible intensité et l'avancée des savanes vers le sud. Le cas du V Baoulé en est le meilleur exemple, mais nous pouvons également citer le cas des savanes ghanéennes, togolaises et béninoises atteignant le littoral.

Nous avons pour notre part voulu explorer le cas du Cameroun, où nous retrouvons des phénomènes comparables, avec des intensités de la convection mettant en jeu le relief et la végétation. Pour cela nous avons choisi d'étudier la convection en mars et en octobre, deux mois précurseurs, l'un de la saison des pluies, l'autre de la saison sèche. L'intérêt de ce choix réside surtout dans le fait que la couche d'air humide de mousson n'est pas très épaisse et que, par conséquent, le jeu des facteurs locaux, orographiques et autres, est facile à mettre en évidence. Les documents de base utilisés sont les cartes moyennes de convection établies sur quatre ans pour les mois de mars et d'octobre respectivement. La superposition du trait de côte est réalisée grâce au logiciel Triskel élaboré par D. Dagorne (1988). Les coupes sont réalisées sur Pericolor.

Nous examinerons donc les principales caractéristiques des champs convectifs de mars et d'octobre, avant d'analyser les correspondances avec les champs pluviométriques.

* Université de Yaoundé (Cameroun) et UR 909/Dijon

** ORSTOM, Lannion



1. LE CHAMP CONVECTIF MOYEN EN MARS (fig. 1)

La ceinture de plus fortes occurrences de nuages à sommet froid (12-25 %) passe par la plaine de Mamfe, suit l'escarpement méridional des hautes terres de l'ouest avant de s'enfoncer beaucoup plus au sud à partir de la longitude de Yaoundé – Sangmélina jusqu'à 2,5-3° N. Elle ne remonte à 3,5-4°N qu'à la longitude de Moloundou Yokadouma. Les plus fortes intensités convectives correspondent aux versants sud/sud-ouest du Mont-Cameroun et à l'extrême sud-ouest du pays (bas plateaux côtiers de Kribi). On reconnaît là une fidèle adaptation de la convection aux principaux obstacles orographiques et notamment aux reliefs et escarpements côtiers qui bordent les plateaux de l'intérieur. L'orientation générale N-S du trait de côte se conjugue aux escarpements et reliefs précités pour déterminer l'allure subméridienne des amas convectifs sur toute la côte camerounaise. Dès que s'estompe cette double influence, la bande de forte convection tend à devenir zonale, comme en Afrique occidentale avec toutefois cette différence que les amas convectifs générés par la masse d'air équatoriale la font remonter jusqu'aux 3,5-4°N.

Nous avons donc en ce début de saison des pluies une zone de convergence avec deux branches nettes se recoupant en V. A cette structure en V doivent être associées la masse d'air tropicale maritime sensu stricto et la masse d'air équatoriale (J.B. Suchel 1988).

La masse d'air tropicale maritime de mousson sensu stricto correspond à un flux de mousson épais ayant parcouru un trajet essentiellement maritime depuis l'anticyclone de Sainte-Hélène. Du fait de cette trajectoire maritime et de la forte évaporation sur les eaux chaudes de la baie de Biafra, elle acquiert une forte humidité. La tension de vapeur d'eau y avoisine régulièrement 30 mbar ; le ciel constamment chargé de nuages gris ne laisse filtrer que parcimonieusement les rayons du soleil. Son potentiel pluviométrique est donc énorme, et le moindre obstacle à son cheminement suscite sur le littoral camerounais des pluies orageuses tenaces qui ont fait dire qu'on a affaire ici au « pays de déluge » (S. Morin, 1986).

La masse d'air équatoriale séjourne presque en permanence sur les régions de l'intérieur. Elle puise l'essentiel de son humidité sur le grand bassin forestier d'Afrique centrale. De très forte instabilité sélective d'origine thermique, elle s'échauffe facilement à la base aux heures chaudes de la journée et génère des cumulonimbus, source de pluies d'orages violentes mais brèves que séparent des intermèdes de beau temps.

Il ne faut pas voir dans cette structure en V une simple adaptation de la zone de convergence au trait de côte. Bien plus, ce dispositif en V influence de façon plus ou moins discrète l'évolution de la pluviométrie tout au long de l'année sur le Cameroun. Malheureusement, on a très souvent tendance à généraliser à l'ensemble de toute l'Afrique centrale l'évolution des phénomènes tels qu'ils se développent en Afrique occidentale où prévaut une distribution zonale des faits climatiques.

L'adaptation de la convection au relief transparaît au travers d'autres traits remarquables de cette image. La bordure de l'Adamaoua coïncide avec la quasi-disparition des nuages froids (moins de 2 % d'occurrence). Les indentations marquant la « falaise » qui sépare le plateau de la plaine du nord se reconnaissent parfaitement.

Le plateau lui-même laisse apparaître des enclaves localisées de faible convection, qui coïncident avec la dépression de la Mbéré et le bassin supérieur du Djerem autour de Tibati (3,5% d'occurrences). Cette adaptation quasi parfaite de la convection au relief a du reste été relevée par B. Guillot (1988), sur l'ensemble de l'Afrique occidentale. Il écrit notamment : « *La référence aux cartes géographiques montre qu'aux creux et aux pics principaux de l'intensité de la convection, correspondent toujours des traits majeurs de la topographie ; certains étaient attendus tellement ils marquent le relief (Monts du Cameroun, mont Nimba) ; d'autres jouent un très grand rôle malgré leur insignifiance relative, comme les collines du Nigeria ou les monts Atakora. Les grandes vallées : Niger, Ouémé, Comoé, sont imprimées. On pourrait multiplier les exemples ; un des plus démonstratifs est celui que fournit l'opposition tranchée existant entre le bassin très déprimé de la Benoué et les hauts reliefs (plateau de Jos et Monts du Cameroun) qui la bordent de part et d'autre.* » (fig. 2 et 3).

Il nous faut tout de même relever le léger décalage entre les courbes d'occurrence des nuages froids et celles du relief ; décalage qui favorise les versants les mieux exposés au flux de mousson. De la sorte, le relief d'une part est à l'origine des ascendances génératrices de nuages convectifs, d'autre part, protège relativement les nuages ainsi formés des agressions des vents d'est. Nous avons montré par ailleurs que justement en période de faible ampleur de la mousson, les plateaux du Cameroun central étaient constamment balayés par ces vents d'est secs et violents. Ils cisailent les têtes des nuages cumuliformes qui se développent sur les versants méridionaux (Tsalefac 1983).

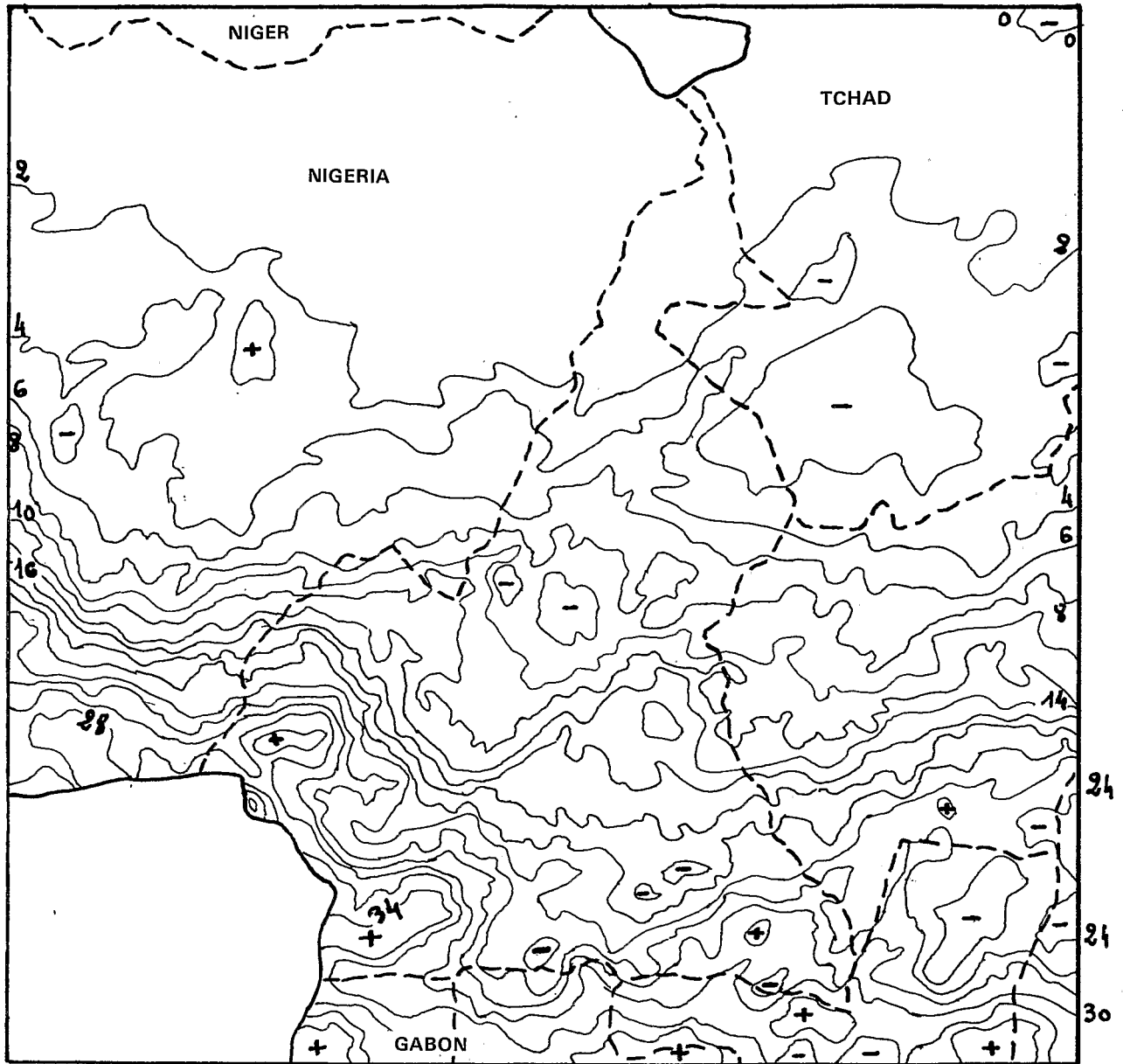


Figure 1. – **FRÉQUENCES (EN %) DE NUAGES A SOMMET FROID, EN MARS. Isolignes échelonnées de 2 % en 2 %.**

Sur les pentes du Mont Cameroun en particulier, des observations directes sur le terrain, en début de saison humide, montrent que les cumulus qui se forment sur les versants septentrionaux et orientaux en cours de journée sont régulièrement renvoyés sur les versants sud/sud-ouest dans un mouvement tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Sur les monts Mbambouto la permanence des nuages sur les versants méridionaux a donné au marché de Baranca son pseudonyme de « marché des nuages ». Ces nuages sont à l'origine d'une ambiance climatique humide qui explique en partie les conflits agriculteurs-éleveurs en période de sécheresse (Tsalefac 1990).

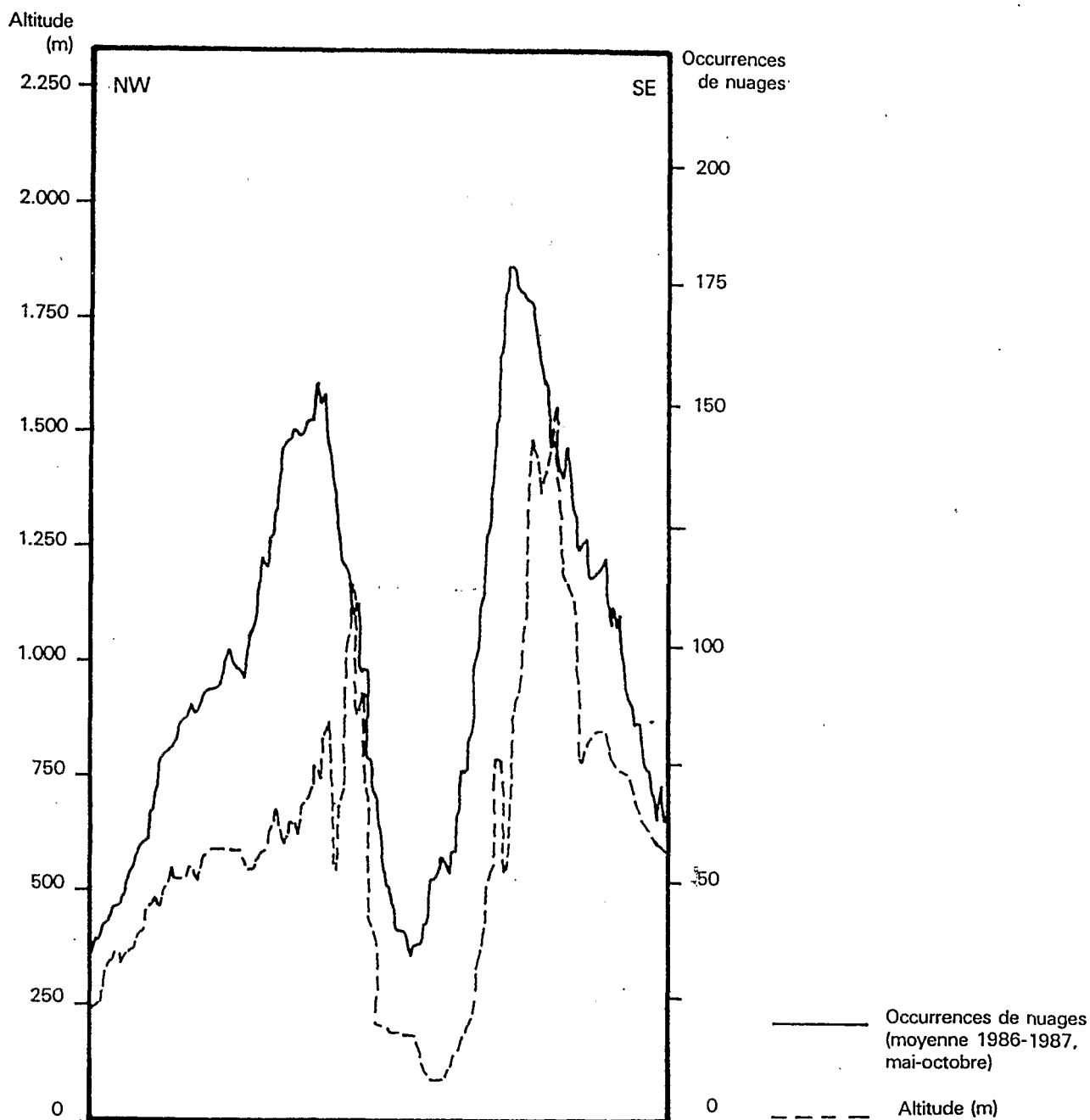


Figure 2. – **RELIEF ET CONVECTION COUPE NW-SE (NIGÉRIA-CAMEROUN), DE 12°55 N-5°48 E A 5°18 N-12°73 E** (Guillot et al., 1988).

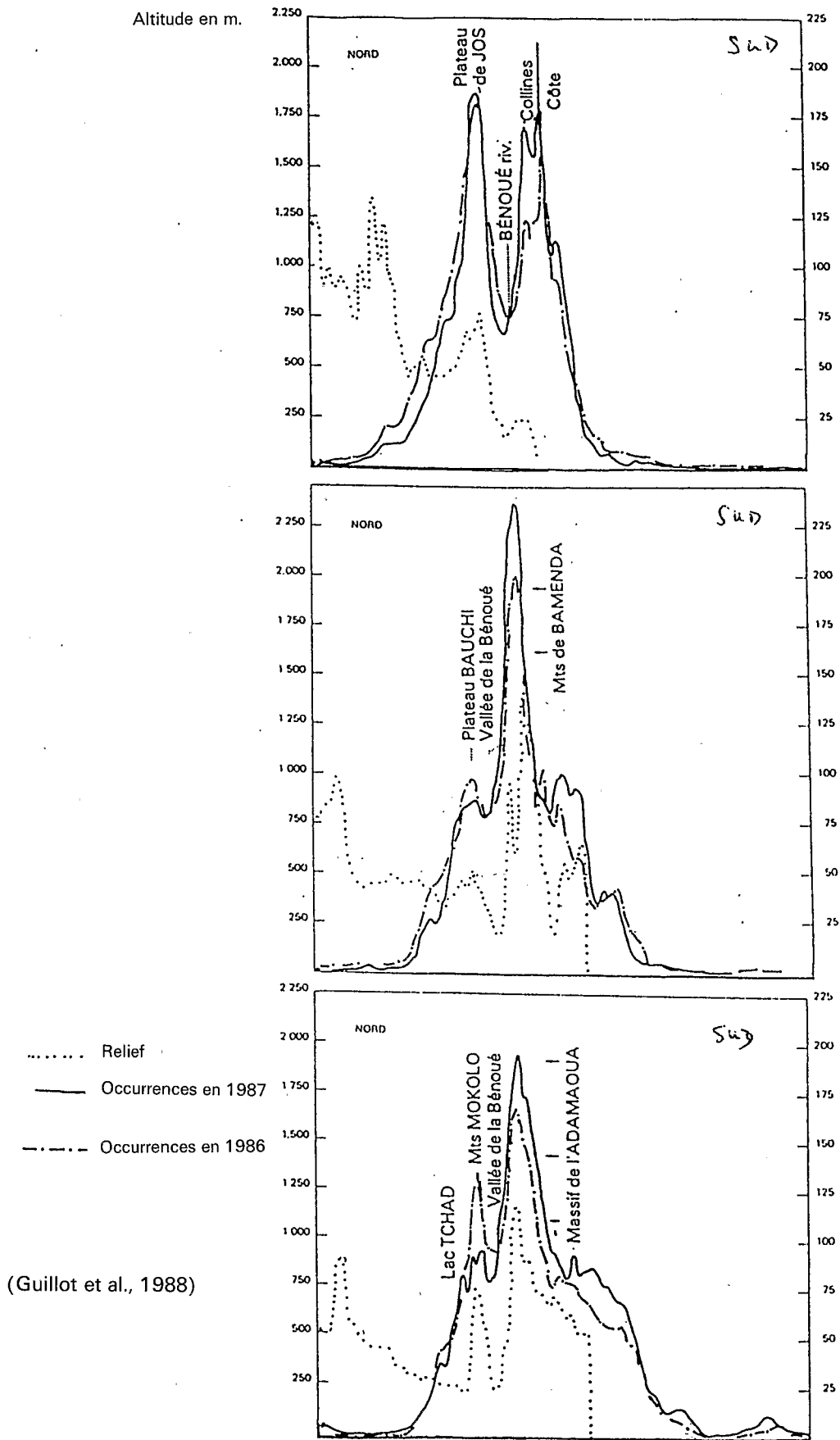


Figure 3. – **CONVECTION ET RELIEF COUPES NORD-SUD** (Guillot et al., 1988).

Les plages 6 % et 8 % d'occurrence s'infléchissent fortement vers le sud (jusqu'à 2°N environ), c'est-à-dire dans le creux du V convectif précédemment décrit. Elles reflètent la forte avancée de l'air saharien (harmattan) qui en ce début de saison peut encore s'enfoncer jusqu'à la lisière de la forêt, plus précisément dans la zone de contact forêt-savane.

La savane de la région de Bafia-Obala est ainsi mise en évidence. Il en est de même des enclaves de savane d'Ayos et de la vallée du Dja. La coïncidence à peu près parfaite de la limite de cette zone de contact forêt-savane avec celle de la zone de faible convection ne manque pas de susciter des questions : il y a lieu en effet de se demander pourquoi les processus convectifs s'adaptent avec autant de fidélité aux nuances des formations végétales ou inversement ? Il y a là en effet matière à réflexion dans la mesure où ce phénomène n'est pas spécifique au Cameroun. Sur la plupart des cartes d'intensité de la convection en Afrique tropicale que publie régulièrement J.P. Lahuec (bulletin Veille Climatique Satellitaire), d'autres zones de contact comme le V Baoulé en Côte-d'Ivoire s'affirment presque toujours par leur faible convection par rapport aux régions voisines. Nous verrons avec l'analyse de l'image d'octobre que les poches de savanes que l'on trouve le long de certains cours d'eau de forêt camerounaise sont aussi des secteurs de faible convection. A ce déficit convectif sont généralement associées une moindre pluviométrie et des températures relativement élevées qui créent dans le contexte régional ce qu'on nomme « anomalies climatiques » (A. Zogning., 1979). Comme celles-ci sont souvent localisées dans des zones déprimées, il est très souvent évoqué pour les expliquer l'effet de foehn d'abord, et secondairement l'activité humaine et les oscillations climatiques passées. La prise en compte de l'intensité convective montre que le débat est loin d'être clos. Si les processus atmosphériques (effet de foehn) prennent une part importante dans la mise en place de ces anomalies, ils ne profitent que des effets de la tectonique cassante qui a accompagné la mise en place du socle.

Au total, nous devons relever cette structure particulière de la zone de convergence intertropicale sur le Cameroun, et la forte sensibilité de la convection aux conditions topographiques. Les versants les moins exposés à la mousson sont relativement pénalisés. De la sorte, en même temps que s'affirme une nette dissymétrie convective entre les versants occidentaux et orientaux d'une part, méridionaux et septentrionaux d'autre part, se note une systématique péjoration de cette convection dans les secteurs déprimés. L'image d'octobre confirme cette impression d'ensemble.

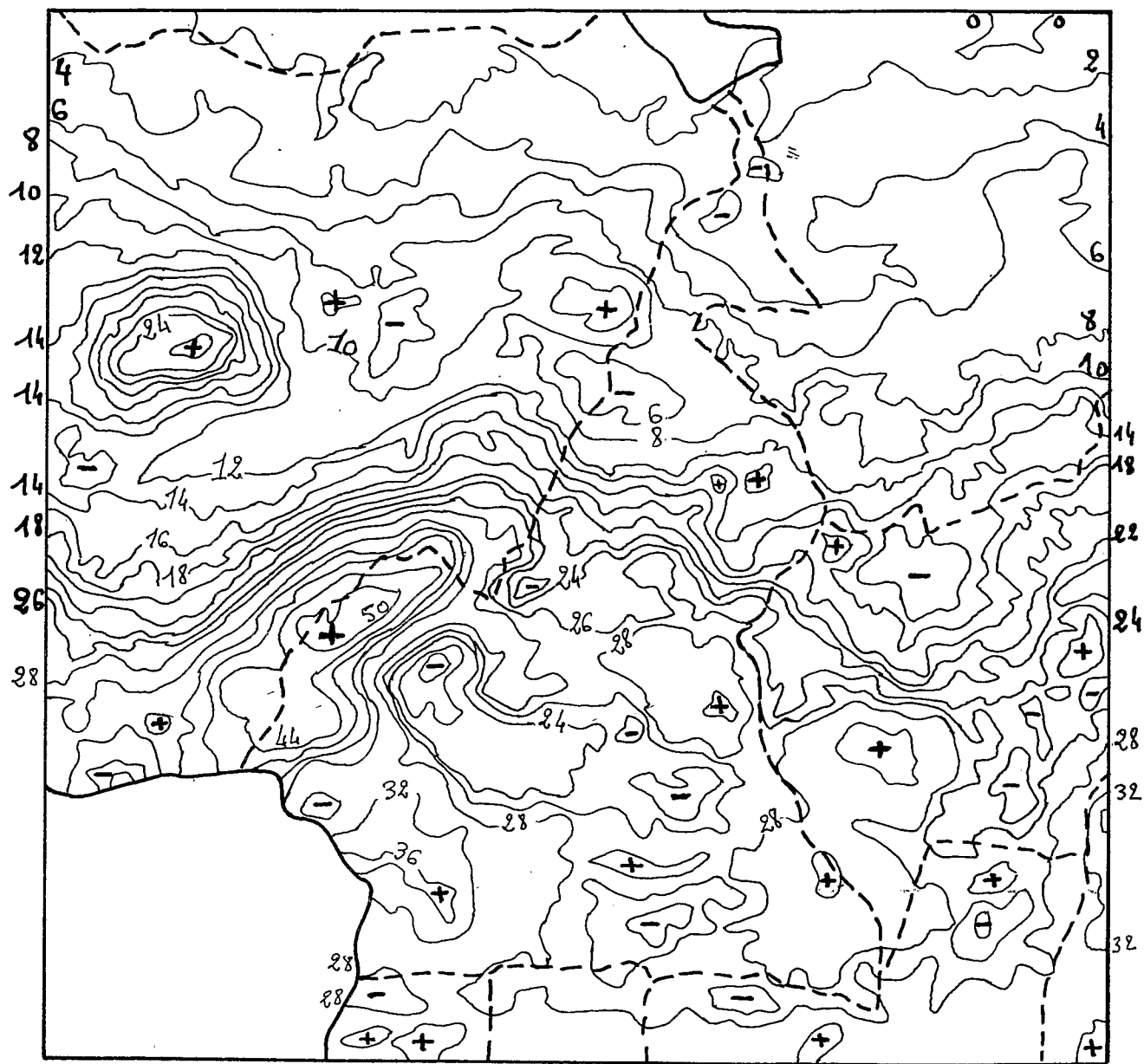
2. LE CHAMP CONVECTIF MOYEN EN OCTOBRE (fig. 4)

A la différence du mois de mars, la zone de forte convection s'étend sur plus de la moitié du Cameroun, la falaise de Ngaoundéré marquant sa limite septentrionale. Les sinuosités de cette limite : net recul vers le sud sur les vallées du Faro et de ses affluents, et plus nettement encore sur les vallées de la Mbére et de la Vina, témoignent encore une fois en faveur d'une très forte sensibilité des amas nuageux convectifs aux accidents topographiques (fig. 4).

Il est remarquable que le secteur où se déploient surtout ces amas correspond à la bordure occidentale des hautes terres de l'Ouest, du Mont Cameroun - Mont Rumpi, jusqu'au-delà des Monts Gotel et Tchabal-Mbabo. Par rapport à l'axe des plus hauts sommets de la dorsale camerounaise, la dissymétrie ouest-est des amas convectifs est encore plus apparente, les versants occidentaux des reliefs étant à l'évidence les plus favorisés. Sur les versants orientaux déjà déficitaires par rapport aux précédents, les poches de faible convection mettent en évidence la plaine Tikar et les digitations du plateau sud-camerounais sur la dorsale. Sur le plateau même, certaines vallées comme celle du Dja se remarquent également par leur faible taux de convection (moins de 12 %) dans un contexte régional relativement favorable.

En ce qui concerne la Zone de Convergence InterTropicale (ZCIT), elle est plus amplifiée sur le territoire camerounais. La structure en V identifiée sur l'image de mars se maintient grosso modo et nous remarquons bien que la structure ZIC (Leroux, 1988) est prolongée à l'intérieur du pays grâce à la dorsale des hautes terres. L'« empire de mousson » (J.B. Suchel 1972 et 1988) apparaît ainsi comme le résultat de la conjonction d'un certain nombre de facteurs favorables : situation du Cameroun au fond du golfe de Guinée, où les eaux océaniques, presque toujours très chaudes, approvisionnent l'air en humidité, allure particulière du trait de côte et son corollaire, la disposition de la ZIC, auxquelles il convient d'ajouter le relief avec les escarpements et de hauts sommets qui séparent les basses terres côtières des plateaux de l'intérieur.

Malgré la période considérée et le développement de la zone de convergence sur le pays, le foyer de forte convection identifié au sud-est, sur l'image de mars, se maintient (deuxième branche du V). Cela prouve que même dans le cadre de la mousson sensu lato, il faut bien, après J.B. Suchel, distinguer la masse d'air tropicale maritime évoluée de la masse d'air équatoriale, même si au demeurant, elles sont souvent mal différenciées. Cette distinction s'impose de toutes les façons si nous voulons comprendre l'organisation de la pluviométrie sur l'espace camerounais.



+ Noyau de fortes fréquences.

- Noyau de faibles fréquences.

Figure 4. - **FRÉQUENCES (EN %) DE NUAGES A SOMMET FROID, EN OCTOBRE.** Isolignes échelonnées de 2 % en 2 %, jusqu'à 28 %, et de 4 % en 4 %, de 28 à 40 %.

3. CHAMPS PLUVIOMÉTRIQUES ET CHAMPS CONVECTIFS

Comparés aux champs pluviométriques (fig. 5 et 6) les champs convectifs présentent beaucoup de ressemblance, mais suscitent aussi quelques questions.

a) En mars, la correspondance convection-pluviométrie est remarquable. La zone la plus pluvieuse (+150 mm) et la zone de forte convection (12-25 %) couvrent les basses terres côtières, les versants occidentaux des hautes terres de l'ouest d'une part, et de l'extrême sud-est du pays d'autre part. Jusqu'à 6°N, isohyètes et isocontours d'occurrence des nuages à sommet froid obéissent à l'allure en V de la zone de convergence précédemment décrite. Au-delà, ils se disposent de façon zonale.

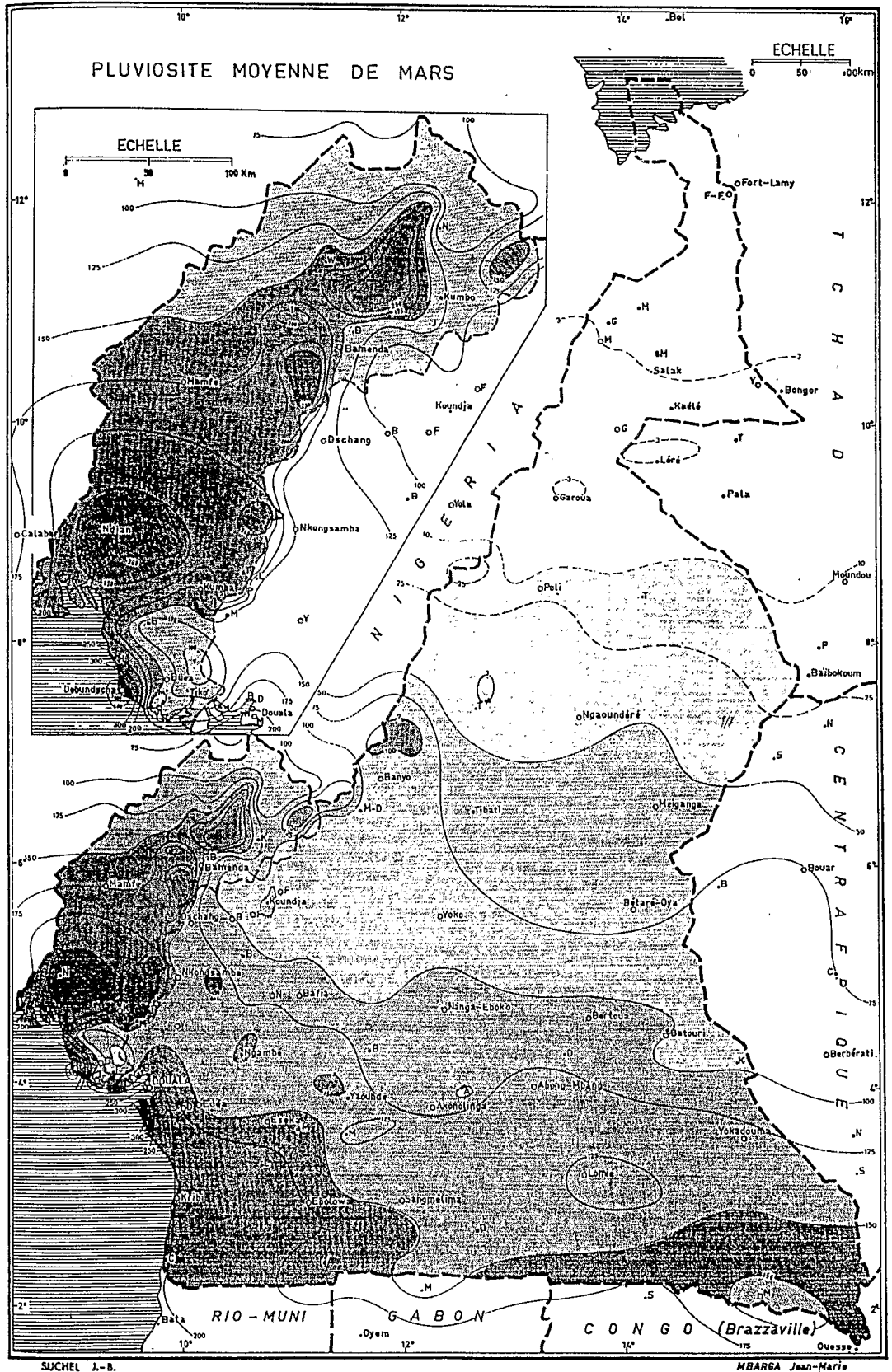


Figure 5. –
PLUVIOSITÉ MOYENNE DE MARS
(Suchel, 1988).

b) En octobre, on retrouve dans l'ensemble les mêmes ressemblances. Cependant, sur le plateau sud-camerounais et les versants orientaux des hautes terres (plateaux Bamiléké et Bamoun) la trame pluviométrique 250-300 mm. est trop globalisante et ne fait pas bien ressortir certaines nuances locales qui apparaissent sur le champ convectif : prolongement vers l'est de la trame 12-13 % des nuages convectifs jusqu'à Akonolinga – Abong-Bang, poche localisée de cette trame sur la vallée du Dja. Là s'arrêtent malgré tout les coïncidences.

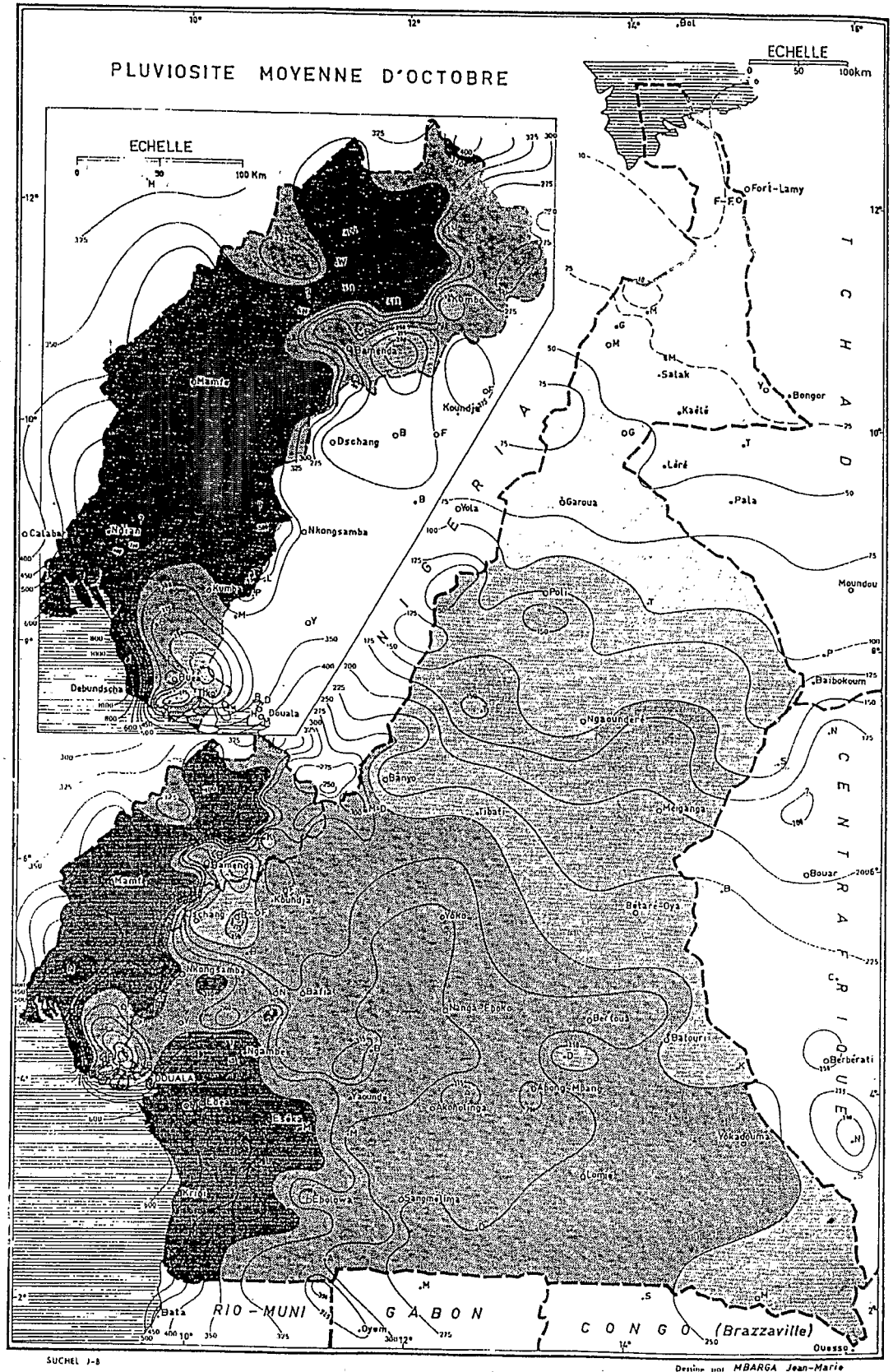


Figure 6. –
PLUVIOSITÉ MOYENNE D'OCTOBRE
(Suchel, 1988).

Au sud-est du pays, sur le bassin supérieur de la Sangha, le noyau de fortes occurrences de nuages convectifs qui s'étend de Yokadouma à Berberati ne correspond pas comme il fallait s'y attendre à une zone de fortes précipitations. A noter également dans le même ordre d'idée le noyau de forte convection à hauteur de Bétaré-Oya. Comment interpréter les correspondances et les disparités notées sur les deux documents ?

A vrai dire, les deux cartes se complètent bien plus qu'elles ne s'opposent. A l'intérieur de la trame pluviométrique 250-350 mm, il faut noter la dégradation générale des précipitations vers l'est, ce que souligne très bien le tracé des isohyètes. Cela est du reste conforme à la moindre capacité pluviométrique de l'air humide de la mousson au fur et à mesure qu'il s'avance vers l'intérieur du pays. L'isohyète 250 mm peut dans cette perspective être considérée comme le front de cette avancée de l'air humide, plus précisément de la masse d'air tropicale maritime évoluée (J.B. Suchel, 1988). Les poches de forte convection entre Yokadouma et Berberati relèveraient alors de la masse d'air équatoriale, nous savons qu'elle ne bénéficie pas beaucoup, surtout quand le FIT est relativement haut en latitude, des effets de l'évolution diurne qui déterminent en son sein la plupart des précipitations orageuses.

Le rapport pluviométrie/nombre d'occurrences des nuages froids (PCB exprimé en mm) calculé par J.P. Lahuec (1986), pour la période allant du 11 mai au 20 août 1985 (fig. 7) indique une variation de 23-40 mm pour la zone côtière à moins de 10 mm pour le sud-est du pays. Mais ce qui est plus intéressant ce sont les courbes délimitant les zones homogènes. On remarque très bien que la zone côtière est bien circonscrite, l'allure méridienne des courbes au sud du pays et la tendance zonale, qui se manifeste à l'approche de la RCA. Cela confirme bien l'influence discrète des dispositions atmosphériques particulières relevées sur la côte camerounaise.

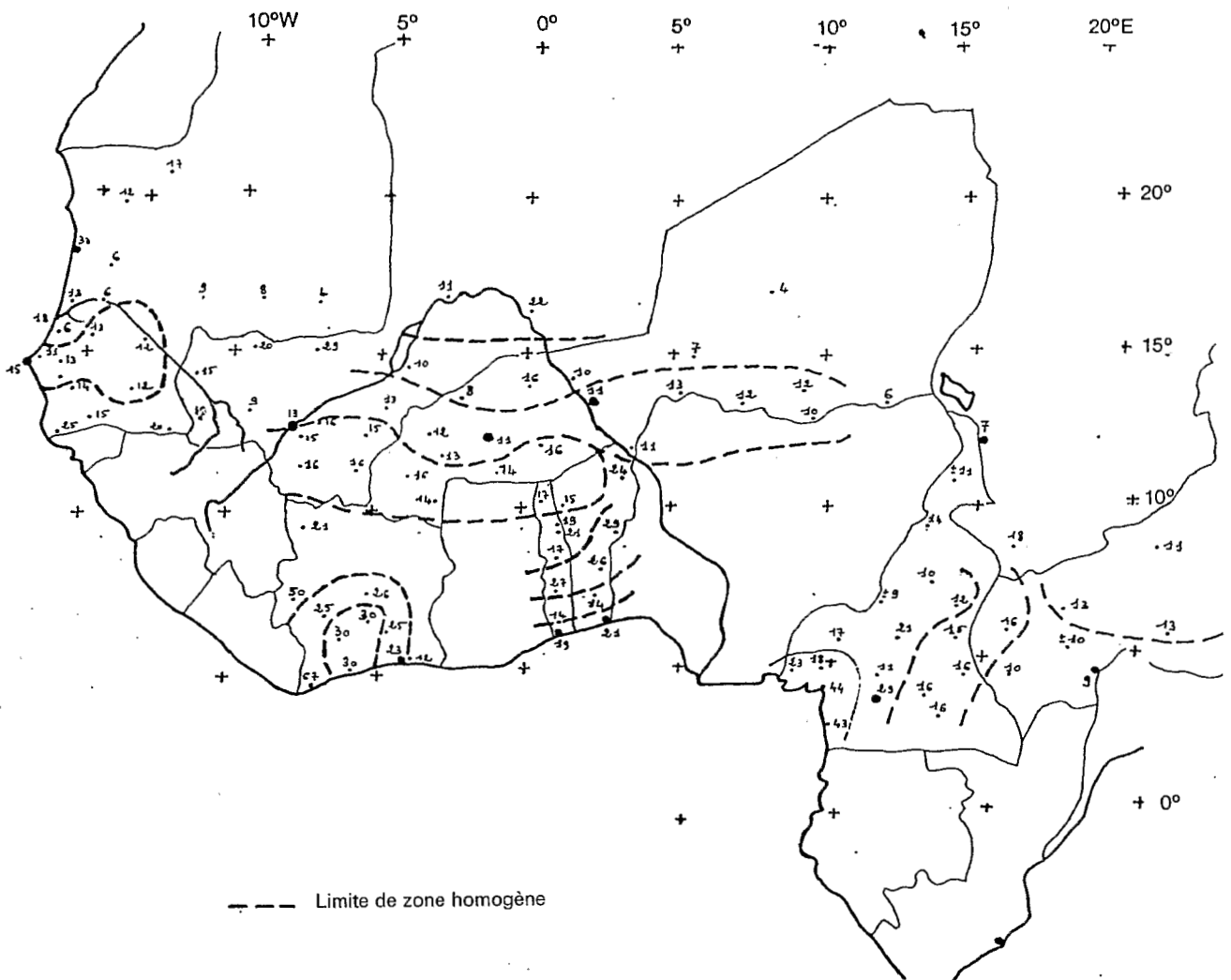


Figure 7. – **RAPPORT PLUVIOMÉTRIE/OCCURRENCES NUAGES CONVectifs, 11 MAI-20 AOÛT 1985 (STATIONS SYNOPTIQUES)** (J.P. Lahuec, 1986).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Il ressort de l'analyse précédente que l'organisation des champs convectifs correspond dans l'ensemble aux structures FIT et ZIC de l'équateur météorologique décrites par M. Leroux (1988). Plus intéressantes en ce qui concerne le Cameroun sont les déformations de ces structures : elles sont imposées d'abord par le trait de côte et prolongées vers l'intérieur du pays par la dorsale des hautes terres. C'est ce qui explique l'allure subméridienne de ces amas et des isohyètes au sud-ouest du pays. La répartition de la pluviométrie sur le reste du territoire semble par la suite largement tributaire de cette disposition. Il est nécessaire d'en tenir compte aussi bien dans le cadre de la prévision du temps que de l'estimation éventuelle des pluies. Tout cela suppose bien évidemment la prise en compte du « film des événements » (D. Lamarre, 1986), de manière à déterminer si possible la naissance et le destin des nuages convectifs, si on veut s'approcher de l'enchaînement des processus.

CONCLUSION

L'exemple des mois de mars et d'octobre montre bien comment interviennent les facteurs locaux dans l'organisation de la convection et de la pluviométrie sur le Cameroun. Il permet d'affiner le découpage climatique du territoire. Le nord du pays se démarque nettement par l'évolution zonale des phénomènes. A partir de la falaise de Ngaoundéré vers le sud les choses ne sont plus simples. Les particularités liées à la végétation, au relief, à l'allure du trait de côte et son corollaire le déplacement des masses d'air, induisent une véritable marqueterie de types climatiques. Il n'est plus alors possible d'étudier ces types climatiques sans une bonne connaissance du terrain et de son environnement humain. C'est surtout ce que nous rappelle la géographie de la convection.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLEC B., GUILLOT B., NOYALET A.. – Surveillance de la convection intertropicale. Extraction des nuages à sommet froid et étude de leur répartition géographique du 11 mai au 10 juin 1985.
- DAGORNE D., 1988. – Traitement des données satellitaires à l'antenne ORSTOM de Lannion. Le logiciel Triskel. *Veille Climatique Satellitaire*, 23, pp. 17-22 et 24, pp. 38-42.
- GUILLOT B., CARN M., DAGORNE D., 1988. – Remarques à propos de l'effet des facteurs locaux sur l'activité convective en Afrique de l'Ouest et dans l'Atlantique tropical. *Veille Climatique Satellitaire*, 21, pp. 33-48.
- LAHUEC J.P., 1986. – *Convection intertropicale et pluviométrie. Essai de mise en relation pour l'Afrique de l'Ouest du 11 mai au 20 août 1985.* *Veille Climatique Satellitaire*, 12, pp. 13-17.
- LEROUX M., 1988. – La variabilité des précipitations en Afrique Occidentale : les composantes aérologiques du problème. *Veille Climatique Satellitaire*, 22, pp. 26-45.
- MORIN S., MOTTET G., ZOGNING A., 1985. – Deux études sur le volcanisme au Cameroun B.A.G.F., 135-144.
- SUCHEL J.B., 1972. – *La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun.* Travaux et documents de géographie tropicale n° 5 CEGET CNRS Talence, 287 p.
- SUCHEL J.B. – Les climats du Cameroun. Thèse d'Etat Université de Saint-Etienne 4 t., 1988, 1.177 p.
- TSALEFAC, 1983. – L'ambiance climatique des hautes terres de l'ouest du Cameroun. Thèse de 3^e cycle, Fac lettres Yaoundé, 408 p.
- TSALEFAC, 1990. – Crises climatiques récentes et bouleversement du système socio-économique à Fongo-Tongo Mt Mbamboutou Cameroun. Colloque de l'AIC 20-22 juin 1990.
- ZOGNING A., 1979. – Le golfe de Bafia-Mem. Univ. de Yaounde. Dept. de géog.