

LE CLIMAT ET L'IMPLANTATION DES HOMMES : LE CAS DE LA CÔTE D'IVOIRE

R. MOREL

*Ingénieur Général d'Agronomie (C.H.)
91860 Epinay-sous-Sénart, France
bobmorel@tele2.fr*

Résumé

Une bande zonale de moindre densité de population traverse l'Afrique aux alentours de 8°N. Des explications sociologiques ont été avancées pour expliquer cette répartition mais cette région correspond souvent à la transition entre les pluviométries à une et deux saisons humides. Une première étude est faite sur la Côte d'Ivoire en comparant des régions à même pluviosité annuelle mais de peuplement très différents. Nous utilisons diverses méthodes basées sur l'analyse des pluies, la répartition des jours secs, les bilans hydriques. Il apparaît que les risques climatiques sont importants, rendant les cultures annuelles très aléatoires, dans les zones peu peuplées.

Mots-clés : Côte d'Ivoire, densité de population, saisons culturales

Abstract

Climate and distribution of men : the case of Ivory Coast

A zonal strip of least density of population crosses Africa to surroundings of 8°N. Some sociological explanations have been advanced to explain this distribution but this region often corresponds to the transition between rainfall to one and two humid seasons. A first survey is made on Ivory Coast while comparing regions to same yearly rainfall but of very different population distributions. The research of lower climatologic uncertainty is the main explication. We use various methods based on the analysis of rains, the dry day distribution, water balances to find the conditions of subsistence agriculture. It appears that the climatic risks are important, giving back the very uncertain yearly cultures, in the little populated zones.

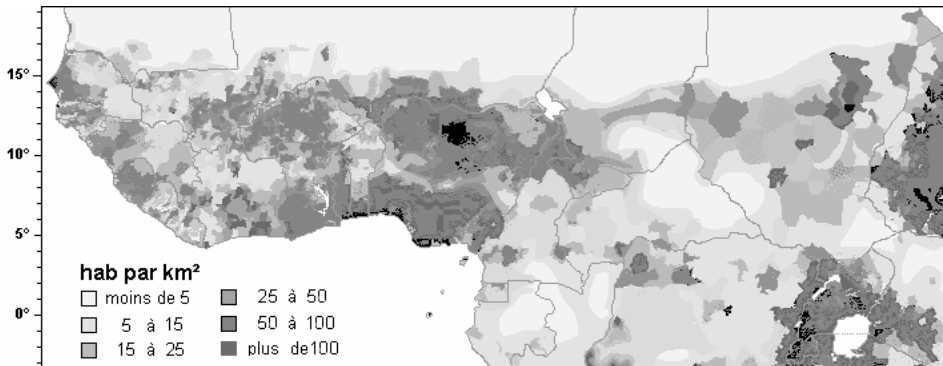
Keywords : Ivory Coast, population density, cultivation periods

Introduction

Les cartes d'Afrique représentant les densités de population laissent apparaître une bande zonale de plus faible implantation humaine au niveau de 9 à 8° de latitude Nord. Cette bande s'infléchit vers le sud de la République Centrafricaine à l'Ethiopie (figure 1). Les sols sont dégradés en corrélation avec l'occupation des hommes. Les classes de dégradation résultent d'une étude multicritères associant l'érosion, la déforestation, la perte de stabilité

structurale, l'appauvrissement chimique (figure 2). Il y a une analogie entre les deux figures et les terres les moins dégradées se présentent dans les régions à plus faible densité de population. Il faut chercher les causes du déficit de peuplement dans les zones à sols en bon état.

Pour étudier ce fait, nous prendrons le cas de la Côte d'Ivoire. Le peuplement humain n'y est pas homogène (figure 3A). Mais la densité de population est très variable même au sein d'un groupe. Cette situation existait au temps de la faible urbanisation (BNETD, 1968). Elle a évolué avec l'accroissement de la population, avec la mise en valeur de certaines régions (sud-ouest) et le développement des villes. Nous considérerons surtout le milieu rural.



d'après CIESEN Gridded Population of the World, 2000

Figure 1 : Densités de population en Afrique de l'Ouest. *Population density in West Africa.*

Différentes explications des causes de ce peuplement irrégulier ont été avancées. L'histoire met en évidence les motifs sociologiques, en parlant d'un no man's land résultant de la traite des esclaves au XVI^e siècle. Les populations intérieures fuient les peuples côtiers qui cherchent à les capturer. Il y a également les querelles entre groupes et leurs implantations relatives après une série de migrations (Chauveau, 2000). Début du XVIII^e siècle les dernières tribus à émigrer pour fuir les chasseurs d'esclaves du Ghana furent les Baoulés, qui prennent place dans le centre vide du pays. Mais rapidement le peuplement dans ce groupe se répartit entre le Nord et le Sud et laisse le centre relativement vide. Les facteurs de l'environnement à retenir sont la nature des sols, le climat, le type de végétation et les risques sanitaires dus au milieu (l'onchocercose par exemple). La combinaison de ces facteurs crée des aires écologiques avec des zones défavorables limitées en surface et disséminées de façon aléatoire sans laisser apparaître de distribution zonale.

Les districts à faible densité de population sont principalement ceux où la pluviométrie est la plus irrégulière. Des risques climatiques en résultent à cause des dates variables du début des pluies et d'une durée fluctuante de la saison

humide. Ces conditions ont poussé les paysans soit à rester dans leur habitat originel au Nord, soit à quitter ces régions pour s'implanter sur des terroirs à pluviométrie plus régulière vers le sud. Nous illustrons notre étude à partir des districts de Korhogo, Vavoua, Daloa, Bondoukou, Agnibilékrou.

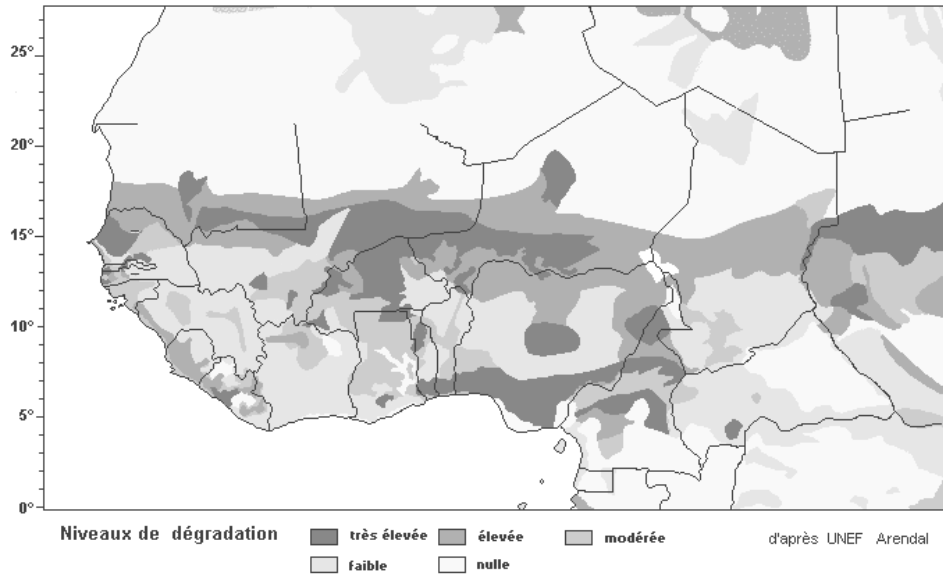


Figure 2 : Dégradation des sols en Afrique de l'Ouest. *Soil degradation in West Africa.*

1. Présentation des différents facteurs de l'environnement

1.1. L'implantation humaine et ses conséquences sur le milieu

Les statistiques de densité de population ne distinguent pas les milieux urbain et rural mais le plus fort pourcentage de terres à cultiver est généralement situé dans les districts les moins peuplés (figure 3B). Une bande est-ouest apparaît entre 8 et 9°N avec des densités inférieures à 13 hommes au km² et une disponibilité de terres cultivables supérieure à 50% de la surface. Le tableau 1 montre quelques exemples d'implantation humaine avec les relations inverses entre le peuplement et la disponibilité en sols à cultiver. On y voit que Vavoua et Bondoukou avec moins de 11 habitants au km² offrent plus de 70% de terres cultivables libres. Au contraire, Korhogo et Daloa avec un peuplement supérieur à 42 habitants par km² ne disposent que de moins de 51% de sols libres à cultiver.

Districts	Korhogo	Vavoua	Daloa	Agnibilekrou	Bondoukou
Habitants par km ²	42,6	6,7	45,5	20,5	10,9
Terres cultivables libres	24%	70%	50%	48%	72%

Tableau 1 : Exemples de densité d'occupation et de terres cultivables disponibles en Côte d'Ivoire. *Samples of population density and cropland availability in Ivory Coast.*

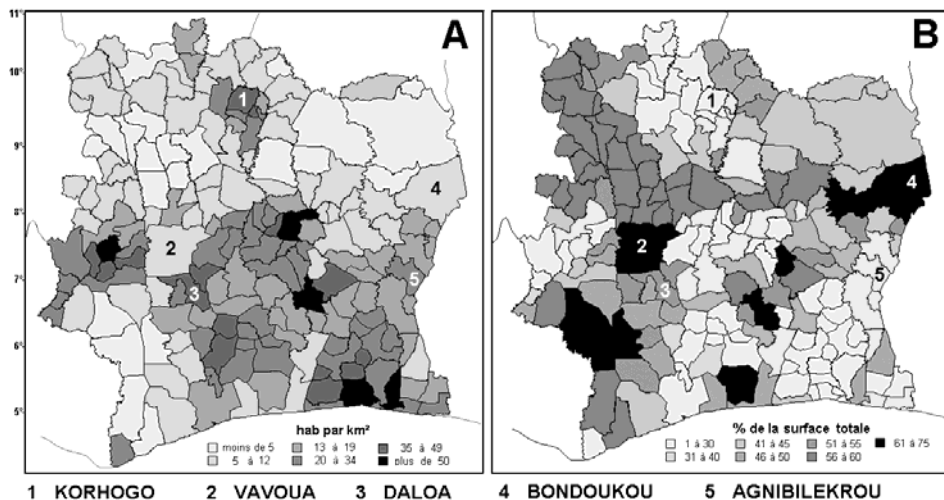


Figure 3 : Les districts de Côte d'Ivoire : A Densité de la population B Disponibilité en terre cultivable. *Districts in Ivory Coast A Population density B Cropland availability.*

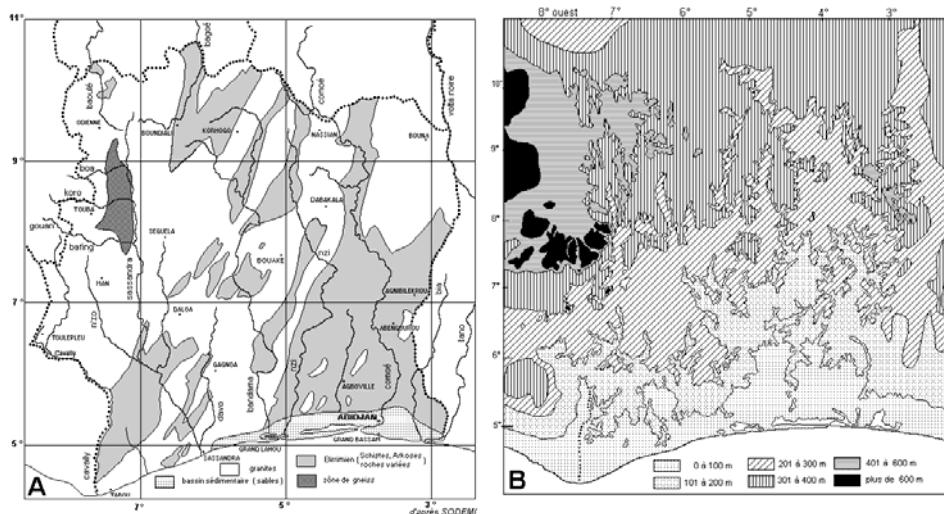


Figure 4 : Géographie physique de la Côte d'Ivoire : A Géologie et hydrographie B Orographie. *Physical geography of Ivory Coast A Geology and hydrography B Orography.*

1.2. les sols

La géologie et le découpage orographique montrent plutôt une structure méridienne de l'ensemble des bassins fluviaux et des roches mères (figure 4A). La pédologie présente une succession méridienne des sols, généralement ferrallitiques au sud et ferrugineux vers le nord. Le relief plus élevé à l'ouest présente une succession de vallées nord-sud. Les types de sols s'étagent sur les versants, ce sont les chaînes de sols ou catena. Ces chaînes se succèdent de vallée en vallée donnant une mosaïque de sols distincts le long des variations topographiques (figure 4A). Sur les versants on trouve les zones indurées en haut de pente et parfois à l'affleurement de la nappe phréatique. Les sols sont profonds dans les zones à faible densité de population, avec une réserve utile de 60 mm. Les habitats denses offrent, par érosion, des sols plus minces. La pédologie n'explique pas la diversité nord-sud du peuplement.

1.3. la pluviométrie

Les districts étudiés ont été choisis par leur situation voisine d'une isohyète. On élimine ainsi la pluviométrie moyenne comme cause des différentes densités de peuplement. La valeur de l'isohyète varie : 1400 mm de moyenne pour 1931-1960 et 1200 mm pour 1961-1990 (figure 5). Pour une même moyenne annuelle c'est la distribution des pluies dans l'année qui varie d'une station à l'autre. L'irrégularité est estimée par les écarts réduits mensuels (rapport de l'écart type à la moyenne). Quand ils sont grand pendant les mois de culture cela signifie que les pluies varient dans leurs dates d'apparition et dans leur durée. Les fortes variations entraînent l'incertitude dans la réalisation des cultures et correspondent aux districts les moins peuplés (tableau 2).

Ecarts- type réduits :	juin	juillet	août	septembre
Korhogo	0,39	0,39	0,35	0,31
Vavoua	0,52	0,72	0,63	0,33
Agnibilekrou	0,43	0,66	0,79	0,52
Bondoukou	0,39	0,74	0,75	0,38
Daloa	0,42	0,49	0,47	0,34

Tableau 2 : Ecarts type réduits des distributions des pluies mensuelles. *Standard deviation of monthly rainfall distributions.*

Cette hypothèse d'incertitude climatique va être vérifiée par diverses méthodes comme l'analyse des pluies et le calcul des bilans hydriques. Cela va permettre d'identifier les étapes dans le déroulement de la saison pluvieuse, de comptabiliser l'apparition des sécheresses et d'en évaluer le risque par leur analyse fréquentielle.

2. Analyse des risques de sécheresses.

De tous les paramètres climatiques celui qui présente la plus grande irrégularité est la pluie. La pluie a été étudiée de l'origine à 2002, mais les 120 postes pluviométriques sont souvent incomplets. Ils permettent une analyse sur 30 à 52 années. Pour la démonstration, seules les séries complètes ont été retenues. Les statistiques sont faites après une segmentation au pas de temps décadaire. La variabilité des seules pluies est testée par les écarts types rapportés à la moyenne ou écarts réduits. Ces écarts sont plus importants pendant les décades 18 à 24 pour les stations de Vavoua et Agnibilekrou (figure 7). Vers l'est on observe un décalage de vingt jours dans le calendrier des irrégularités qui sont très importantes jusqu'en septembre à Agnibilekrou. La probabilité de pluie nulle pendant des décades dépasse les 20% soit une occurrence d'un an sur cinq. On vérifie ensuite l'impact des variations sur les conditions culturales par le calcul des bilans hydriques de chaque station. Ces bilans permettent de calculer si l'alimentation en eau pluviale, satisfait les besoins de la végétation. Le calcul des bilans est fait sur trois types de sols aux caractéristiques hydrodynamiques différentes.

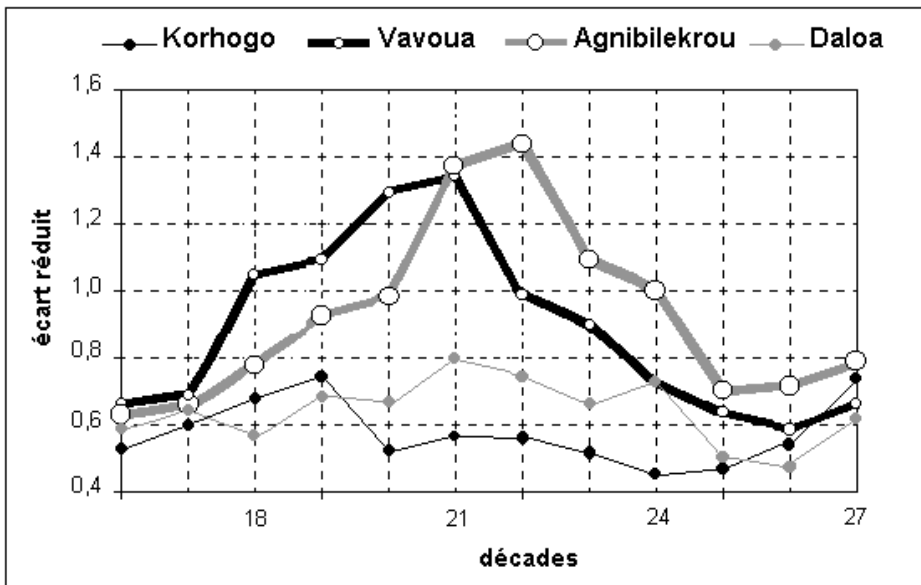


Figure 6 : Ecarts réduits décennaux des pluies sur 4 stations. *Reduced deviations of decadal rainfall for 4 stations.*

2.1. Structure temporelle des pluies

Le régime pluviométrique ivoirien est généralement bimodal avec deux saisons sèches, principalement dans la partie sud du pays. C'est le cas de Daloa. Mais, dans le Nord, à Korhogo la saison des pluies devient unimodale. Vavoua se trouve entre les deux, et suivant les années la distribution des pluies est à un

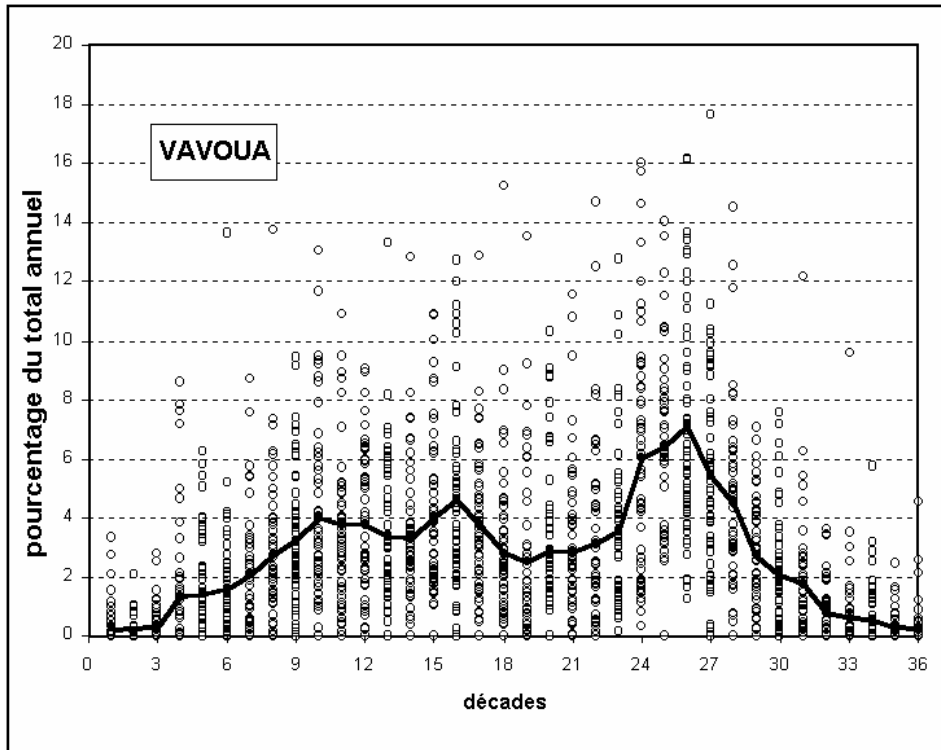


Figure 7 : Variabilité des pluies décadaires en % du total annuel à Vavoua. Decadal rainfall in percent of annual rainfall for Vavoua.

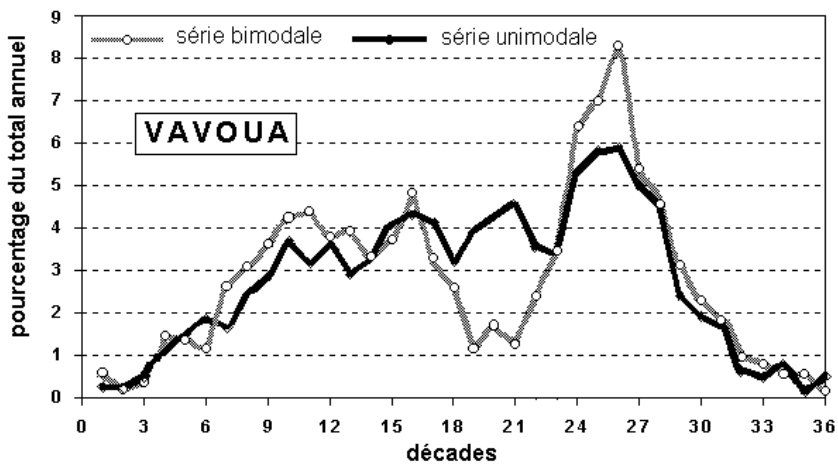


Figure 8 : Classes de profils décadaires des pluies à Vavoua. Classes of decadal rainfall profiles for Vavoua.

ou deux maximums. Les profils de pluie sont calculés comme rapport des valeurs décennales sur le total annuel (Le Barbe 1988). On reporte ces rapports en nuages de points sur les figures. La dispersion des points donne une représentation graphique de la grande variabilité des pluies (figure 7). Le cas de Vavoua est intéressant car le classement des années donne autant d'années unimodales que d'années à deux saisons (figure 8). Mais le type de distribution annuel est aléatoire car il n'y a jamais de séries unimodales ou bimodales. Si on effectue ce classement pour toutes les stations on trouvera les deux types de régime pluvial en proportions différentes du Nord au Sud.

Au Nord, à Korhogo, la proportion de doubles saisons diminue (9%) alors qu'il augmente vers le sud, à Daloa (93%). Dans le cas u régime bimodal la période de fléchissement des pluies est appelée petite saison sèche. Mais on ne passe pas d'un régime à un autre par un comblement progressif de la petite période sèche, c'est la fréquence de l'un ou l'autre régime qui varie.

2.2. Episodes secs pendant la saison des pluies

Les épisodes secs sont préjudiciables au succès des cultures. L'étude fréquentielle de diverses durées d'épisodes secs (jours successifs sans pluie) est faite au pas de temps pentadaire. Les jours secs qui entrecoupent la saison des pluies montrent un plus fort risque à Vavoua qu'à Daloa (figure 9). En se déplaçant le long de la même isohyète, on voit que la seconde saison pluvieuse devient plus courte vers l'est. Les conséquences des épisodes secs vont apparaître avec les bilans hydriques qui montent la limite du rôle tampon de la réserve en eau du sol .

Pour identifier les problèmes l'approche consiste à faire les bilans hydriques pour un gazon, donc à demande constante, l'ETM (évapotranspiration maximale) étant égale à l'ETP (évapotranspiration potentielle). L'ETR ou évapotranspiration réelle dépend de la fourniture d'eau par les pluies et la réserve du sol. Nous avons pris des sols avec 50 mm de RU. Le rapport ETR sur ETM est un indice compris entre 0 et 1 appelé évapotranspiration relative ou indice de satisfaction. Une période est propice à la culture si l'évapotranspiration relative est au moins égale à 0,5. Cette satisfaction de la moitié de l'ETM permet alors à la plante de se développer. On appelle semi-humide toute période aux ETR comprises entre les valeur 0,5 et 0.89 de l'ETM. C'est une période propice à la croissance mais qui ne permet ni floraison ,ni fructification.. Des valeurs comprises entre 0,9 et 1 indiquent une période humide pendant laquelle floraison et fructification sont assurées. L'irrégularité de la pluviométrie est mise en évidence par la fluctuation des dates d'apparition des saisons culturales et par la variation de leur durée. En portant sur un graphique, année par année, les saisons positionnées par dates on crée un calendrier récapitulatif des bilans. Par exemple à Vavoua on voit la grande

irrégularité dans l'apparition et la longueur de la première saison des pluies (figure 10).

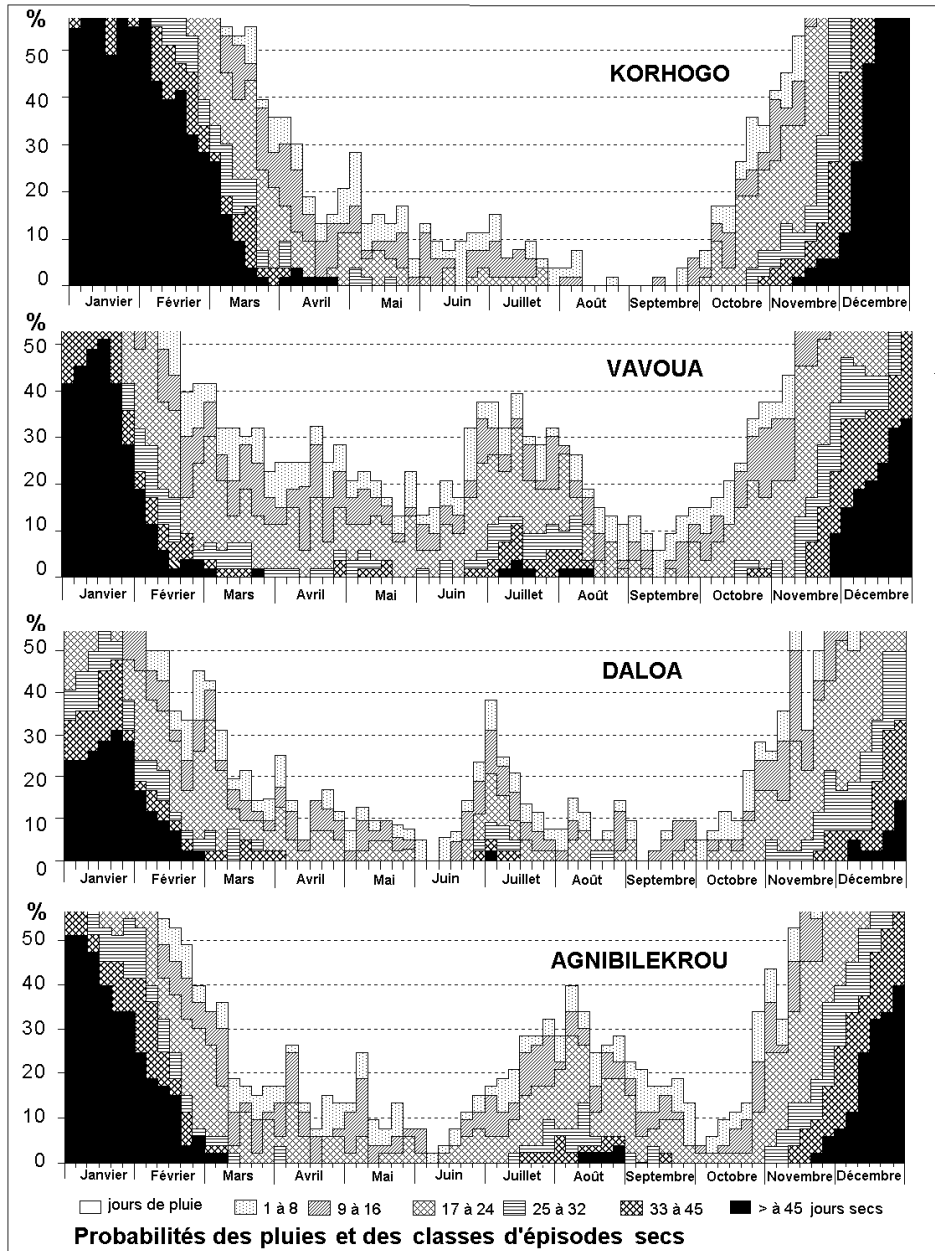


Figure 9 : Variations décadales des épisodes secs le long de l'isohyète 1200 mm pour la période 1961-2000. *Decadal variations of dry periods along the 1200 mm contour for the 1961-2000 period.*

2.3. Bilans hydriques et saisons de culture

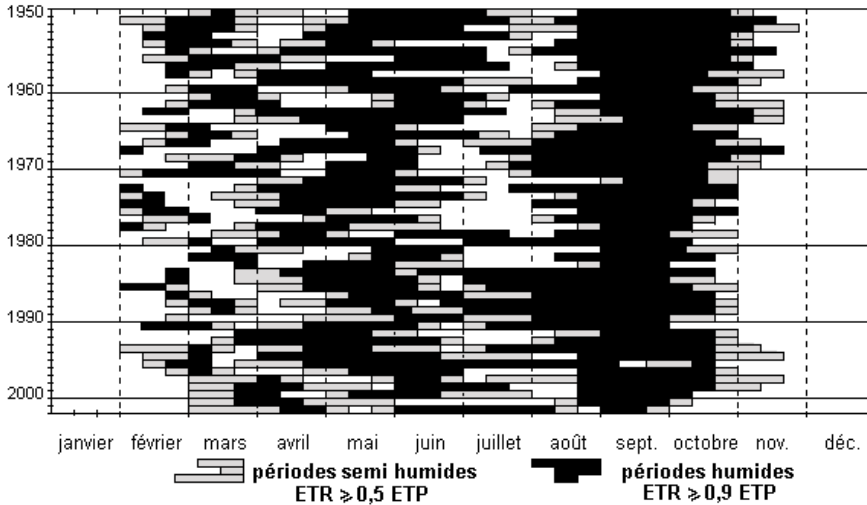


Figure 10 : Calendrier décadaire des saisons à Vavoua. *Decadal course of seasons for Vavoua.*

On appelle faux départs un démarrage de pluies qui s’interrompt ce qui donne une petite saison humide trop courte pour permettre une culture. Tout semis dans ce faux départ est condamné au flétrissement. A partir du début de l’année on comptabilise toute coupure sèche d’au moins 30 jours comme faux départ de la période culturale si sa durée est inférieure à 75 jours nécessaires à une petite récolte. La statistique des faux départs montre que leur durées est souvent inférieures à 30 jours. Vavoua est la station qui présente le plus de faux départs (figure 11). Korhogo et Daloa qui sont au Nord et au sud de Vavoua subissent moins ces faux départs.

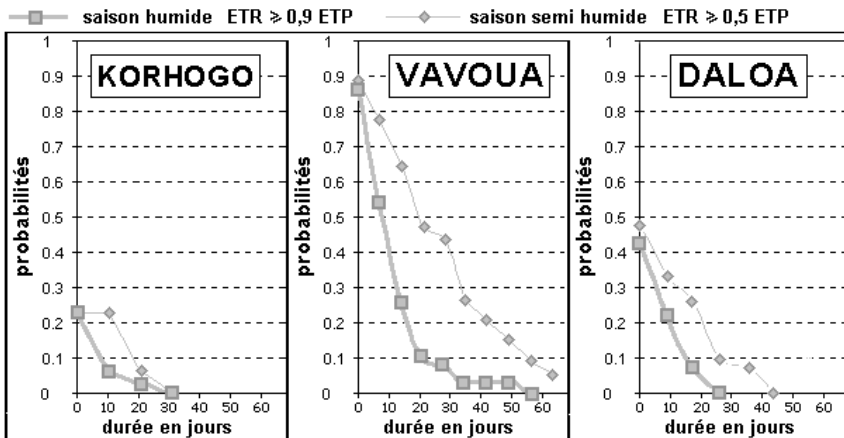


Figure 11 : Fréquences des faux départs de saison pluvieuse. *Frequencies of « false starts » of the rainy season.*

3. Résultats.

On interprète les bilans de la façon suivante. On appelle événement climatique le passage d'une saison à une autre. Les dates d'apparition des événements climatiques sont notées dans des tableaux récapitulatifs. Les durées des saisons résultent des intervalles entre les dates. Le classement par ordre croissant donne les fréquences. On vérifie la grande variabilité interannuelle des saisons, ainsi à Agnibilekrou la fréquence moyenne montre une première saison de 90 jours, un seconde de 120 jours séparées par une petite sécheresse de 35 jours (figure 12).

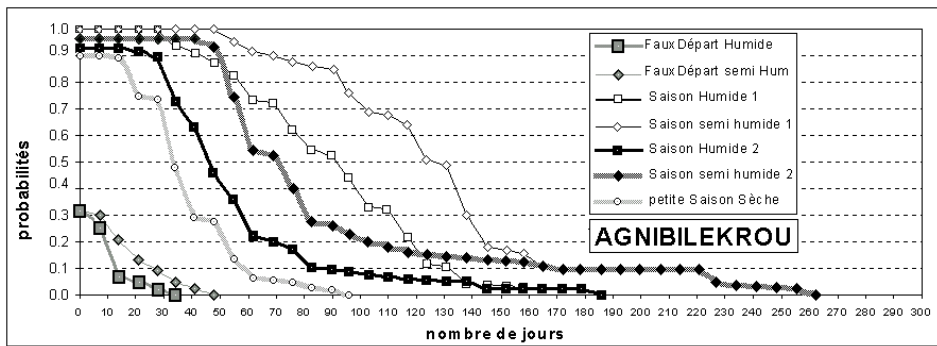


Figure 12 : Fréquences de la durée des saisons pluvieuses à Agnibilekrou. *Frequencies of durations of rainy seasons for Agnibilekrou.*

Cette méthode appliquée à divers sites permet des comparaisons d'ordres divers suivant l'unité de l'axe de référence : dates, durées, probabilités. Ainsi on peut exprimer la date en jours depuis le début de l'année. On peut voir par exemple la probabilité du début de la seconde saison pour plusieurs stations (figure 13).

Les céréales et légumineuses offrent des cultivars à cycle court de 3 mois. Donc la durée minimale de la saison de culture est de 90 jours. On peut cartographier les probabilités d'existence d'une saison par durée. Les fréquences d'apparition diminuent quand les saisons s'allongent. La possibilité d'obtenir une première saison de culture est très aléatoire le long du 8^{ème} parallèle. Une large bande de terrain n'offre au mieux qu'une probabilité d'un an sur deux. L'axe Vavoua Bondoukou tombe en dessous d'une probabilité de 30%. La production agricole de la première moitié de l'année est très aléatoire (figure 14).

On cartographie, décade par décade, les probabilités d'apparition des saisons. Chaque décade donne la date pour laquelle la saison est déjà ouverte. Par exemple la décade 17 correspond au 21 mai. Pour obtenir la carte des dates de début de la seconde saison de culture à la probabilité de 75% on copie sur le même fond les 36 courbes décadaires correspondant à cette probabilité. C'est de cette façon qu'a été réalisée la figure 15. On obtient ainsi la carte de distribution

spatiale des dates. Les forts gradients temporels traduisent de véritables failles dans le calendrier espéré des saisons. Par exemple, autour de Vavoua, il y a un regroupement des courbes isochrones, sur 50 kilomètres on passe du 21 mai au 21 juillet traduisant une variabilité supérieure à 2 mois dans l'apparition de la seconde saison culturale. Plus au sud au niveau du 7^{ème} parallèle l'incertitude atteint 4 mois ce qui explique le vide central du pays Baoulé. L'impossibilité de prévoir une date de semis et entraîne de mauvaises espérances de production ce qui n'encourage pas le peuplement.

Dans ces conditions on ne sait pas quand commencer les cultures à cycles courts que ce soit en première ou seconde saison pluvieuse, on est condamné à pratiquer des semis successifs sans garantie de réussite. L'arrière-saison est souvent très courte (figure 16) et la probabilité d'un cycle normal de végétation est inférieure à 50% entre 7 et 9° de latitude soit tiers du pays, dans la partie nord-est (Morel et Raoult, 1979). Dans ces zones à faible pression démographique, sans problèmes d'attribution de terre, on a créé des fermes semencières pluviales. Les résultats ont été décevants car les fluctuations climatiques interannuelles ont rarement permis l'obtention de récoltes normales et de qualité.

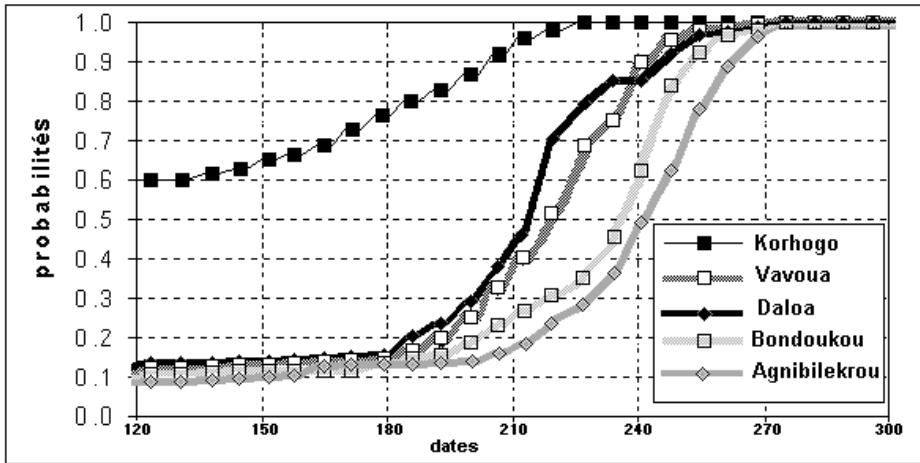


Figure 13 : Fréquences de la date d'apparition de la seconde saison de culture.
Frequencies of different dates for the beginning of the second cultivation season.

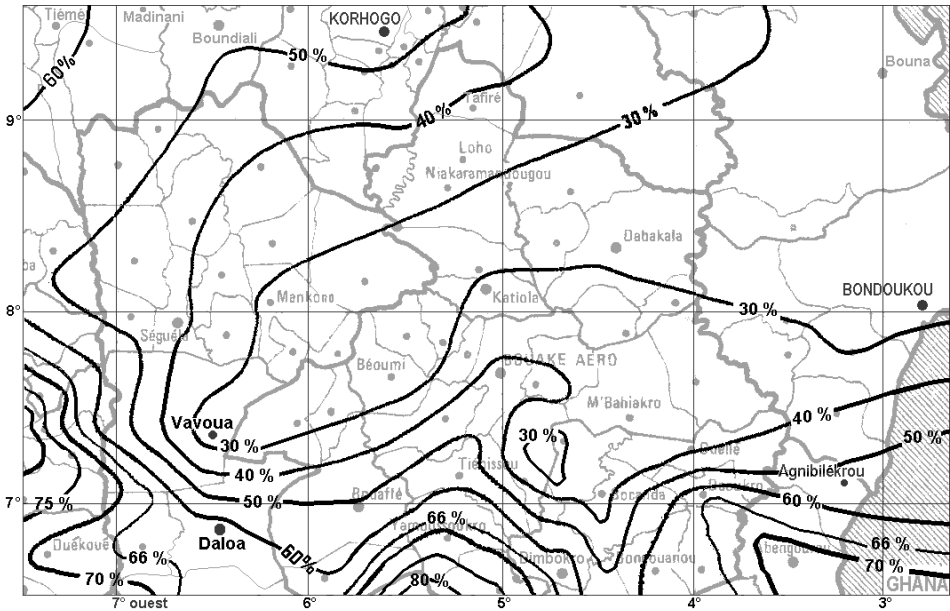


Figure 14 : Probabilités d'une première saison culturale au moins égale à 90 jours. *Map of probabilities for a first cultivation season at least 90 days long.*

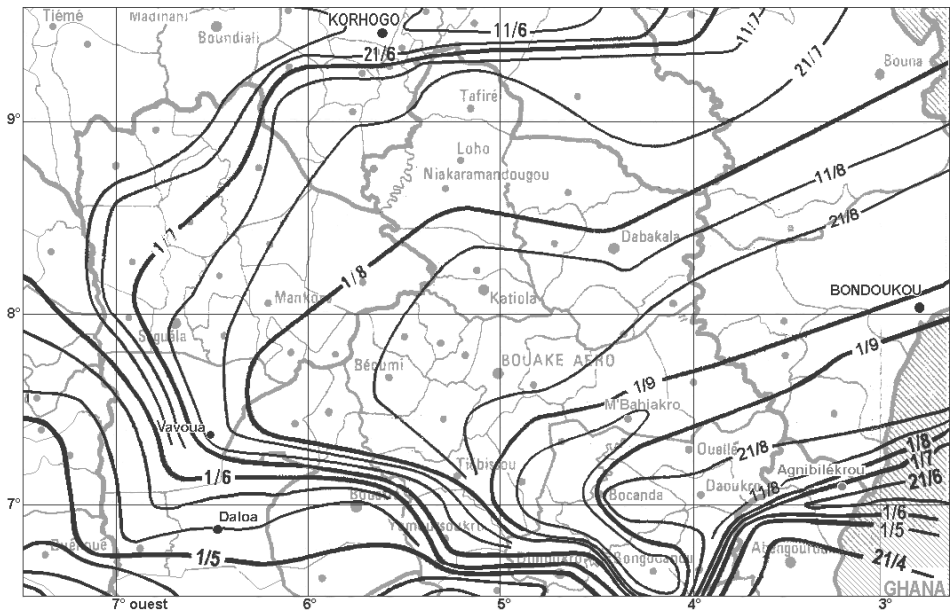


Figure 15 : Dates de début de la seconde saison de culture (occurrence 3 ans sur 4). *Map of dates for the beginning of the second cultivation season (frequency of 3 years out of 4).*

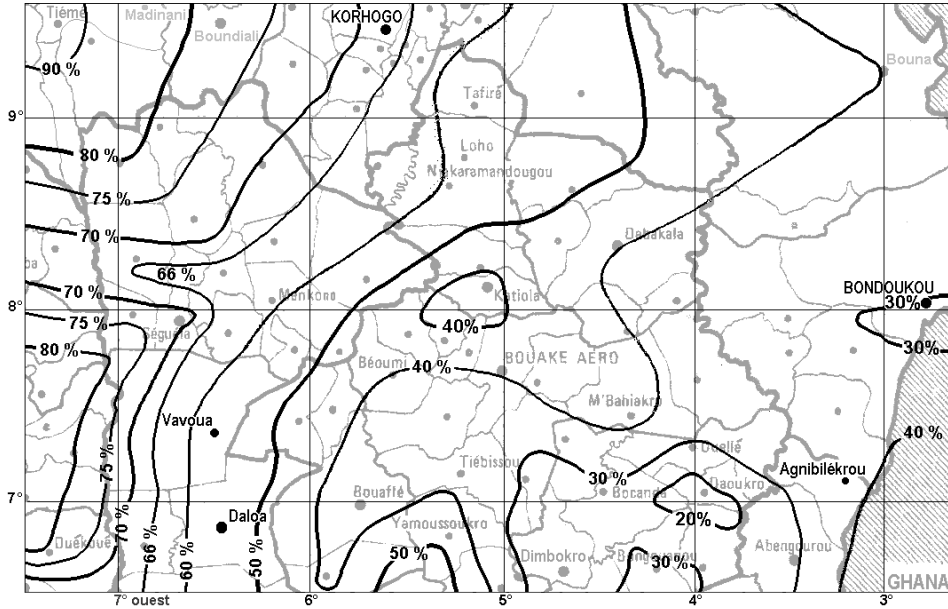


Figure 16 : Probabilités d'avoir une seconde saison d'au moins 90 jours. *Map of probabilities for a second cultivation season at least 90 days long.*

Conclusion

Le passage d'une pluviométrie à deux saisons de pluies dans le sud de la Côte d'Ivoire à un régime de pluies à un seul maximum au Nord, ne se fait pas de façon régulière. On observe un démarrage erratique des pluies, des coupures sèches plus ou moins longues, des durées de saisons très irrégulières. Les risques qui en résultent pour la production vivrière sont très élevés. Ceci est valable pour des cultures à cycle court ; ce ne sont pas des conditions favorables à l'occupation humaine. L'exploitation des terres disponibles nécessite de nouvelles techniques culturales pour ne plus dépendre des aléas climatiques. La recherche de cultivars à cycle inférieur aux 90 jours pris en exemple n'est pas facile. Des cultures à long cycle supportant des intervalles de sécheresse, comme le manioc, sont pratiquées. La présence de plantations pérennes, comme les avocats, est aussi en développement. La tentation de promouvoir l'irrigation se heurte au coût de développement.

Bibliographie

- BNETD, 1968 : *Petite hydraulique agricole, tome 1 : Etude générale*, 7 tomes, Abidjan.
- CHAUVEAU J.P., 2000 : Question foncière et construction nationale en Côte d'Ivoire *Politique Africaine*, n° 78, spécial Côte d'Ivoire pp 94-125.
- CIESIN, 2001 : *Landscan 2000*, World wise population database, Columbia University, 2001.

- COCHEME J., FRANQUIN P., 1967 : *Une étude d'agroclimatologie de l'Afrique sèche au sud du Sahara en Afrique occidentale*, Projet conjoint FAO-UNESCO-OMM, Rome, 325 p.
- ERPICUM M., BINARD M., PETERS J.P., ALEXANDRE J., 1988 : Une méthode d'analyse de la saison des pluies en région sahélienne (exemple pris au Sénégal) in Erpicum M., (éd), *Actes des journées de Climatologie*, 5-7 novembre 1987, Presses Universitaires de Liège, Belgique, pp. 43-56.
- FRANQUIN P., 1973 : Analyse agroclimatique en régions tropicales. Méthode des intersections et périodes fréquentielles de végétation, *L'Agronomie Tropicale*, 28, Paris, pp. 665-682
- LE BARBE L., 1988 : *La climatologie de la République Populaire du Bénin*, ORSTOM, Cotonou, 200 pages
- MOREL R., 1999 : Saison sèche le long du golfe de Guinée *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 12, pp. 107-115
- MOREL R., RAOULT B., 1979 : *Agroclimatologie de la Côte d'Ivoire*, Ministère du Plan, Abidjan, Editions BDPA Paris, 5 tomes, dont un de cartes.
- STERN R. D., DALE I. C., 1983 : *Statistical methods for the tropical drought analysis based on rainfall data*, Programme on research in tropical meteorology (PRTM), Commission for atmospheric science, WMO, Geneva, 60 p.
- UNEP, 2002 : *Afrique : les conséquences des changements climatiques, Cartes et graphiques essentiels*, UNEP/GRID-Arendal, 29 p.