

UNIVERSITE DE BOURGOGNE  
UFR Sciences Humaines  
CENTRE DE RECHERCHES DE CLIMATOLOGIE

Année : 1998

N° attribué par la bibliothèque

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE BOURGOGNE

(arrêté ministériel du 30 mars 1992)

Discipline : Géographie (Spécialité : Climatologie)

Présentée et soutenue publiquement

par

Christophe Sègbè HOUSSOU

le 2 juillet 1998

**LES BIOCLIMATS HUMAINS DE L'ATACORA (NORD-  
OUEST DU BENIN) ET LEURS IMPLICATIONS SOCIO-ECONOMIQUES**

Directeur de thèse

Madame le Professeur Jocelyne PERARD

Jury

M. Jean-Pierre Besancenot  
M. Michel BOKO  
M. Philippe CHAMARD  
Mme Marie-Françoise COUREL  
M. Bernard FONTAINE  
Mme Jocelyne PERARD

Président  
Rapporteur  
Examineur  
Rapporteur  
Examineur  
Directeur de thèse

## AVANT-PROPOS

Quand je m'inscrivais en première année de géographie à l'Université nationale du Bénin en octobre 1974, je ne pensais pas à la climatologie encore moins à la bioclimatologie. Mais est-ce à dire que c'est par hasard que je suis arrivé à la bioclimatologie? Non! J'avais un penchant pour la médecine et partant pour la géographie de la Santé. Quand ma rencontre avec le professeur Michel Boko en 1989 m'a ouvert la voie vers la bioclimatologie, cela a été pour moi une joie immense, surtout que mon séjour dans l'Atacora de 1987 à 1990 m'a conforté dans l'idée d'étudier les effets du climat sur l'homme (sa santé et ses activités). Par intuition, je sentais que le climat (la chaleur) pouvait tuer ou simplement réduire la capacité de travail de l'homme.

Que le Professeur Michel Boko veuille trouver ici l'expression de toute ma gratitude. Il m'a soutenu moralement, administrativement et financièrement en consentant des sacrifices. Aussi a-t-il accepté de faire le rapport de soutenance de cette thèse. Qu'il en soit sincèrement remercié.

A madame le Professeur Jocelyne Pérard, Responsable français des accords inter-universitaires Dijon-Cotonou en climatologie, j'adresse mes sincères remerciements pour m'avoir permis d'aborder les études doctorales en m'obtenant une bourse de DEA auprès du Fonds d'Aide et de Coopération français dans le cadre de ces accords d'une part, et pour avoir accepté de diriger cette thèse malgré ses multiples occupations administratives en qualité de Président de l'Université de Bourgogne d'autre part. Ses minutieuses corrections et son attention particulière m'ont permis d'améliorer le travail et d'arriver à bout de cette thèse. Que madame le Professeur, accepte l'expression de toute ma gratitude.

J'adresse aussi ma reconnaissance à monsieur Jean-Pierre Besancenot, spécialiste de bioclimatologie humaine, Directeur de recherches au CNRS et Responsable du GDR 102 "Climat et Santé", qui m'a fourni une importante documentation bibliographique. Les multiples discussions enrichissantes que nous avons eues suite à ses corrections m'ont permis d'améliorer la qualité du travail. Aussi, soit-il remercié pour avoir accepté de participer à ce jury.

Je remercie également monsieur Bernard Fontaine, Directeur du Centre de Recherches de Climatologie et Responsable de l'unité ESA 5080 " Climat de l'Espace Tropical" du CNRS pour avoir accepté de siéger à ce jury.

A madame Marie-Françoise Courel, Directeur de Recherches au CNRS et Responsable de PRODIG, j'adresse mes remerciements pour avoir accepté de faire le rapport de soutenance.

Que monsieur Philippe Chamard reçoive ma profonde gratitude pour sa participation à ce jury, lui qui avait dirigé mon mémoire de DEA .

A tous ceux qui m'ont aidé dans la collecte des données, Paul Sossa-Aminou, Epiphane Ahlonsou, Isaac Igué de la Division climatologie et agroclimatologie de la Direction du Service Météorologique National à Cotonou, les techniciens de la station synoptique de Natitingou, les agents de santé des centres de santé de Natitingou, en particulier le docteur dentiste Emile konassandé alors médecin-chef du CSCU de Natitingou et Alain Dagoli alors chargé des statistiques à la DDS/Atacora, Placide Oké radiologue au CNHU de Cotonou qui m'a facilité l'accès aux données du Centre de Documentation du Ministère de la Santé, j'adresse toute ma reconnaissance.

Mes remerciements vont particulièrement à Robert M. Batcho, son épouse et Jules Wotto du CARDER/Atacora qui m'ont facilité le séjour dans l'Atacora lors de mes travaux de terrain, à Nestor Tiéga de la DDE/Atacora qui m'a mis en contact avec les populations-cibles concernées par mes enquêtes et à tous ceux qui m'ont donné des informations.

Je remercie tous les membres de l'équipe du Centre de Recherches de Climatologie de Dijon. Chacun a été pour moi un soutien inestimable : Valerie Bonnardo, Pascal Roucou, les doctorants africains, membres de l'équipe (Jean-Damien M. Makanga, Gaston Samba, Romuald Mbayi, Guy Boulou...), Frédéric Mizrahi, Korine Quintar, Isabelle Pocard, Karine Hernandez, Sylwia Trzaska et surtout Constant Houndénou, frère et ami qui m'a toujours aidé et soutenu. J'associe à ces remerciements les étudiants en maîtrise et ceux de DEA du CRC.

J'adresse mes remerciements particulièrement à Pierre Camberlin, Yves Richard, Sylvain Bigot qui ont lu une partie de ce travail, à Michèle Dalby pour la page de garde, à Gratien Tchiadeu et Léonard Agassounon pour la mise en forme de nombreuses cartes, M'Baye Diop pour ses aides en technique informatique et Sébastien Carbon du Laboratoire de Cartographie (dirigé par Tainturier) pour la couverture.

Je ne saurais oublier les ménages Sédou, Ahossi et Echikou, madame Marie-Odile Gallissot , Régine Ghely etc... qui ont rendu agréables mes séjours à Dijon, Que chacun d'eux acceptent mes sincères remerciements.

A tous les enseignants du département de géographie de l'Université Nationale du Bénin, en particulier les responsables qui m'ont toujours manifesté leur compréhension et aux responsables de la FLASH/UNB, je dis infiniment merci.

Aux membres du Laboratoire de Climatologie à Abomey-Calavi dont le soutien ne m'a jamais fait défaut, j'adresse mes remerciements. Je fais une mention spéciale à Fulgence Afouda et Ignace Tossa, assistants au département de géographie pour leurs conseils et leur soutien multiforme, à Placide Clédjo et Vissin Expédit qui ont mis au propre les cartes et diagrammes, à madame d'Oliveira et Etienne B. Biaou qui ont saisi une bonne partie du texte, à Hyacinthe Agli et à Mathias Toffi qui m'ont toujours soutenu.

Je ne saurais terminer cette liste sans évoquer certains noms : mes oncles Koussé (Alidou, Talli et Kouloni) et leurs épouses, monsieur Joseph Fanou et son épouse et monsieur Achille et son épouse qui m'ont toujours apporté leur soutien moral et matériel; les famille Ohoussou, Padonou à Cotonou et Sossou Ayi à Lokossa dont le soutien ne m'a jamais fait défaut. Je vous prie d'accepter mes sincères remerciements.

Que pourrais-je sans la compréhension et l'amour de celle avec qui je partage ma vie, Alberte née Sossou, mes filles Judith, Ella et Pax. Que de sacrifices et de privations! C'est à vous que je dois ce travail.

Je n'ai certainement pas pu nommer tous ceux qui m'ont apporté leur concours, je demande à ceux qui ne vont pas y voir figurer leur nom de m'en excuser. Je les ai tous dans mon coeur.

Enfin, je dédie cette thèse à tous ceux qui en Afrique ou ailleurs ont souffert et souffrent encore des effets du climat tout en ignorant les causes de leur souffrance. Que de gens le climat a rendu malade ou a tué! Puisse cette étude aider à éveiller l'attention des populations et surtout des autorités sur la réalité des relations bioclimats-hommes-production dans nos sociétés.

## RESUME

Les bioclimats humains de l'Atacora s'inscrivent dans le contexte climatique du Bénin et de l'Afrique Occidentale, et participent aux conditions de développement de la région.

Des données climatologiques (précipitations, température, humidité relative, orage, ETP, pression), cliniques (maladies, hospitalisations, décès) au pas de temps journalier, mensuel ou annuel et des données d'enquêtes de terrain ont été utilisées dans le but de définir les périodes de confort et d'inconfort bioclimatiques et d'en étudier les effets sur la santé et les activités des populations de l'Atacora, région la plus enclavée et la moins développée du pays. Pour y parvenir, des indices bioclimatiques ont été calculés et des paramètres utilisés. L'analyse de régression simple et du khi-deux entre éléments du climat et maladies a été faite; elle a permis d'apprécier le degré de liaison qui existe entre temps et maladie dans cette région du nord-ouest du Bénin. L'analyse de variance a permis d'établir une carte de prévalence des trois principales affections de l'Atacora. Mais avant, la région est présentée dans sa variabilité pluviométrique, ses extrêmes et fortes amplitudes thermo-hygrométriques, sa population jeune confrontée à de multiples difficultés et ses secteurs socio-économiques délabrés.

Les ambiances bioclimatiques paraissent favorables aux germes pathogènes, par contre elles ne le sont pas tout à fait à l'homme. En effet, elles lui sont plutôt légèrement favorables dans la matinée et après 17 heures et très défavorables dans l'après-midi (entre 12 heures et 17 heures) toute l'année du point de vue thermique surtout. Une distorsion se note donc entre conditions bioclimatiques, exigences physiologiques de l'homme et rythme de vie. Cette situation est préjudiciable à la santé et au rendement au travail de la population d'une part, et au développement socio-économique de la région, d'autre part. Les rythmes pathologiques suivent souvent, en effet, ceux des ambiances climatiques les plus stressantes.

Des calendriers et horaire de travail dans les grands secteurs d'activité de la vie socio-économique du département de l'Atacora ont été proposés afin de minimiser les risques climatiques encourus par les populations au travail.

**Mots-clefs :** Afrique Occidentale, Bénin, Atacora, ambiances climatiques et bioclimatiques, risques climatiques, santé des populations, activités socio-économiques, calendrier de travail.

## ABSTRACT

The human bioclimates of Atacora come within the beninese and west-african climatic context, and take part in the development of this region. Climatic data (rainfall, temperature, relative humidity, windspeed, thunderstorms, evapotranspiration, pressure), clinic data (diseases, hospitalizations, death) and field study data have been utilized, on daily, monthly or annual time scales. Calculation of bioclimatic indexes, regression, variations have been made. Variance analysis permitted a three main affections prevalence map. But before, this region is presented in its pluviometric variations, its thermo-hygrometric extremes and high ranges, its young population face to several difficulties and its socio-economic sectors in a sorry state.

Bioclimatic conditions seem favourable for diseases germs, but they are not completely favourable for man : these conditions, throughout the year, are slightly favourable in the morning and after 5 p. m. and very unfavourable from midday to 5 p. m.. We therefore notice a distortion between bioclimatic conditions, human physiological requirements and rhythm of life. This situation is prejudicial to the population health and work efficiency, and to the socio-economic development of the region. In effect, pathologic rhythm and climatic rhythm are often in agreement.

In the aim of minimising climatic risks, run by population at work, calendars and timetables in the main socio-economic sectors in Atacora department have been suggested.

### **Keys-words**

West-Africa, Bénin, Atacora, climatic and bioclimatic atmosphere, climatic risks, public health, socio-economic activities, work calendars.

## SIGLES ET ABREVIATIONS

- A.C.D. I. : Agence Canadienne pour le Développement International
- A.F.V.P. : Association Française des Volontaires du Progrès
- AUB : Auberge.
- A.V.S. : Agent villageois de santé.
- B.I.D. : Banque Internationale pour le Développement
- BOAD : Banque Ouest-Africaine de Développement
- CES : Collège d'enseignement secondaire
- CET : Collège d'enseignement technique
- CREDESA : Centre Régional pour le Développement Sanitaire.
- CM : Commandement Militaire
- CS : Centre de santé
- CSCU : Centre de santé de circonscription urbaine
- CSSP : Centre de santé de sous-préfecture
- CCS : Complexe communal de santé
- CMERB/PR : Cellule Macro Economique/Bénin/ Présidence de la République
- DANA : Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquée
- DDCT : Direction Départementale du Commerce et du Tourisme
- DDE : Direction Départementale de l'Enseignement
- DDS : Direction Départementale de la Santé.
- DPE : Direction Provinciale de l'Enseignement (ancienne dénomination de DDE)
- DPS : Direction Provinciale de la Santé (ancienne dénomination de DDS)
- DSMN : Direction du Service Météorologique National
- DC : Division climatologie
- DG/INSAE : Direction Générale / Institut National de Statistiques et d'Analyses Economiques

EPP : Ecole Primaire Publique

FAL : Front des alizés

FAO : Organisation des Nations-Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

FM : Front de mousson

GTZ : Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Assistance technique allemande)

HD : Hôpital Départemental

LARES : Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Etudes sociales.

MDR : Ministère du Développement Rural

MPREPE : Ministère du Plan, de la Restructuration Economique et de la Promotion de l'Emploi

MSP : Ministère de la Santé Publique

OBSS/AN : Office Béninois de Sécurité Sociale/ Annexe de Natitingou

ONG : Organisation non-gouvernementale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PAM : Programme Alimentaire Mondiale

PDRA : Programme pour le Développement Rural de l'Atacora

PDRI : Projet de Développement Rural Intégré

PEV : Programme Elargie de Vaccination

PMI : Protection Maternelle et Infantile

PNUD : Programme des Nations-unies pour le Développement

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SONAFEL : Société Nationale des Fruits et Légumes

SBEE : Société Béninoise d'Electricité et d'Eau

TCM : Tableau Climatologique Mensuel

TP : Travaux Publics

UNESCO : Organisation des Nations-Unies pour l'Education et la Culture

UNICEF : Organisation des Nations-Unies pour l'Enfance

U.Coop : Union coopérative

UCTJM : Usine de Concentré de Tomates et de Jus de Mangues

USAID : Aide Internationale des Etas-Unis pour le Développement

UVS : Unité Villageoise de Santé

ZCIT : Zone de convergence intertropicale

# TABLE DES MATIERES

Avant-propos	2
Résumé	5
Table des sigles et abréviations	6
Table des matières	9
<b><u>Introduction générale</u></b>	<b>13</b>
1- Problématique	13
2- Données	23
3- Méthodes et techniques d'analyse	27
4- Plan	36
<b><u>Première Partie : Présentation du domaine d'étude</u></b>	<b>37</b>
<b>Chapitre premier : Le cadre naturel</b>	<b>38</b>
A- Cadre géographique	38
1- Situation	38
2- Eléments majeurs du milieu physique	38
a) Les unités morphologiques	38
b) Sols, végétation et cours d'eau	43
B- Les caractéristiques climatiques de l'Atacora	54
1- Les mécanismes climatiques	54
a) Le bilan radiatif du système Terre	55
b) Les grands systèmes de circulation	55
c) Les migrations du FIT au Bénin	60
2- Les types de temps saisonniers	64
a) Temps de saison sèche	64
b) Temps de saison des pluies	68
3 - L'étude des éléments du climat	76
a) Les précipitations	76
b) Les températures et l'humidité relative	76
c) les extrêmes thermiques et hygrométriques	82
d) L'insolation et les vents	86
4- La variabilité pluviométrique et thermohygrométrique	90
a) La variabilité pluviométrique	90
b) Les tendances thermiques et hygrométriques	99
<b>Chapitre deuxième : Le milieu humain</b>	<b>102</b>
A- Démographie	102
1- Les peuples de l'Atacora	102
2- Structure et évolution démographiques	106
a) Etude des pyramides des âges	107
b) Evolution démographique	111
B- Genres de vie des populations	114
1- Habitats et habitations	114
a) Milieu urbain	114
b) Milieu rural	118

c) Caractéristiques des habitations	123
2- Habillement et alimentation	125
a) Problèmes liés à l'alimentation et à l'approvisionnement en eau	126
b) Situation alimentaire de l'Atacora	128
3- Les activités économiques	129
a) Une agriculture familiale où dominant les cultures vivrières	129
b) Des pratiques culturelles peu rentables	130
c) Production et revenu moyen de l'agriculteur	134
d) Les autres secteurs de l'économie	137
4- Une situation sanitaire inquiétante	143
a) Infrastructures sanitaires et personnel médical	143
b) Question des médicaments et coût des maladies	147
c) Fréquentation des centres de santé, pharmacopée et religion	149
C- L'assistance étrangère dans les domaines sanitaire et scolaire	153
Conclusion partielle	154

**SECONDE PARTIE : AMBIANCES BIOCLIMATIQUES, RYTHMES CLIMATIQUES ET RYTHMES PATHOLOGIQUES DANS L'ATACORA** 155

**Chapitre troisième : Le concept et l'évaluation des bioclimats humains de l'Atacora** 157

A- Echanges thermiques et hydriques entre milieu ambiant et organisme humain	159
1- Echanges thermiques	159
a) Processus d'échanges thermiques	160
b) Au niveau cutané	164
c) Thermorégulation	164
2- Echanges hydriques au niveau pulmonaire	169
3- Situation climatique extrême	170
B - Evaluation des bioclimats humains de l'Atacora	173
1- Choix des indices bioclimatiques	173
2- Analyse des résultats	179
a) A l'heure du maximum thermique	179
b) A l'heure du minimum thermique	183
c) Synthèse des ambiances bioclimatiques au pas de temps journalier	191
d) Synthèse des ambiances bioclimatiques au pas de temps mensuel	197
e) Synthèse annuelle des ambiances bioclimatiques en pourcentage	202
3- Climat vécu : aspect psychologique	204
a) L'orage	206
b) L'impact psychologique des pluies	208
C- Etude de cas et perception du temps par les populations	214
1- Méthodologie	214
2- Ambiances en période d'harmattan	215

3- Ambiances en période de forte chaleur	220
4- Liaison entre les températures de la station et celles de l'intérieur des maisons	222
5- Perception du temps par les populations	230
Conclusion partielle	230
<b>Chapitre quatrième: Complexes pathogènes, rythme global des pathologies et conditions de développement des germes et agents vecteurs dans l'Atacora</b>	<b>232</b>
A : Ecologie des germes pathogènes et rythme global des affections	233
1- Le paludisme	233
2- La méningite cérébrospinale	237
3- La rougeole et la varicelle	239
4- Les affections des voies respiratoires	241
5- La bilharziose et les diarrhées	244
6- Autres affections	246
B- Bioclimats et développement des agents-vecteurs et des germes pathogènes dans l'Atacora	248
1- Le paludisme	248
2- La méningite	251
3- La rougeole et la varicelle	252
4- La broncho-pneumonie	253
5- La bilharziose	255
6- Les diarrhées	256
7- Les maladies des yeux	260
8- Les dermatoses	260
<b>Chapitre cinquième : Dynamique des affections : rythmes climatiques et rythmes pathologiques dans l'Atacora</b>	<b>264</b>
A- Dynamique interannuelle des affections	264
1- Rythme interannuel des pathologies	264
2- Variation interannuelle des rythmes pathologiques saisonniers	272
3- Liaison statistique entre éléments du climat et maladies	283
a) L'analyse de régression	283
b) L'analyse du khi-deux	287
B- Géographie des pathologies	289
1- La carte des principales affections	289
2- Quelques suggestions	293
<b><u>Conclusion Générale</u></b>	<b>294</b>
Point des résultats	
Quelques éléments de proposition	
Perspectives	
<b>Bibliographie</b>	<b>298</b>
Annexes	314

Listes des figures	324
Listes des tableaux	329
Listes des photos	331
Liste des annexes	332

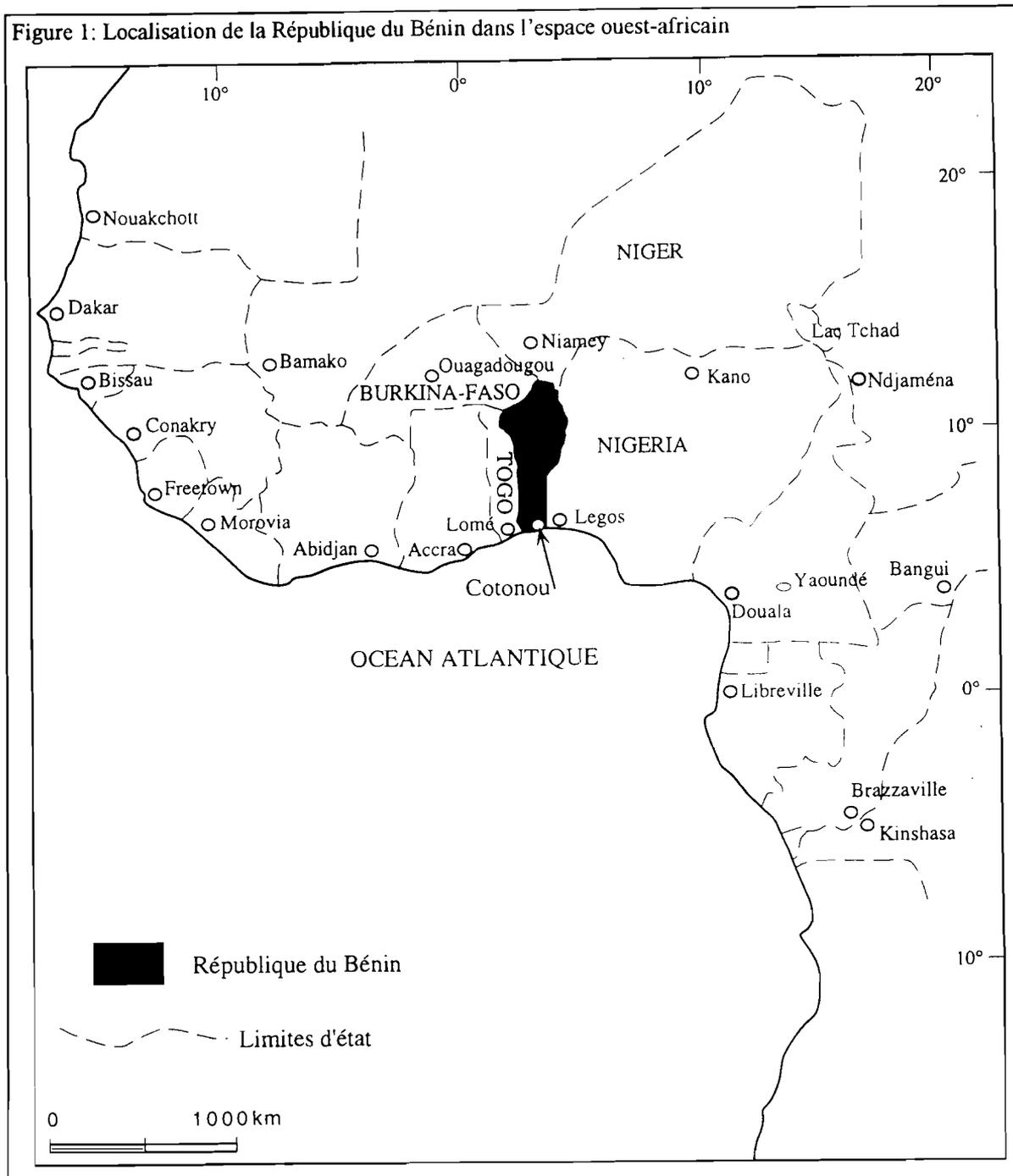
## INTRODUCTION GENERALE

### I - PROBLEMATIQUE

La situation socio-économique des pays d'Afrique tropicale - et le Bénin n'est pas l'exception- est désastreuse et inquiétante. Depuis les indépendances des années soixante, cette région du monde n'a jamais connu de répit : elle est constamment déchirée par des guerres fratricides. Citons entre autres la guerre du Biafra (Nigeria) de 1966 à 1970, celles du Tchad, de l'Ethiopie-Erythrée, du Soudan, de l'Angola... sans oublier les drames récents du Rwanda-Burundi, du Zaïre, de la Centrafrique et du Congo. Leurs conséquences sont inestimables et ont pour noms destructions massives, énormes pertes en vies humaines, exodes massifs et forcés, famines, constitution de camps de réfugiés, vagues d'épidémies de toutes sortes. Même en temps de paix, toute perspective est restée sombre du fait de l'incapacité inavouée de la plupart des dirigeants, non seulement à faire décoller l'essor socio-économique des pays, mais même à faire face aux besoins quotidiens des populations en pleine expansion démographique. Cette situation a favorisé l'instauration de régimes dictatoriaux, orchestrés par les militaires, ou souvent appuyés par l'armée, dans nombre de pays africains. Aux politiques hasardeuses et sans lendemain se sont surimposées des calamités naturelles dont les sécheresses de 1970-1977 et 1983-1984 au Sahel surtout et ensuite, en 1985, l'agression par les acridiens (criquets migrateurs) destructeurs des cultures. Ces fléaux ont eu des résultats catastrophiques. Toutes ces difficultés sont le lot quotidien des pays de l'Afrique de l'Ouest (**Fig.1**) : Le Sahel n'a été épargné ni par les troubles socio-politiques, ni par les sécheresses des années 70 et 80 ni par les criquets migrateurs et à des degrés divers c'est l'ensemble du domaine tropical qui a été touché par ces fléaux d'ordre climatique ou humain.

Actuellement les guerres font toujours des ravages en Afrique de l'Ouest. Même si la guerre du Liberia est terminée et si les armes se sont également tues dans certains points chauds comme le Mali, le Niger ou la Mauritanie qui sont confrontés au problème des minorités ethniques (Touareg ou citoyens noirs), les

guerres de la Sierra Leone et de la Casamance n'ont toujours pas fini de faire parler d'elles.



D'autres problèmes d'ordre politique ne manquent pas de s'égrener, tels que les troubles politiques suivis d'exodes de populations (cas togolais de 1992 à 1994) et les conflits frontaliers ouverts ou larvés (Mauritanie-Sénégal, île de Bakassi entre le Cameroun et le Nigeria, île de Lété entre le Bénin et le Niger et Aflao entre le Togo et le Ghana). A tout cela s'ajoutent des problèmes socio-économiques liés aux

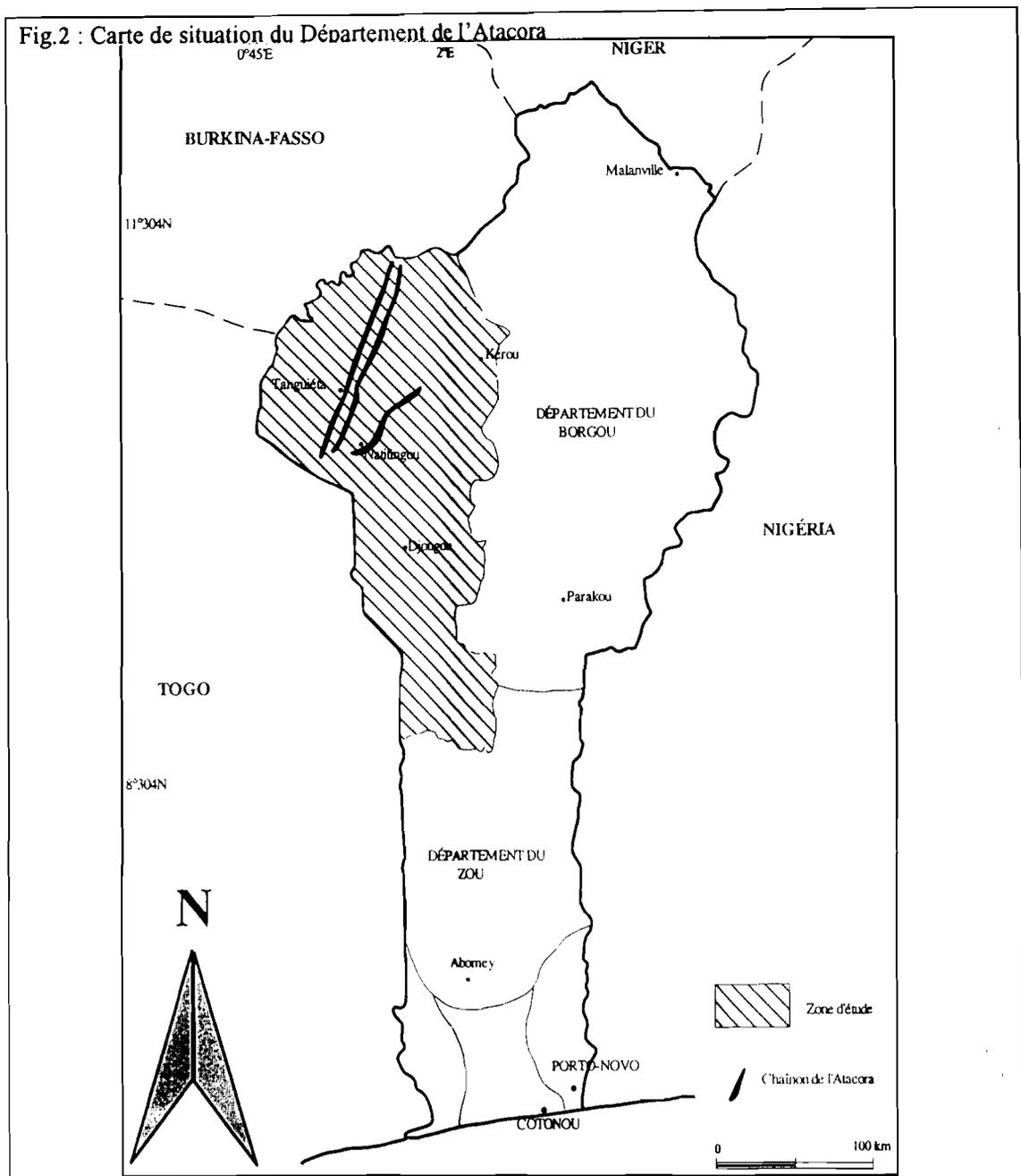
fluctuations pluviométriques (mauvaises récoltes, disettes, flambée des prix des produits vivriers, faibles revenus et faible pouvoir d'achat, problèmes de santé), même si nous n'en sommes plus à la situation de 1983-1984 au cours de laquelle le Niger a perdu les 2/3 de son cheptel et a connu un déficit céréalier d'environ un million de tonnes. Tout porte à croire que les pays africains sont entrés dans le cycle infernal de la malnutrition, de la maladie, de la pauvreté, de la mendicité, de l'endettement et de l'assujettissement entretenu par les Programmes d'Ajustement Structurel (PAS).

Le Programme d'Ajustement Structurel est aujourd'hui adopté par la plupart des gouvernements des pays africains. Ce programme est élaboré sous l'égide du Fonds Monétaire International (FMI) et de la Banque Mondiale (BM). Il constitue l'une des conditions pour avoir accès aux crédits internationaux. Il a pour but de restructurer les économies délabrées des pays. Chaque programme comporte plusieurs volets. Quelques uns de ces volets sont entre autres, le dégraissage de l'effectif de la fonction publique, la privatisation des sociétés d'Etat suivie de licenciements avec ou sans indemnisation, le blocage des avancements et des promotions des agents de l'Etat... Ces mesures ont pour conséquences, la baisse drastique du pouvoir d'achat des populations, couplée avec une inflation galopante, d'où une paupérisation de plus en plus poussée au sein de la population : situation chaotique qu'est venue aggraver dans les pays francophones la dévaluation du franc CFA de janvier 1994.

Où se situe le Bénin dans cette conjoncture? Est-il épargné? Non, alors qu'il n'a connu, ces vingt dernières années, ni de grands fléaux humains comme la guerre, ni des sécheresses de même intensité qu'au Sahel. Cependant, sa situation n'est pas brillante. Il reste l'un des pays les moins avancés du continent (il est parmi les 6 derniers) et se caractérise par un sous-développement aggravé par dix-sept ans de régime marxiste : c'est le pays de l'Afrique Occidentale francophone qui a connu le plus de coups d'état (une quinzaine), même si cela s'est passé presque sans effusion de sang, depuis l'indépendance jusqu'en 1972, année de l'avènement du régime révolutionnaire. Au cours de cette période, la fascisation du pouvoir, la dilapidation des ressources humaines et financières (faillite de banques et de sociétés d'Etat, par exemple) et la mauvaise gestion du patrimoine national ont mis

le pays dans une situation de cessation de paiement et de perte de crédibilité. Dès 1987, le PAS était accepté et les Béninois vivent toujours sous son régime de mesures draconiennes (gel des recrutements, blocage des avancements et des promotions dans la fonction publique, flambée des prix des produits manufacturés et des denrées alimentaires locales...). Ce régime a ainsi plongé le pays dans le délabrement économique et social, malgré la volonté affichée de sortir le Bénin de la paupérisation. La situation ne s'est pas pour autant améliorée depuis l'avènement du processus de démocratisation du pays à partir de février 1990 : les problèmes de sous-développement demeurent et les perspectives d'avenir ne sont guère prometteuses du fait, en partie, de la conjoncture économique internationale peu favorable. Le rapport de l'OMS en 1995 donne les repères suivants : le Bénin a un PNB par habitant de 410 dollars US en 1993 (contre 670 en Côte-d'Ivoire et 4450 au Gabon), une espérance de vie à la naissance de 46 ans (contre 56 au Cameroun), des dépenses de santé de 19 dollars US par habitant en 1990, une mortalité maternelle de 250 à 499 pour 100.000 naissances vivantes en 1993, un taux de mortalité de 147‰ pour les moins de 5 ans (contre 124‰ en Côte-d'Ivoire); 15% des enfants nés vivants en 1990 ont un faible poids, enfin seulement 46% de la population rurale ont accès à l'eau saine et 31% à l'assainissement en 1990. A cette situation socio-économique et sanitaire peu enviable s'ajoutent des problèmes d'ordre écologique comme l'érosion, la dégradation des sols et d'autres calamités naturelles avec leurs conséquences, faible production, disettes ou soudure alimentaire difficile à assurer dans certaines régions comme dans l'Atacora, notre zone d'étude (**Fig. 2**).

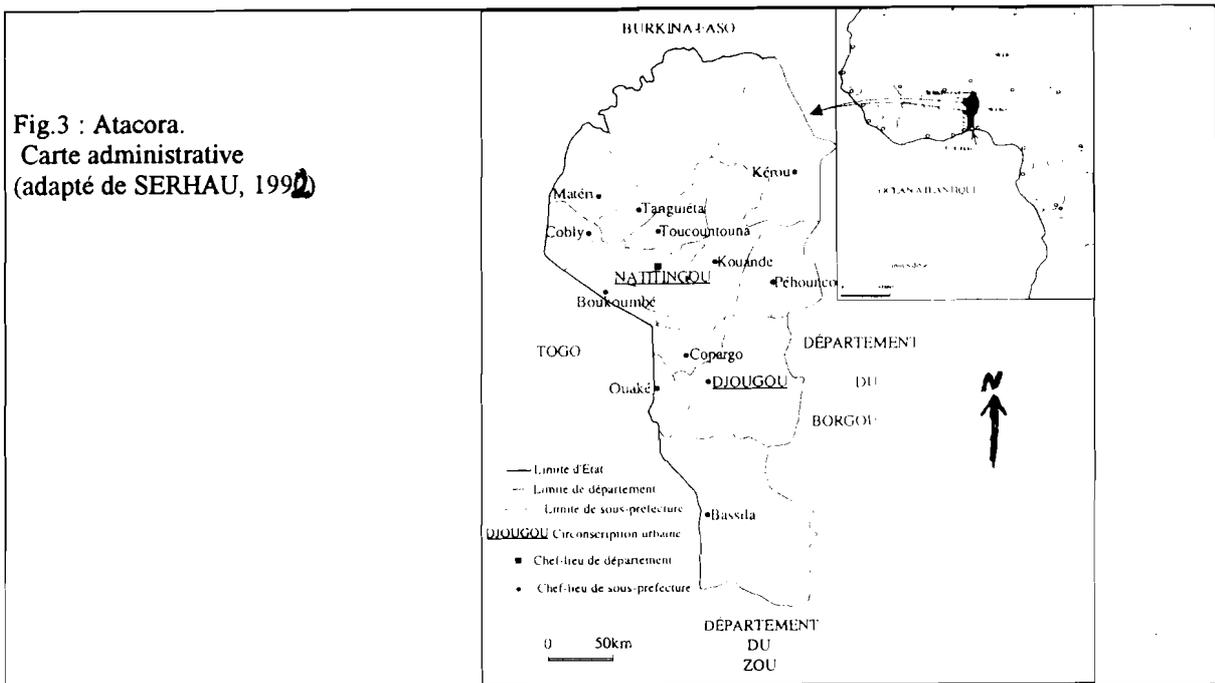
Composé de 13 sous-préfectures et circonscriptions urbaines (**Fig. 3**), l'Atacora forme, du point de vue climatique, une zone de contact entre le Sahel et la zone guinéenne plus humide. Son climat est, en effet, moins favorable que celui du sud du Bénin et bien de ses aspects s'apparentent à ceux du Sahel. La preuve en est les terres nues sans arbres, observables surtout pendant la saison sèche, dans les environs de Matéri, de Dassari et de Ouaké,. On parle même de "sahélisation", expression de la forte dégradation de l'environnement à laquelle l'on assiste de plus en plus. Ce phénomène, résultat de la combinaison des actions anthropiques et des



évolutions naturelles, pose la question de la disponibilité en ressources vivrières et de la sécurité alimentaire dans cette partie du département du nord-ouest du Bénin. Cela a bien évidemment un impact sur l'état de santé des populations atacoriennes.

Dans un contexte de crise politico-économique et de sous-développement généralisé, il est clair que le problème du développement est une question d'une grande complexité dont les solutions doivent être recherchées dans des domaines variés tels que les faits humains et les phénomènes naturels. Parmi les premiers, nous notons la géostratégie des grands pays industrialisés (qui ne préservent d'abord et avant tout que leurs intérêts), la lutte contre la corruption et la

rééducation des intellectuels et politiciens africains pour un changement des mentalités et pour une conscience nationale. Parmi les seconds, nous privilégions le climat qui joue un rôle indéniable dans tout processus de développement socio-économique d'une région. Dans ce sens, sans négliger l'étude des effets climatiques directs sur la production et sur la disponibilité alimentaire dans l'Atacora, nous centrerons notre recherche sur les effets du climat sur l'homme (et partant sur la santé), objet de la bioclimatologie humaine.



Cette branche de la climatologie est encore peu développée en Afrique et en particulier au Bénin. Il a fallu la thèse de M. Boko (1988) pour qu'elle soit désormais enseignée au département de géographie de l'Université Nationale du Bénin. Très peu de travaux ont donc été réalisés sur le Bénin, surtout à l'échelle régionale. En fait, une seule recherche portant sur "rythmes climatiques, rythmes pathologiques dans le Nord-Ouest du Bénin" (Ch.S. Houssou, 1991) a pris en compte presque toutes les stations de l'Atacora, mais au pas de temps mensuel. Elle montre que les ambiances climatiques sont favorables aux germes pathogènes et aux maladies dans le milieu et qu'elles sont éprouvantes pour l'homme. Cette thèse adopte la même démarche; mais elle élargit quelque peu le champ d'investigations et met l'accent sur des variables climatologiques qui ne sont pas toujours pris en compte (amplitudes thermo-hygrométriques diurnes, fréquence des orages et des pluies en phase diurne...). Elle tente ainsi de définir des facteurs qu'il est nécessaire de faire

intervenir dans l'évaluation des stress bioclimatiques (physiologiques, psychologiques et pathologiques) en zone tropicale humide, à travers l'exemple de l'Atacora.

On sait que les effets du climat sur l'organisme humain sont divers : une température élevée agit sur le rythme cardiaque en l'accélégrant; le degré d'humidité de l'air affecte également la santé. L'air très sec (moins de 40 %) provoque le craquèlement de la peau et l'ulcération des parties fragiles comme les lèvres, il s'attaque aux poumons en desséchant les bronches, ce qui entraîne irritation, augmentation de la viscosité des mucus, obstacles à une bonne expectoration (Darenberger, 1905). L'air très humide n'est pas non plus sans danger. Il favorise la dilatation bronchique et des infections comme le coryza et la trachéolaryngite (G. Plaisance, 1985). De plus, la vapeur d'eau dans l'air diminue la pression de l'air sec respirable, en conséquence la quantité d'oxygène au litre et, partant, le pouvoir régénérateur du sang (J.P. Besancenot, 1976). Dès qu'il est affecté par les divers stress des ambiances climatiques, l'organisme peut s'affaiblir et même contracter des pathologies. Pour son rétablissement, il faut du repos (cessation d'activité ou réduction du rythme de travail). Or le travail (ou l'activité) est une composante indispensable de la productivité et du développement. Le lien est donc net entre climat/bioclimat/santé et développement. Ces effets du climat, évoqués plus haut, peuvent être évalués grâce à des indices bioclimatiques. Ces derniers permettent de déterminer les périodes à risques et celles sans risque pour les populations. Le risque, ici, implique le danger plus ou moins probable auquel on peut faire face quand on est exposé à une ambiance donnée. Ainsi, une personne âgée, exposée à une chaleur torride sous un soleil ardent, pendant un temps assez long, risque de se déshydrater de manière dangereuse pour sa santé. Les périodes à risques sont celles au cours desquelles les ambiances climatiques font grandement appel aux mécanismes de thermorégulation de l'organisme, ce qui le fatigue. Au contraire, pendant celles dites sans risque, les mécanismes de thermorégulation de l'organisme ne sont pas ou sont peu sollicités ; le corps est au repos puisqu'il ne fournit que peu d'effort pour assurer l'équilibre du milieu intérieur. Il s'avère donc nécessaire de tenir compte de ces indices et de quelques paramètres climatiques pour appréhender le degré de nocivité des ambiances climatiques dans ce

département reconnu comme le plus enclavé et le moins développé du Bénin. Ici, le degré de nocivité induit l'idée de nuisances possibles auxquelles peut faire face l'organisme humain exposé aux ambiances climatiques.

- Quelles conséquences les ambiances climatiques et bioclimatiques ont-elles sur le sous-développement socio-économique de l'Atacora?

- Le calendrier de travail des populations tient-il compte de ces contraintes climatiques?

- Les genres de vie des populations sont-ils de nature à favoriser ou non le développement des germes et des maladies?

- Quels sont les liens qui existent entre les rythmes pathologiques et les rythmes climatiques?

- Quel est le poids des autres facteurs sur l'état sanitaire des populations?

- Quelles sont les spécificités de l'Atacora?

Telles sont quelques-unes des questions auxquelles nous souhaitons apporter des éléments de réponse en menant cette recherche sur " Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin) et leurs implications socio-économiques".

Les résultats de nos recherches pourraient aider à la définition :

- de nouvelles modalités dans la prise en charge des problèmes de santé, et surtout de santé publique, dans l'Atacora et au Bénin, tenant compte des stress climatiques et des pathologies saisonnières.

- d'une politique de sensibilisation des populations sur les problèmes de stress et de santé liés aux ambiances climatiques et aux rayons solaires qu'elles reçoivent directement.

- de nouveaux calendriers de travail dans les divers secteurs de la vie socio-économique de la région, afin de minorer les risques bioclimatiques encourus par les populations.

Notre méthode d'analyse qui vise à une meilleure compréhension des interrelations climat-homme-développement se résume à travers le diagramme systémique de la Figure 4. Ce diagramme trace les grandes lignes de cette étude en mettant l'accent sur les éléments en présence et sur leurs interrelations. Les éléments, les événements et les phénomènes climatiques sont en amont, puisqu'ils

exercer une influence directe et indirecte (notamment par le développement des agents pathogènes) sur l'organisme humain en le stressant et en le fragilisant. Ce qui augmente le risque de contracter des germes et des maladies, qui peuvent aboutir à la mort. En cas de pérennisation d'ambiances climatiques nocives, le rendement et la production diminuent sensiblement. Cette baisse notable a pour corollaires la disette, la malnutrition, l'importation de produits vivriers (dans un contexte de balance commerciale déjà déséquilibrée) et l'exode des jeunes. De là s'accroît le déficit vivrier. Par exemple, les sécheresses de 1977 et de 1983-1984 auraient favorisé l'exode massif des populations rurales vers les villes, les vols se seraient multipliés même dans les campagnes, l'Etat a importé des tonnes de vivres (maïs américain) et a sollicité des aides alimentaires. Au cours des deux années 1983-1984, le Bénin a importé 9010 tonnes de maïs, en 1985 ce sont 70.558 tonnes qui ont été importées, soit un accroissement de 700% par rapport aux années considérées plus haut. Nous sommes tenté d'y voir l'impact de la sécheresse de 1983-1984. Aussi entre-t-on dans le cycle infernal de la faible production, de la pauvreté et aussi de la maladie et de la mort.

Mais le climat et ses vicissitudes ne saurait tout expliquer des problèmes sanitaires. La société, les genres de vie des populations et la conjoncture économique, sociale et politique à l'échelle nationale ou régionale, majorent parfois, sinon souvent, le risque de contracter des maladies.

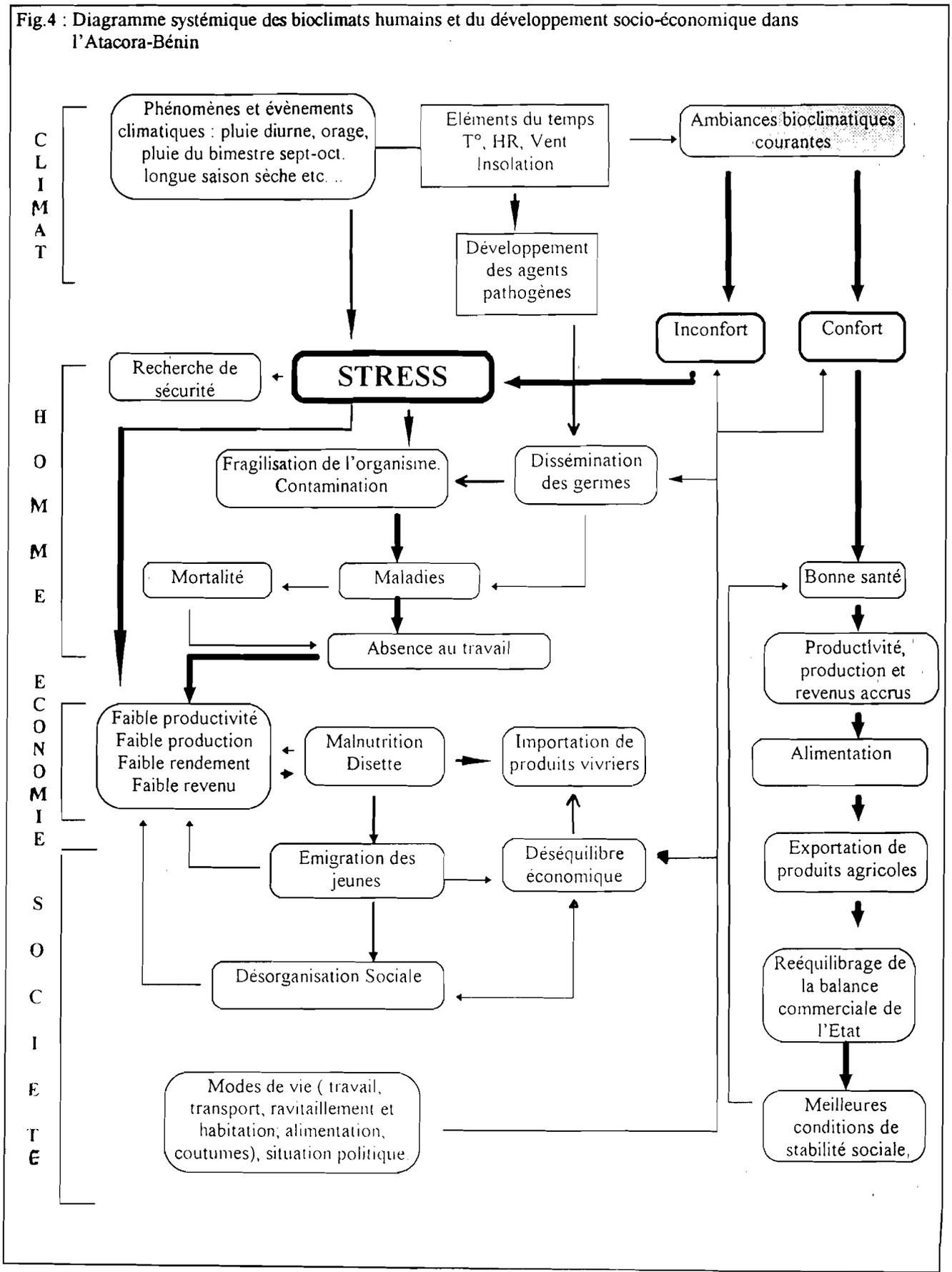
En cas de situation climatique favorable, la bonne santé des hommes peut favoriser une productivité élevée et une production accrue. Il s'ensuit l'amélioration de l'alimentation, l'accroissement du revenu paysan, le recul de l'exode des jeunes, l'exportation de produits agricoles et une plus grande stabilité.

En retour, les mauvaises conditions de vie (habitation, travail, alimentation, hygiène) générées, par exemples, par des troubles sociaux, politiques ou économiques peuvent fragiliser l'organisme humain, rendre les populations plus vulnérables aux ambiances climatiques et favoriser la dissémination des germes et la contamination. Quand les conditions de vie sont bonnes et la situation politique stable, elles pourraient atténuer les effets des ambiances climatiques.

Tout en privilégiant, dans cette étude de bioclimatologie humaine, les relations entre climat et santé, nous tenterons aussi de montrer l'effet des autres conditions,

notamment d'ordre ethnologique, sociologique, politique et économique sur la situation sanitaire des populations de l'Atacora.

Fig.4 : Diagramme systémique des bioclimats humains et du développement socio-économique dans l'Atacora-Bénin



## II - LES DONNEES

Il nous a fallu évidemment privilégier la collecte des données climatologiques. Elles ont été recueillies auprès de la Direction du Service Météorologique National du Bénin, Division Climatologique (DSMN/DC) en dépouillant les Tableaux Climatologiques Mensuels (T.C.M.). Pour nos recherches étaient nécessaires les températures maximale et minimale, l'humidité relative maximale et minimale, la tension de vapeur au pas de temps journalier, la vitesse et la direction du vent, l'insolation, la pression atmosphérique (disponibles seulement à Natitingou), la hauteur et le nombre de jours de pluie, les pluies en phase diurne et le nombre de jours d'orages au pas de temps mensuel, de 1971 à 1990. Les mesures faites à la station synoptique de Natitingou, aux stations climatologiques de Djougou et de Kérou, et au poste pluviométrique de Tanguiéta (pour suppléer à la station de Porga) ont été utilisées tandis que celles de la station climatologique de Porga, non fiables, ont été écartées malgré sa situation privilégiée dans le nord-ouest de l'Atacora. Pour ne pas éliminer de cette étude la sous-région de Tanguiéta, nous avons utilisé les mesures de température et d'humidité de la station de Kérou, la corrélation entre les deux stations étant assez forte ( $r = 0,90$ ) et significative au seuil de 5%. Il est clair pourtant que dans bien des cas, les données climatologiques posent un certain nombre de problèmes :

Il existe théoriquement dans le département quinze stations et postes pluviométriques gérés par le service météorologique du Ministère de l'Équipement et des Transports (**Fig. 5**). Le mauvais fonctionnement de certaines stations ne nous a pas facilité la tâche, spécialement pour certaines variables. Par exemple, la vitesse du vent due à l'orage est indiquée de façon très irrégulière. Le réseau des stations climatologiques est donc très insuffisant et les rares stations qui existent ont des lacunes dans leurs séries. Les stations climatologiques sont tenues par des volontaires non rémunérés et peu motivés. Les conditions de mesure des variables climatologiques posent des problèmes quant à leur utilisation à des fins de bioclimatologie (humaine, animale et végétale). Ces inquiétudes sont résumées dans ces mots de J.P. Besancenot (1996) : "La vitesse du vent, mesurée par convention au sommet d'une perche de dix mètres, donne une idée très imparfaite

de l'agitation de l'air à laquelle l'être doit faire face à sa hauteur. De même, les températures relevées sous abri ne sont qu'un médiocre reflet des dispositions thermiques effectivement ressenties."

Nous avons également procédé à quelques mesures de paramètres météorologiques au pas de temps bihoraire dans deux écoles primaires (Winkè et Tchilimina) et dans deux maisons des quartiers Yokossi et Tchilimina de Natitingou, grâce à un baro-thermo-hygrographe portatif.

Du fait de problèmes avec l'appareil, les mesures n'ont pu être effectuées que pour deux campagnes en janvier et en mars 1993, la première des deux années consécutives que nous avons initialement prévues pour nos campagnes de mesures.

Les données agricoles de production et de rendement ont été fournies par le service statistique du Ministère du Développement Rural (M.D.R.). Elles ont permis l'évaluation du revenu moyen annuel du paysan de l'Atacora, et les données démographiques ont été recueillies à l'Institut National des Statistiques et d'Analyse Economique/Direction Générale (INSAE/ DG) du Bénin.

Les données sanitaires donnant le nombre de cas de maladies, de décès et d'hospitalisations au pas de temps mensuel proviennent de la Direction Départementale de la Santé de l'Atacora (DDS/Atacora) et des centres de santé de Natitingou, ainsi que du service de la documentation du Ministère de la Santé Publique (MSP) à Cotonou.

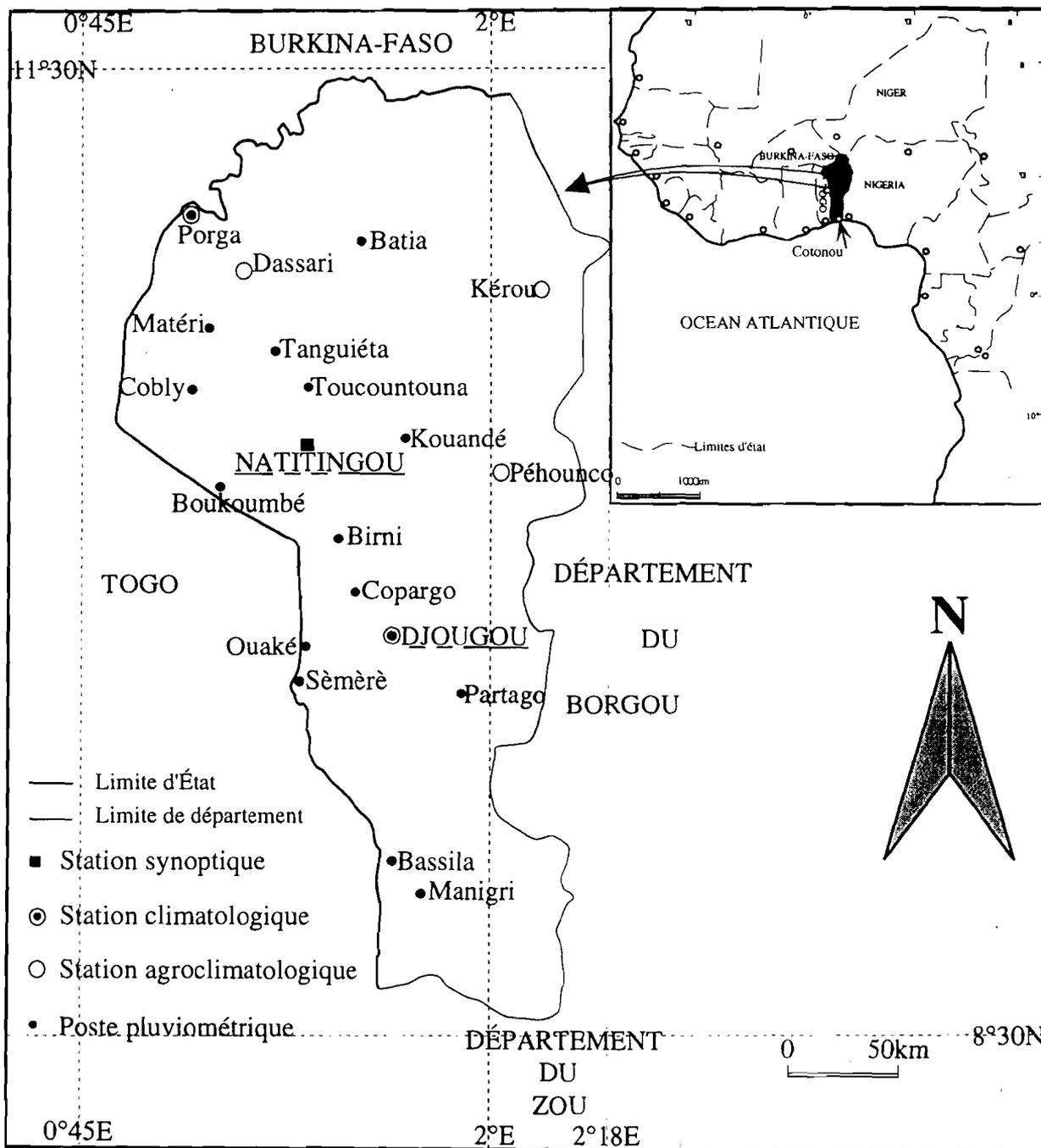


Fig. 5: ATACORA: RÉSEAU DE STATIONS

Les données cliniques ne concernent qu'une courte série de 5 ans (1985-1989) pour le paludisme, la diarrhée et la broncho-pneumonie, de 3 ans (1987-1989) pour les maladies des yeux et les dermatoses à l'échelle des sous-préfectures, et de

huit ou dix ans (1985 ou 1987 à 1994) pour l'ensemble du département. Par ailleurs, quand on dépouille les registres de consultation des centres de santé, on ne sait pas toujours quelles normes guident les agents de santé dans la désignation de certaines affections telles que les maladies des voies respiratoires, la malnutrition... Ils utilisent, par exemple, toux, un symptôme, pour les affections des voies respiratoires quel qu'en soit le type, anémie pour la malnutrition et vice-versa, fièvre pour paludisme. La grippe, affection connue cependant dans le milieu, n'est mentionnée nulle part au moins jusqu'en 1990. Ces données ne répartissent les malades par groupes d'âges. Si c'était le cas, cela aurait permis de distinguer, dans cette étude, les personnes âgées et les enfants, deux tranches d'âges, très vulnérables du point de vue pathologique. Enfin on ne sait comment sont recensés les cas de complication des maladies.

Les données sur les décès sont pratiquement inexistantes et celles que nous avons pu rassembler ne sont que l'ombre de la réalité. Les populations fuient souvent de l'hôpital avec les corps afin de ne pas payer les frais de morgue. Nous avons cherché à combler ces lacunes en demandant à dépouiller sur place, à Natitingou, les registres des enterrements à la mosquée et à la mission catholique. Les responsables de ces lieux nous en ont refusé l'accès. Et même si nous avons pu avoir accès aux registres, nous n'aurions ainsi pris en compte qu'une partie des défunts car la majorité de la population est animiste et enterre ses morts à la maison, selon les rites traditionnels. Notons d'ailleurs au passage combien, de ce fait, les statistiques officielles des décès au Bénin, issues de ces registres, sous-estiment la mortalité réelle.

Il est clair que les problèmes liés aux données épidémiologiques, (insuffisances de précision sur la désignation de certaines affections, séries courtes et non-uniformes concernant les affections et les deux échelles d'espace, les sous-préfectures et la région) ou aux données climatologiques comme la non-indication de la variation de la température et de la pression atmosphérique du fait de l'orage et l'indication de façon irrégulière de la variation des vitesses du vent en présence d'orage, vont limiter les résultats que leur traitement devrait nous permettre d'espérer notamment pour l'étude des pathologies et des décès dans l'Atacora. Pour

ces raisons, les variations de température, de pression et de la vitesse du vent pour causes d'orage ont été éliminées de cette étude.

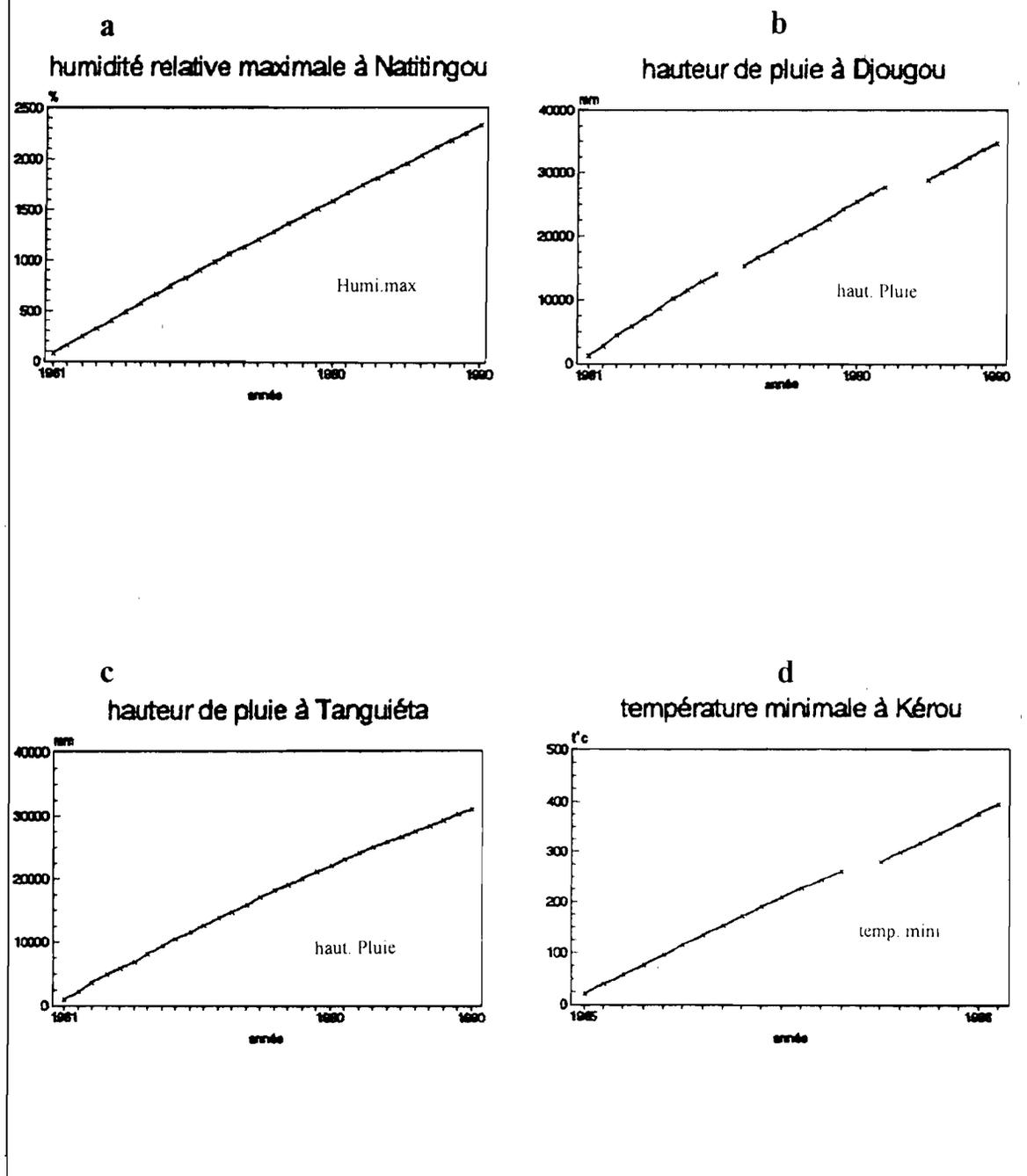
Enfin les enquêtes de terrain ont permis de recueillir directement auprès des populations des données sur la perception qu'elles ont du temps et du climat, sur leurs genres de vie et sur l'occurrence de certains événements sociaux (maladies, décès et nombre de journées perdues pour maladies). Ces enquêtes sont caractérisées par une discussion directe avec certains paysans individuellement et par un questionnaire écrit, rempli par les personnes interrogées (cf annexes). Plusieurs catégories socio-professionnelles (agriculteurs, éleveurs, agents de bureau et de la santé, élèves, enseignants, maçons et menuisiers, transporteurs-conducteurs...) ont été concernées dans plusieurs localités (Natitingou, Djougou, Kouandé, Wassa-Péhounco, Kérou, Tanguiéta, Boukoumbé, Matéri, Copargo, Kota, Partago, Tobré, Manta et Tabota) du département. Les personnes interrogées, dont l'effectif s'élève à 800 se répartissent dans les tranches d'âge allant de 15 à 45 ans et plus ( tableau annexes).

### **III - METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSE**

#### **1) - Homogénéisation des données climatologiques**

Pour homogénéiser les données climatologiques, nous avons utilisé la méthode du simple cumul qui permet de repérer des discontinuités dans les mesures, dues à des incidents divers (changement de site ou d'appareil de mesure, pannes d'appareil, absence momentanée de l'observateur..). Dans les stations considérées, les points sont convenablement alignés à l'exception de Kérou (température minimale : données manquantes) et de Djougou (données pluviométriques). Remarquons cependant que nous n'avons relevé dans aucune des séries de données aberrantes (Fig: 6 a,b,c, d).

Fig. 6 : Homogénéité des séries climatologiques dans l'Atacora (1971-1990)



Nous avons corrigé les données manquantes par la moyenne des valeurs encadrantes quand c'est possible sinon, c'est la moyenne de la série qui est utilisée.

Pour reconstituer la valeur de température maximale de mai 1978 à Kérou, nous avons fait la moyenne des températures de mai 1977 (40°C) et 1979 (35°C). Ainsi la température maximale de mai 1978 serait 37,6°C

## 2) Analyse statistique des données climatologiques

Pour toutes les données climatologiques, les moyennes, la médiane, le mode, l'anomalie centrée réduite et la corrélation statistique ont été calculés et l'analyse fréquentielle et celle des quintiles ont été réalisées.

**La moyenne arithmétique (M)**, appelée également espérance mathématique, permet de mesurer par un seul nombre l'ensemble des données de la série. Elle identifie la quantité autour de laquelle les valeurs sont réparties et détermine pour un événement la situation à laquelle on peut s'attendre.

**Le mode (Mo)**, valeur de la variable la plus fréquente de la série, correspond au centre de la classe modale (la classe de plus grande fréquence). Nous avons obtenu la classe modale à partir de l'histogramme des classes de durée et de hauteur des pluies en phase diurne.

**L'anomalie centrée réduite** a été utilisée dans l'analyse des précipitations pour déterminer les faux démarrages de pluies de la saison pluvieuse et la longueur des saisons sèche et humide (cas de Natitingou et de Tanguiéta).

**Le coefficient de corrélation** a été utilisé pour mesurer le degré de liaison qui existe entre les températures mesurées à l'intérieur des bâtiments et celles obtenues à la station, étant donné que nous avons affaire à une relation linéaire. Nous en avons tiré le coefficient de détermination ( $R = r^2$ ).

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

N est le nombre total d'individus

$x_i$  et  $y_i$  sont les valeurs des séries

$\bar{x}$  et  $\bar{y}$  sont les moyennes des variables

et  $\sigma_x$  et  $\sigma_y$  en représentent les écarts-types

**L'analyse fréquentielle** a été réalisée par graphique au pas de temps journalier à travers les séquences de jours successifs au cours desquels un phénomène donné s'est produit. Nous l'avons ainsi utilisée pour déterminer la fréquence des jours **frais** pour toute **température inférieure à 18°C** ou très **chauds** pour toute valeur de **température supérieure à 33°C**.

**Les quintiles** ont été utilisés sur la série pluviométrique (1961-1990), pour déterminer des séquences sèches et pluvieuses. Cette série a été divisée en 5 parties égales (6 années chacune), les parties extrêmes constituant l'une la séquence humide, l'autre la séquence sèche

**3) Les données cliniques** ont été soumises à plusieurs traitements. Dans un premier temps, nous avons procédé à l'élaboration des indices épidémiologiques (calcul de la prévalence, de la létalité, de la fréquentation des centres de santé), puis aux traitements statistiques qui ne sont pas du même ordre que les premiers (l'analyse de variance et de régression, test de khi-deux) et enfin à des estimations comme celle du nombre de journées de travail perdues ou la détermination du coût financier des maladies.

#### **a-Les indices épidémiologiques**

- **La prévalence**, évaluant l'état sanitaire de la population en un temps donné, est un important indice de mesure de la charge que représentent les malades pour la collectivité. Ce taux se calcule en rapportant à la population totale le nombre total de cas d'une maladie donnée au cours d'une période donnée, sans distinction entre les cas nouveaux et les cas anciens. Le résultat est exprimé en pourcentage par rapport à l'effectif total de la population. Dans cette étude, l'imprécision de nos données notamment démographiques (**données d'estimation**) risquent d'apporter **cquelque biais à la détermination de la prévalence.**

- **La létalité**, exprimée en pourcentage, évaluée, dans un groupe de personnes atteintes d'une maladie donnée, la proportion de celles qui décéderont par suite de cette maladie.

$$L = \sum \frac{ni}{N} \times 100$$

où ni représente les cas conduisant à la mort  
et N est le nombre total de cas.

**Le taux de fréquentation** est le pourcentage de la population d'une localité qui, à un moment ou à un autre de l'année, fréquente un établissement de soins.

Là encore, les résultats issus de ces calculs ne seront que relatifs du fait que nos données épidémiologiques sous-estiment fortement le nombre réel des malades et des décès.

### **b- Traitement statistique des données cliniques**

Deux objectifs sont fixés : rechercher si les affections les plus courantes évoluent différemment d'une sous-région à l'autre. C'est l'analyse de la variance qui devrait le permettre. Ensuite, rechercher l'existence de liaisons statistiques significatives entre le climat et les affections. C'est possible grâce au test de khi-deux et à l'analyse de régression.

**L'analyse de variance** permet la comparaison des moyennes d'une variable entre deux ou plusieurs localités ou entre deux ou plusieurs périodes. Elle a été possible grâce au logiciel Stat-ITCF. Dans cette comparaison nous avons recherché des différences significatives pour les affections les plus courantes (paludisme, broncho-pneumonie et diarrhée) entre les sous-régions. Ainsi, le Syndrome de l'Immuno-Déficience Acquis (SIDA) n'est pas pris en compte, même si cette affection est l'une des plus meurtrières du monde. Les sous-régions déterminées sont un regroupement de sous-préfectures et de circonscriptions (**Fig.7**). Par exemple, la sous-région de Djougou regroupe la circonscription de Djougou et les sous-préfectures de Bassila, Copargo et Ouaké. Ces sous-régions reprennent les configurations des anciennes subdivisions administratives et des circonscriptions médicales d'avant la réforme administrative d'avril 1978.

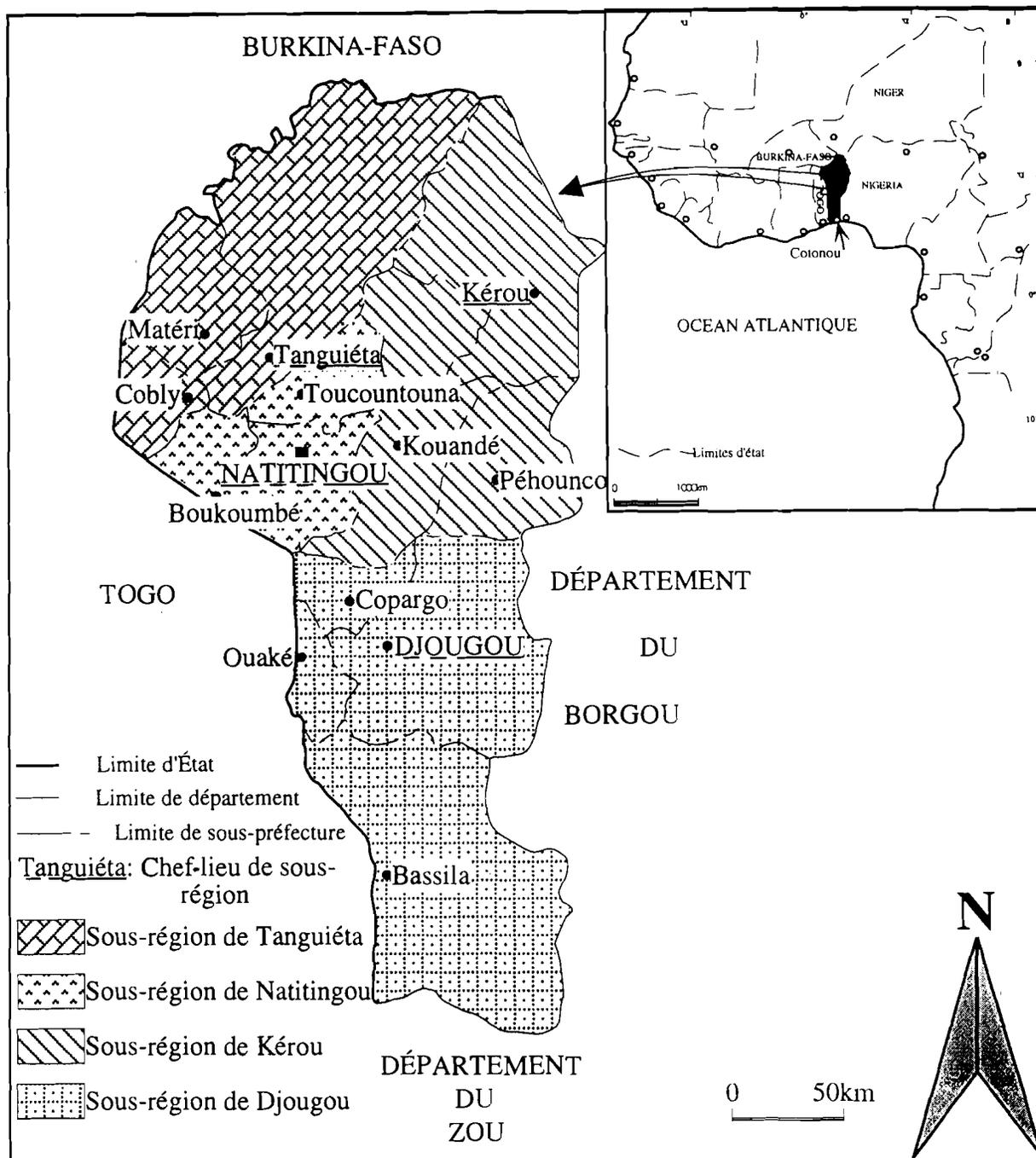


Fig. 7: ATACORA: SOUS-RÉGIONS

Les conditions de réalisation de l'analyse de variance sont : la normalité des séries et les mêmes conditions d'expérimentation. Nous avons vérifié la normalité des séries par l'histogramme des résidus des différentes variables, qui doit suivre la

loi de Gauss. Dans ces cas, l'indice de symétrie est très proche de zéro (entre 0,1 et 0,4)(cf annexes).

Pour satisfaire à la deuxième condition, nous avons rapporté les données cliniques à la population des sous-régions afin de disposer d'une même taille de population pour l'analyse. Pour faciliter le calcul, nous avons multiplié par 100 chaque taux mensuel de prévalence des maladies concernées.

Sur les tableaux de présentation des résultats de l'analyse de variance, on peut considérer que le test de comparaison des moyennes entre les localités est significatif quand le niveau de confiance ("proba." dans le logiciel Stat-Itcf) est inférieur à 0,05.

**Le test de Newman-Keuls** complète l'analyse en classant les localités en groupes homogènes. Les localités sont dans un même groupe quand leur différence n'est pas significative au seuil de 5%. Ces groupes sont alors identifiés dans un tableau par une même lettre.

**- Le test de khi-deux ( $\chi^2$ ) : Liaison entre deux variables**

L'analyse de corrélation faite à travers une régression simple ou multiple entre affections et paramètres climatiques n'a pas abouti à des résultats très concluants (faible corrélation mais significative). Nous avons eu recours au test de  $\chi^2$  de Pearson utilisé par de nombreux auteurs (H. Sarre et L. Bets, 1950; K. Kamiyama, 1958; et K. Bobet, J. Matousek et R. Barcal, 1959, cités par R. Arlery et H. Grisolle, 1973 ) et qui joue le même rôle, celui de mesurer le degré de liaison entre deux variables.

Le test de  $\chi^2$  ne s'applique qu'à des variables exprimées en valeurs absolues, et aucune modalité ne peut avoir une valeur absolue inférieure à 5, sauf correction de Yates. On range alors les modalités dans un tableau à double entrée dit "tableau de contingence", comme le montre pour la dermatose le tableau ci-dessous:

**Tableau 1** : Tableau de contingence

		Dermatose (j)		
		en hausse1	en baisse2	totaux
( i )	insolation en hausse1	Foi1j1	Foi1j2	
	en baisse2	Foi2j1	Foi2 j2	
totaux				

Foij est la fréquence observée des variables ou des caractères i et j.

Ftij est la fréquence théorique des variables ou des caractères i et j.

Ftij s'obtient par la formule suivante :

$$F_{tij} = \frac{\text{Total.de la.ligne.i.x.total.de la.ligne.j}}{\text{Taille.de.l'échantillon}}$$

On a le  $\chi^2$  grâce à :

$$\chi^2 = \sum \frac{(F_{oij} - F_{tij})^2}{F_{tij}}$$

On voit si le test est significatif ou non, compte tenu du nombre de degrés de liberté (NDDL) requis. Le NDDL est égal au nombre de lignes (R) moins un, multiplié par le nombre de colonnes (K) moins un. Ainsi on a  $NDDL = (R-1) (K-1)$ . La décision consiste à accepter ou à rejeter l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) pour un NDDL donné et au seuil de signification défini. Ce seuil noté  $\alpha$  peut être compris entre 0,05 et 0.001. On accepte  $H_0$  si  $\chi^2$  calculé est inférieur au  $\chi^2$  lu dans la table. On rejette  $H_0$  si  $\chi^2$  calculé est supérieur au  $\chi^2$  lu. Par là, on vérifie l'existence ou non d'une influence d'une variable sur l'autre. Nous avons appliqué ce test aux cas de dermatose, de conjonctivite, de broncho-pneumonie et de méningite croisés avec différentes variables climatiques, du fait que pour ces affections la régression n'a pas donné de bons résultats.

### **c- D'autres estimations utiles**

Ils concernent le nombre de journées de travail perdues pour maladie et le coût financier moyen de certaines pathologies.

#### **Le nombre de journées de travail perdues pour maladies.**

Les conséquences socio-économiques des maladies, comme les journées de travail perdues pour cause de maladie ont toujours préoccupé les spécialistes des services de santé. Ainsi des calculs de journées de travail perdues ont été tentés au Bénin par C. Zomahoun (1985) et au Mali par MM. Le Bras, B. Guérin, D. Villenave et A. Dupont (1986) : pour l'ensemble du Bénin, le nombre de journées de travail perdues pour le paludisme a été évalué à 414.203 journées pour l'année 1984. Au Mali dans une population de 1000 habitants, le nombre annuel de journées de travail perdues pour paludisme (à *P. falciparum*) est de 3387. L'OMS rappelle, par exemple, que grâce aux vaccins "un nombre incalculable de vies ainsi que de journées d'hôpital et de jours de travail seront sauvés"(1995). Nous avons envisagé de calculer le nombre de journées de travail perdues pour maladies mais la complexité des relations inter et intra groupes ethniques ne nous a pas permis d'aboutir à des résultats crédibles. Nous évoquerons donc le fait sans en réaliser une évaluation quantitative.

#### **Coût financier moyen des maladies.**

Le coût financier des maladies comprend les frais de médicaments pour divers traitements liés au degré de gravité de la maladie et ceux de consultation et d'hospitalisation. Les frais d'analyses, de radiographie et de transport n'ont pu être pris en compte ici et nous nous sommes limité aux cas les plus simples comme un paludisme courant sans hospitalisation. Remarquons qu'un coût élevé des médicaments et des prestations de service dans les centres médicaux vont renforcer certaines habitudes des populations telles que l'automédication et pharmacopée traditionnelle.

Le but de nos travaux étant de caractériser les ambiances climatiques et bioclimatiques de l'Atacora et de rechercher leurs liens avec le rendement au travail et avec les pathologies tout en soulignant le rôle des facteurs non climatiques (surtout humains), nous avons adopté le plan qui suit.

#### **IV - PLAN**

Dans la première partie, nous présentons le domaine de l'étude en mettant l'accent sur les aspects naturels et humains de ce milieu.

La deuxième partie traite du concept et des ambiances bioclimatiques humains en milieu non confiné (situation moyenne) et d'une étude de cas concernant deux salles de classe et deux maisons à Natitingou; elle présente ensuite la perception que les populations ont du temps qu'il fait. Elle aborde ensuite les conditions de développement des micro-organismes pathogènes, passe en revue le rythme des affections dans le monde. Puis, elle voit si le milieu atacorien est favorable ou non à la prolifération des germes et agents vecteurs. Enfin, elle analyse la dynamique interannuelle des pathologies les plus fréquentes dans l'Atacora, traite de leurs liaisons avec le climat et de leur distribution géographique.

**PREMIERE PARTIE :  
PRESENTATION DU DOMAINE D'ETUDE**

## **CHAPITRE PREMIER : LE MILIEU NATUREL DE L'ATACORA**

Le département de l'Atacora situé dans le Nord-Ouest du Bénin est une région assez déshéritée, à l'orographie contrastée et à la pluviométrie variable dans le temps et dans l'espace. Cette région est, en effet, marquée par la présence de la chaîne de montagnes dont elle porte le nom.

### **A - CADRE NATUREL**

#### **1 - Situation**

Ce département couvre une superficie de 31.200 km<sup>2</sup> et s'étend entre 8°30'N et 11°30'N, et entre 0°45'E et 2°15'E. Il a ses frontières avec le département du Zou au Sud, le département du Borgou à l'Est, la République du Burkina Faso au Nord, et avec la République du Togo à l'Ouest (Fig.2).

#### **2 - Eléments majeurs du milieu physique**

##### **a) Les unités morphologiques (Fig. 8 et 9)**

En fonction de l'altitude et du substratum, on distingue trois unités : au Nord-Ouest la plaine du Gulma, au centre la chaîne de l'Atacora, au sud et à l'est la pénéplaine du Bénin. Ces unités topographiques offrent peu de terres fertiles à l'exception des flancs des montagnes, des vallées et des plaines qui sont aussi fortement ravinés par les torrents, une dégradation accentuée par l'action de l'homme.

- **La plaine du Gulma** appelée aussi **plaine de la Pendjari** ou de l'**Oti-Pendjari** se situe à 200-300 mètres d'altitude et repose sur les séries du Buem (620 MA : méthode K-AN : N.A. Bozho et al. 1971), du voltaïen et de Kandi. Ces séries se composent de grès, de grès quartzitiques, de schistes et de micaschistes dont les témoins sont les collines résiduelles de Manta, de Cobly et de Matéri. Ces collines ont été décrites par P. Faure (1977). Pour cet auteur, on a affaire, entre Boukoumbé

et Tanguiéta, à de petites collines à flancs raides sur des schistes quartzeux. Ces collines sont en réalité des "pointements rocheux " (M.Boko, 1988). Vers l'ouest, elles sont bordées par des glacis en pente douce jusqu'aux affleurements de jaspes. Ces affleurements de jaspes et de grès forment une bande de collines surmontant la plaine où prennent leur source des affluents temporaires de la Pendjari. Ces collines de grès souvent cuirassés forment des éminences à sommet arrondi. La plaine est reliée, à l'est, à la chaîne de l'Atacora par un contact brutal. Le commandement du contact, à ce niveau, est d'environ 200 m.

- **L'ensemble atacorien** d'altitude moyenne 400 - 600 m, mais plus haut dans les environs de Sagbarao, de Tanneka et de Kotopounga, est un massif montagneux orienté NNE-SSW, composé de deux chaînons quasi parallèles. Cet ensemble est un anticlinorium faillé constitué de roches métamorphiques comme le quartzite, les micaschistes et les micaschistes granitisés, et il appartient à la chaîne montagneuse panafricaine qui va du Ghana (Akwapin Range) aux sables du Niger. C'est ce que confirme P. Mercier (1968) : le massif "prend naissance dans le Sud-Est du Ghana et, après avoir coupé en diagonale le rectangle togolais, traverse le Dahomey pour aller buter en fin de course dans le Moyen-Niger." L'Atacora offre un relief adouci vers le Sud-Est et vraiment abrupt au Nord-Ouest, tout au moins dans les environs de Tanguiéta et de Boukoumbé (M. Brochu, 1989).

A l'Est et au Sud-Est, en effet, le chaînon a une pente rectiligne, et le versant bien échancré est précédé de nombreuses collines, véritables monadnocks de position émergeant de la pénéplaine

Le versant nord-occidental est au contraire marqué par un talus très abrupt, de 100-200 m de commandement, appelé "falaise" de Tanguiéta. Quant à la partie sommitale, elle se présente comme un plateau, avec de nombreux affleurements rocheux (M. Brochu, 1989). C'est dire que la chaîne montagneuse n'est pas homogène. Elle est à 641 m à Kotopounga et culmine au mont Sagbarao à 658 m au sud-ouest de Djougou. La largeur du massif augmente du nord au sud de 5 à 45 kilomètres. La vallée supérieure de la Pendjari a creusé une combe anticlinale entre Natitingou et le 11<sup>e</sup> parallèle. Le fleuve traverse ensuite le crêt occidental par une cluse à une dizaine de kilomètres au nord de Batia.

Fig 8 : LE RELIEF DE L'ATACORA

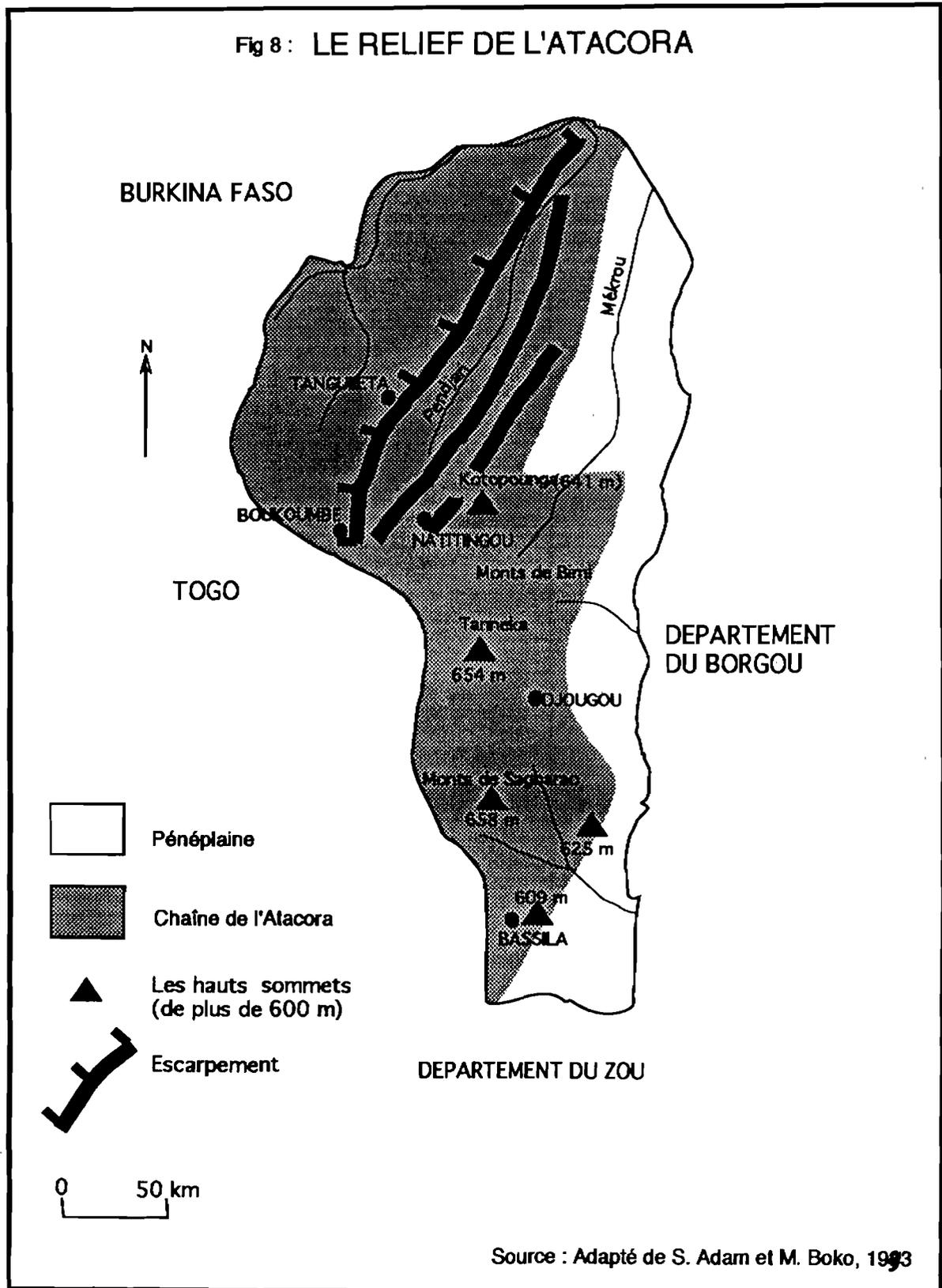
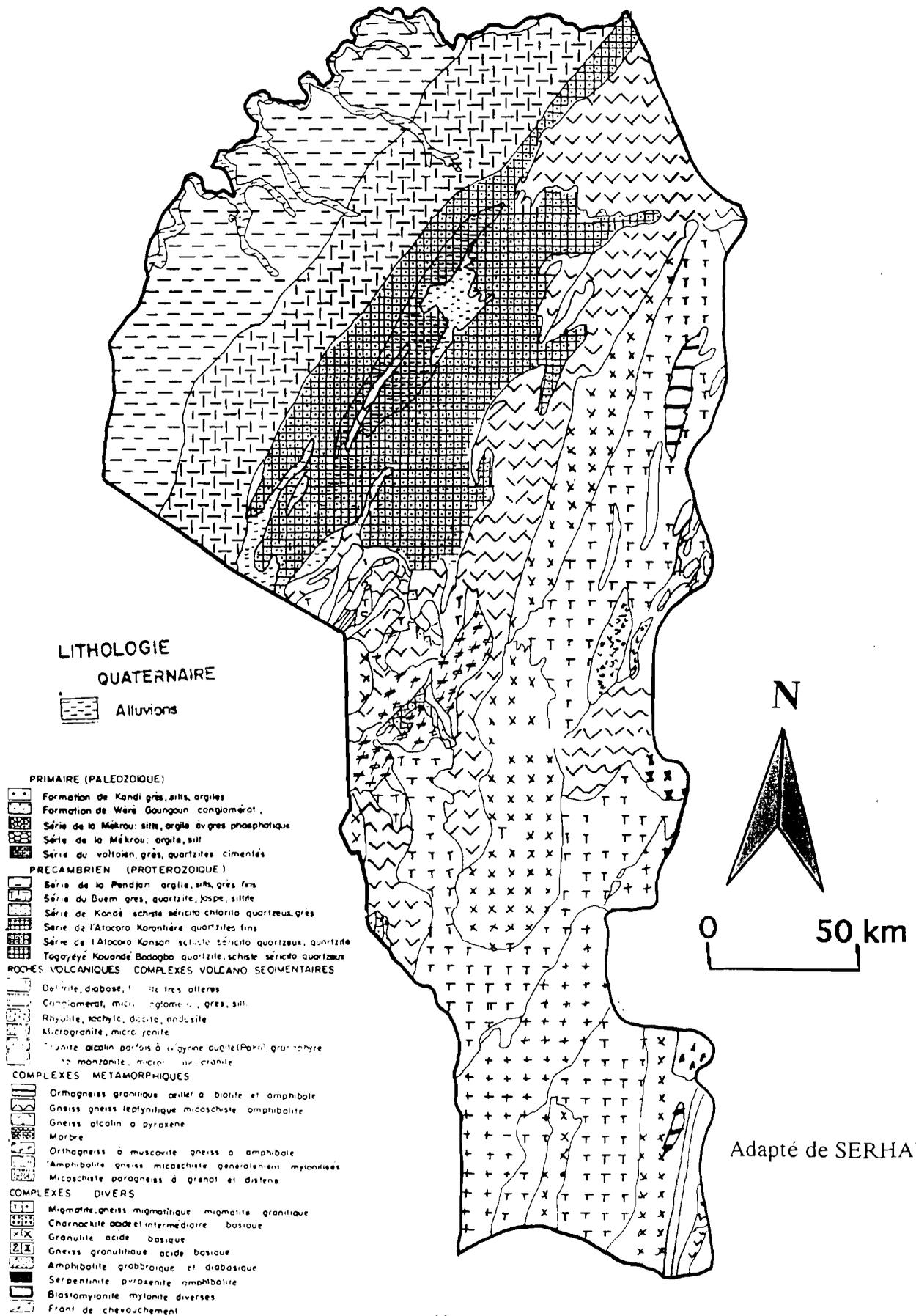


Fig. 9

ATA CORA

# GEOLOGIE



Le relief exerce, en général, une influence non négligeable sur tous les paramètres climatiques. Par l'altitude, il fait diminuer les températures moyennes, l'amplitude thermique annuelle et l'humidité de l'air, mais il fait augmenter parallèlement les écarts diurnes, la radiation solaire et les précipitations. L'Atacora, comme on le verra plus loin joue un rôle important sur le climat et sur l'hydrographie et pas seulement à l'échelle du Bénin. Par les ascendances forcées d'air humide, il favorise l'augmentation des pluies de type orageux. L'augmentation des précipitations se fait sous certaines conditions : l'humidité et la vitesse du vent doivent être suffisantes, l'angle d'attaque du relief par la masse d'air advecté doit être proche de l'orthogonal, le relief doit être étendu avec des pentes vigoureuses, et la couche humide doit être épaisse et stable.

Il peut aussi avoir un effet contraire en faisant baisser les précipitations et provoquer même la sécheresse (effet de foehn sur les versants sous le vent). Dans notre région d'étude, la chaîne de l'Atacora joue le rôle de déclencheur des pluies. Elle est d'ailleurs le "château d'eau" du pays.

- **Le piémont oriental** de l'Atacora a pour soubassement le socle dit du dahomeyen, à une altitude de 300-400m. Il est d'âge précambrien. On pense qu'il est de l'archéen mais des études géologiques récentes ont montré qu'il contient des formations du cambrien (Trompette R., 1979). A ce propos, S. Alidou ( 1987) écrit : "..., le socle précambrien du Bénin est composé essentiellement de roches d'âge **pan-africain** et **kibarien**, de reliques **birrimiennes** et de formations volcano-sédimentaires probablement **cambriennes**."

Cette pénéplaine est un ensemble arasé, d'allure monotone, dans lequel les micaschistes, les gneiss, le granite et le quartzite sont les formations les plus remarquables. Elle est localement dominée par des pointements ou collines comme les monts Tannéka (654 m) et de Birni. Ce sont des reliques de chaînons que l'érosion n'a pas pu totalement décaper, des "monadnocks de position" dont nous avons parlé plus haut.

Le soubassement fait de roches métamorphiques et granitiques a donné naissance à de sols peu favorables aux cultures et le relief a aidé à l'organisation du réseau hydrographique.

## **b) Sols, végétations et cours d'eau**

Compte tenu du substratum, du climat et de l'emprise anthropique, dans l'ensemble les sols ferrugineux et ferrallitiques sont souvent lessivés. Cependant, par endroits et à la faveur de la topographie, il existe des sols peu développés, par exemple sur la chaîne atacorienne et des sols hydromorphes dans les bas-fonds et les vallées.

Les sols sablo-argileux peu colorés sont issus des roches leucocrates (quartzite, micaschiste, granite), alors que ceux dits argilo-sableux tachetés sont le résultat de l'altération des gneiss et granito-gneiss mésocrates et des micaschistes granitisés. Enfin, les sols argileux gris-sombre se développent sur roches riches en minéraux basiques (roches basiques, gneiss à ferromagnésiens) et les sols ferrugineux et ferrallitiques sont mis en place dans des matériaux d'altération de roches siliceuses et éruptives (P. Bellair et C. Pomerol, 1965).

Sur les affleurements rocheux, par exemple sur le massif atacorien, les sols sont peu évolués et sont dits "minéraux bruts".

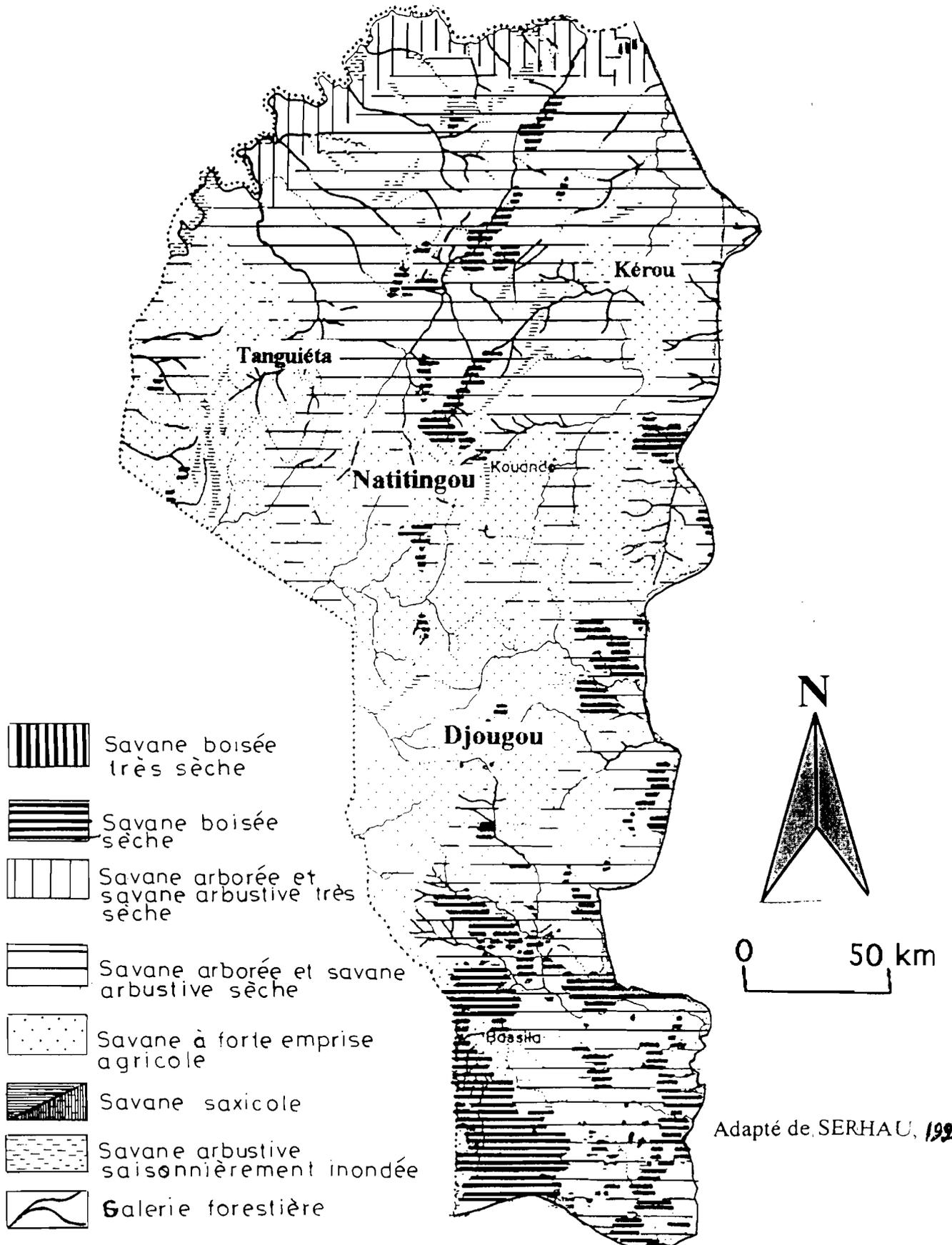
Sur les pentes, surtout les plus fortes, les sols sont soumis à une forte érosion et ils s'accumulent en bas de pente, par exemple, au pied du massif atacorien et des collines de la plaine de l'Oti-Pendjari, donnant des sols colluviaux.

Quand le colluvionnement se fait en position de bas-fond, ces sols sont hydromorphes (à engorgement temporaire ou permanent) , comme c'est le cas des sols alluviaux, limono-argileux des bas-fonds et des zones inondables de lit majeur de la plaine du Gulma : Ils sont parmi les plus fertiles de la région.

Sur ces différents sols, bruts ou acides généralement pauvres, se sont implantées des formations végétales savaniques dont les plus représentatives sont la savane arborée, la savane arbustive et la savane herbeuse souvent d'origine anthropique. Il existe également des forêts claires surtout le long des cours d'eau (Fig. 10).

Fig.10

# ATACORA VEGETATION



Dans la plaine du Gulma, les **sols ferrugineux** (caractérisés par une accumulation d'hydrates ferriques et d'oxydes d'alumine) sont faiblement concrétionnés au nord; mais au sud, dans la sous-préfecture de Boukoumbé, ils sont fortement concrétionnés. Leur origine est liée à l'alternance d'une saison sèche et d'une saison pluvieuse, qui facilite la migration verticale, la précipitation et la concentration en surface des sels ferriques et d'alumine. A la longue, ces précipités de sel se concrétionnent. Si par contre, leur mise en place est due au balancement de la nappe phréatique, les précipités de sel et les concrétions se localisent dans des horizons plus profonds. Ces concrétions se cimentent pour donner des cuirasses latéritiques qui peuvent se retrouver en surface par suite de l'érosion. Ces sols portent parfois des cultures de niébé, voandzou (pois chiche), arachide, mil et fonio. Ailleurs, ils portent une savane arborée sèche et arbustive.

En effet dans la partie méridionale de la plaine du Gulma, la végétation est une savane anthropique à *Adansonia digitata* (baobab) et *Parkia biglobosa* (néré). Les collines du Buem porte une savane arborée à *Anogeissus leiocarpus* et *Diospyros mespiliformis*. Et sur les glacis concrétionnés, subsiste une savane arbustive dégradée à *Combretum sp* et *Detarium senegalense*.

Au nord, dans la réserve de la Pendjari, la végétation est une savane arborée à *Gardenia*, *Adansonia digitata* (baobab) sur terres exhondées, mais dans les bas-fonds, s'est développée une savane herbeuse dense parsemée de quelques peuplements de *Terminalia macroptera* et *Lophira lanceolata* (faux karité). La plaine inondable de la Pendjari porte en association *Anogeissus leiocarpus* et de nombreux *Acacia* sur les sols très limoneux et des forêts galeries à *Borassus aethiopium* (rônier), *Anogeissus leiocarpus* et *Pseudocedrela* sur les bourrelets sableux et sur les berges.

Sur la chaîne atacorienne, les **sols minéraux bruts** et peu évolués sont caillouteux, squelettiques. Fortement érodés à cause des fortes pentes (10% et plus) et de la destruction de la végétation originelle, ils présentent sur les rebords des plateaux ou sur les versants de la montagne des cuirasses par les forts abat pluviométriques de fin de saison sèche pendant que le sol est encore nu. Ces sols ne sont pas favorables à l'agriculture et ils portent souvent une savane arborée à

peuplements de *Borassus aethiopium* (rônier) et d'*Adansonia digitata* (baobab) surtout sur le versant occidental de la chaîne dans les environs de Tanguéta. Sur roches affleurantes, la savane arborée très claire est à *Isoberlinia doka*, *Danielia oliveri* et *Vitex sp.* Et sur les plateaux, les repousses arbustives de jachère sont faites de *Terminalia glaucescens*, *Parinari polyandra* et *Lophira alata*.

A l'est de la chaîne atacorienne, les **sols** sont plus au moins concrétionnés et présentent quelques cuirassements au nord de la pénéplaine. Au Sud dans les environs de Djougou-Bassila, les sols sont plus profonds et plus ou moins ferrallitisés. Ce qui a longtemps fait de ce secteur une zone de colonisation agricole, malheureusement aujourd'hui fortement dégradé.

Le nord-ouest de la pénéplaine, du fait du défrichement permanent, porte seulement les arbres utiles comme *Parkia biglobosa*, *Butyrospermum parkii* et *Adansonia digitata*. Le nord-est, domaine de la végétation classée, est une savane arborée sur sols ferrallitiques favorables à certaines cultures (maïs, niébé, patate douce, taro et manioc). Cette savane assez dense est à *Isoberlinia doka*, *Burkea africana*, *Anogeissus leiocarpus* et *Kaya senegalensis*. Les terres basses argileuses, souvent hydromorphes et favorables à la riziculture, sont couvertes d'une savane herbeuse à *Andropogon gayanus*, *hyparrhenia ruffa* avec quelques arbres comme *Mitragina inermis*, *Terminalia macroptera* et *Borassus aethiopum*.

Au sud, le bassin de l'Ouémé porte une savane arborée à *Burkea africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Danielia oliveri*. Les basses terres plus ou moins argileuses et présentant des vertisols (dans les bas-fonds) sont occupées par des forêts-galeries à *Cassia sieberina*, *Cola cordifolia*, *Antiaris africana* et *Anogeissus leiocarpus*.

Les galeries forestières, les réserves et les parcs couvrent 42% de la superficie du département. Malgré le classement de ces forêts, elles continuent d'être endommagées et s'amenuisent de jour en jour. Des populations s'installent parfois à l'intérieur des forêts classées, exploitent le bois ou y aménagent des champs.

Toutes ces formations hébergent une riche faune (lion, cob, bubale, phacochère, guépard, éléphant, singe, serpents ... guêpe, mouche tsé-tsé, similie et

scorpion). Certains éléments de cette faune sont quelque peu nuisibles à l'homme même s'ils jouent un rôle dans les écosystèmes forestier et savanicole. La mouche tsé-tsé transmet la trypanosomiase au bétail et à l'homme, la simulie, la cécité des rivières, et certains serpents, en mordant un animal ou un homme, lui inoculent un venin mortel. Par exemple, en 1993, l'Atacora a enregistré 227 (dont 13 décès) cas d'hospitalisation pour morsure de serpent, et 212 (dont 10 décès) en 1992. Pour les cas de morsure sans hospitalisation, le département en a connu 774 en 1993 et 735 en 1992.

La présence de cette faune dans ces formations végétales aide à la satisfaction des besoins en protéines des populations et l'exploitation des espèces végétales participe au développement des unités de transformation du bois. En tant que tel, non seulement les formations végétales jouent un important rôle économique mais encore elles affectent le climat.

Les formations végétales, en effet, font diminuer les amplitudes thermiques et les risques d'érosion du substratum, et empêchent les phénomènes de chasse-sable. Tout en favorisant l'évapotranspiration, elles alimentent les basses couches en vapeur d'eau, modifient l'albédo, conservent l'humidité du sol et jouent le rôle de brise-vent. Les forêts-galeries, si petites soient-elles, parsèment la région en raison des cours d'eau.

Le département de l'Atacora est drainé par quatre grands cours d'eau qui prennent leur source sur le relief atacorien : la Pendjari dans la partie occidentale; deux affluents du Niger, le Mékrou et l'Alibori, et le cours supérieur de l'Ouémé, le plus grand fleuve du Bénin, dans la partie orientale (Fig.11). Ces cours d'eau jouent un important rôle dans la vie des populations et sur le plan climatique.

Du point de vue du climat, ils ont un rôle de régulateur thermique en atténuant les variations diurnes et annuelles des températures, fournissent aux basses couches de l'atmosphère un potentiel précipitable et accroissent aussi les manifestations orageuses à leur périphérie (M. Leroux, 1988). Toutefois, l'effet est plus perceptible lorsqu'on a affaire à de grandes étendues comme les grands lacs et

le Niger par exemple. Le rôle des cours d'eau de la région, beaucoup plus modestes, est sans doute limité.

Ils jouent également un rôle attractif sur les populations du fait des possibilités de pêche, d'eau de boisson, de baignade et de lessive.

La Pendjari, le plus long des fleuves de l'Atacora (380 km), est un sous-affluent de la Volta. Elle prend sa source au nord du village de Tagayé au sud-ouest de Natitingou et s'appelle alors Koumariko. Depuis sa source, elle coule dans la combe anticlinale du massif atacorien, longe le crêt occidental jusqu'à la latitude de Batia, bifurque vers l'ouest et coupe transversalement le crêt à 40 km au nord-est de Batia (11°06' N, 1°46' E). Son cours présente de nombreux méandres dans une vallée à fond marécageux par endroits, du fait de la diminution de la compétence du cours d'eau et des dépôts d'alluvions dans le lit. A partir de la latitude 11°24', la Pendjari forme la frontière entre le Bénin et le Burkina Faso et reçoit le Magou avant de pénétrer en territoire togolais (11°00'N, 0°55'E).

Le Koumagou et le Yéripao (ou Tiatiko) sont des tributaires de l'Oti au Togo. Le Koumagou prend sa source près du village de Koukoumantonkou. Il coule vers le nord et reçoit le Niessi dans le massif de Takiétouota. Son cours s'oriente ensuite vers le Sud-Ouest et conflue avec l'Oti. Le Yéripao prend sa source au sud de Pépéroukou dans la combe anticlinale de l'Atacora. Il reçoit le Tatiakounta et la Perma (ou Ouemou) grossie de la Tanounkounta (ou Sina Issiré).

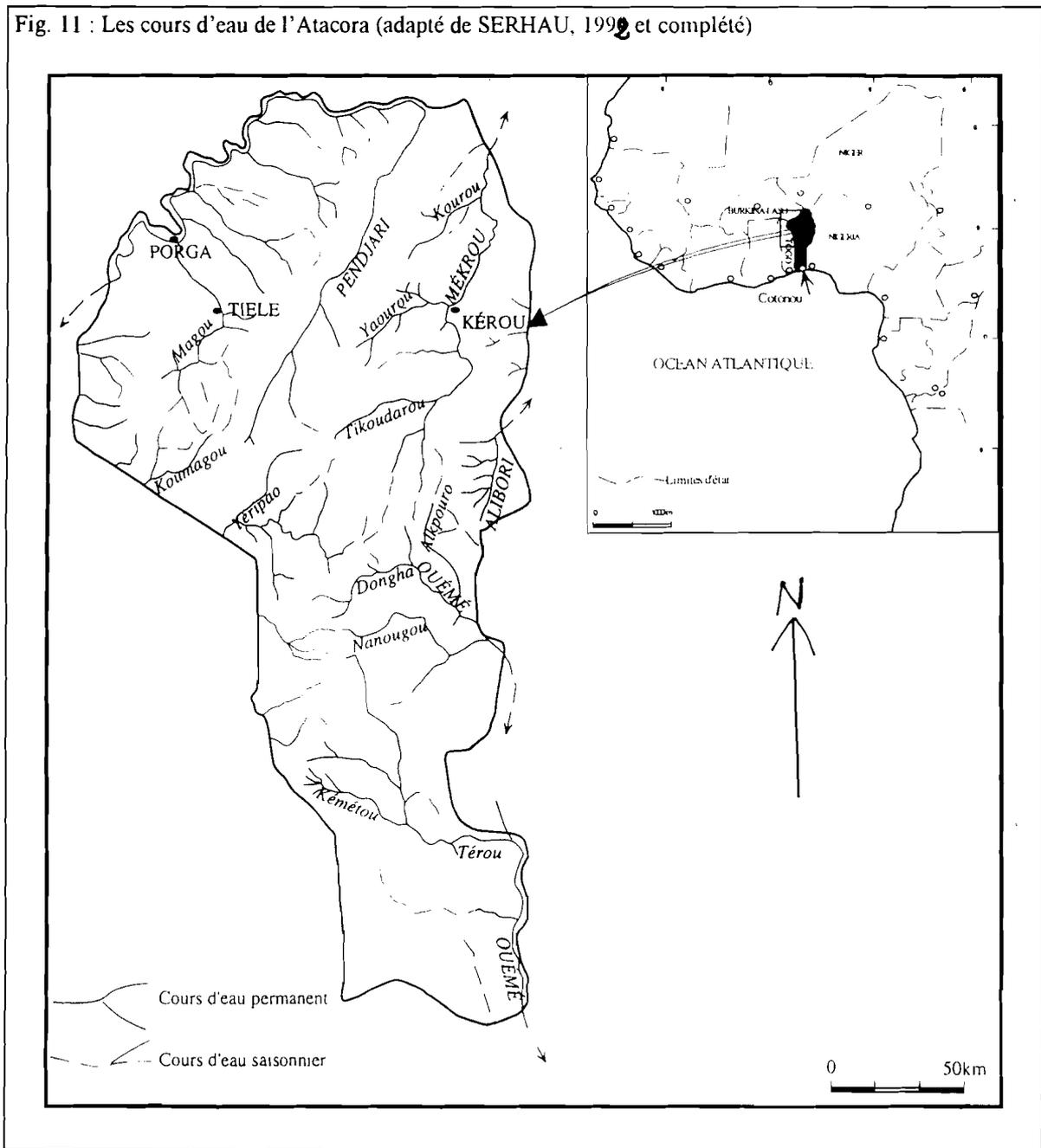
Les versants oriental et occidental de la chaîne atacorienne sont marqués par des accidents topographiques (failles et gorges d'origine tectonique, brutales ruptures de pente, topographie en escaliers) qui font que les rivières présentent sur leur cours des rapides et des cascades.

Ces dernières ont à leur tour créé des ruisseaux permanents et des marécages. Ce sont, par exemple, les cascades de Kota sur le versant est, celles de Tanguiéta et de Tanongou sur le versant ouest. Elles constituent un atout touristique pour la région.

Plus à l'est, la pénéplaine est drainée par le Mékrou, l'Alibori et l'Ouémé.

Le Mékrou, 410 km est un affluent du Niger. Il naît sur le versant oriental de l'Atacora à 400 mètres d'altitude (10°03'N, 1°40'E). Il coule vers le nord dans une vallée ouverte qui se resserre à partir de Bababa (10°35'N) avec de nombreux méandres. Sur sa rive gauche, il reçoit Tikoudarou, Yaourou et Kourou. A la latitude de Gbangbanga à l'ouest de Témécé (11°10'N), la vallée s'élargit et le cours d'eau présente parfois des méandres divagants.

Fig. 11 : Les cours d'eau de l'Atacora (adapté de SERHAU, 1999 et complété)



L'Alibori est le second affluent béninois du Niger. Long de 338 km, il prend sa source au sud de Wassa-Tobré, près du village de Kika ( 2°05'E, 10°06'N). Il n'a que son cours supérieur dans le département de l'Atacora .

L'Ouémé est le plus grand fleuve du Bénin. Il prend sa source près de Pabégou (à 15 km au nord de Djougou), à 450 mètres d'altitude vers 10°N. Il décrit ensuite une courbe vers le nord en exploitant les lignes de faiblesse du relief (faille, diaclases), puis prend la direction méridienne après avoir reçu quelques affluents, notamment la Donga grossie de Momongou et l'Alkpouro. Il reçoit par la suite le Nanougou et les eaux du Térou grossi du Kémétou.

Des études ont montré que **les bassins de ces cours d'eau sont des zones onchocerquiennes (Kouni, 1985) et certainement des gîtes de mouches tsé-tsé, préjudiciables au bétail et à l'homme.** En effet, la mouche, vecteur de l'onchocercose (ou cécité des rivières), aime les eaux ~~oxygénées~~ que lui offrent les cours d'eau à écoulement rapide. C'est le cas dans l'Atacora où du fait des versants raides du massif, la pente est suffisamment forte. La mouche tsé-tsé trouve son *preferendum* bioclimatique dans les formations végétales de type forêt claire ou savanes boisées ou arborées humides. Les bassins des cours d'eau sont donc propices à la prolifération de ces insectes. Il n'existe pas de lacs naturels sur l'ensemble de l'Atacora mais du fait de l'aspect vallonné de la topographie et des fonds imperméables (argiles noires), on trouve de nombreux marigots ou mares comme la Mare aux Hippopotames située dans la réserve de la Pendjari.

La topographie favorise aussi cette prolifération. La plaine du Gulma présente peu de dénivellation; c'est une sorte de glacis topographique, se raccordant aux terrasses alluviales de la Pendjari avec de petites dépressions qui retiennent l'eau. Les animaux de la réserve viennent s'y abreuver.

Par ailleurs, de nombreuses retenues d'eau ont été construites, soit pour l'alimentation en eau des populations (Natitingou, "Mer Borna" à Djougou), soit pour l'abreuvement du gros bétail (cas des retenues construites dans le cadre du projet allemand élevage GTZ). Dans le cadre de la lutte contre la transhumance du bétail,

le projet élevage GTZ/Atacora a construit un certain nombre de retenues d'eau dans la sous-région de Kérou (le plus grand secteur d'élevage de l'Atacora) afin d'offrir aux Peulh des points permanents d'eau pour leur bétail. Il semble que ces retenues ne sont pas toujours fonctionnelles du fait de leur comblement progressif. Il existe également, non loin des villages et des agglomérations urbaines, de nombreux marigots qui sont des points de ravitaillement en eau des populations. Ces points d'eau, retenues, marigots et mares sont des gîtes de moustiques et de vecteurs de maladies parasitaires ou virales.

A l'instar des cours d'eau tropicaux, ceux de la région connaissent un régime irrégulier avec un étiage très sévère de décembre à mai et des hautes eaux en septembre-octobre (**fig.12**). Ce régime s'accorde avec le rythme saisonnier des pluies et l'influence du substratum rocheux. On remarque que les basses eaux surviennent brutalement. Ainsi le débit du Magou à Tiélé est passé de 18 m<sup>3</sup> en septembre à 3 m<sup>3</sup> en octobre. Dans la même période, celui du Mékrou est passé de 58 à 20 m<sup>3</sup> et celui de la Pendjari de 270 à 170 m<sup>3</sup>.

**Tableau 2** : débits annuels du Mékrou, de la Pendjari et de Magou (m<sup>3</sup>/s)

Années	1987	1988	1989	1990	1991	1992	moyenne annuelle
Cours d'eau							
Mékrou à Kérou	94,8	157,4	103,3	123,8	202,8	91,2	128,8
Pendjari à Porga	192,0	898,0	394,0	178,3	670,0	232,8	361,8
Magou à Tiélé	-	-	47,5	22,8	67,6	55,4	48,3

Source : Service de l'Hydrologie / Bénin, 1993

Le tableau ci-dessus montre la grande variabilité interannuelle du débit de ces cours d'eau. Pour le Mékrou à Kérou seulement deux années (1988 et 1991) sur les 6 ont enregistré un débit supérieur à la moyenne. 1991 a connu un écart à la moyenne de 74 m<sup>3</sup>/s. A Porga, la Pendjari a eu trois années excédentaires (1988, 1989 et 1991) et l'écart à la moyenne est compris entre 32,2 et 536,2 m<sup>3</sup>/s. Pour les années fortement déficitaires, les écarts à la moyenne s'étendent de 129 à 183,5 m<sup>3</sup>/s (1987, 1990 et 1992). Le Magou à Tiélé, sur les 4 années, a eu une année

véritablement déficitaire (1990). La variabilité interannuelle du régime de ces cours d'eau est, en partie, liée à celle de la pluviométrie de la région.

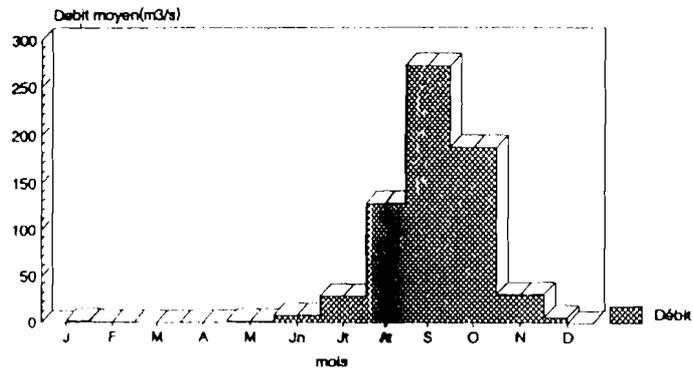
## **B- Les caractéristiques climatiques de l'Atacora**

Le Bénin appartient à deux domaines climatiques : celui du climat subéquatorial ou béninien et celui du climat soudanien (appelé également tropical). Le premier concerne la partie méridionale du pays et est caractérisé par quatre saisons bien tranchées (deux saisons sèches : décembre à mars et août-septembre; et deux saisons pluvieuses : avril à juillet et septembre-novembre). En revanche, le climat de l'Atacora, comme celui de toute la partie septentrionale du pays, est soudanien, avec deux grandes saisons : une saison pluvieuse et une saison sèche qui rythment la vie et les activités.

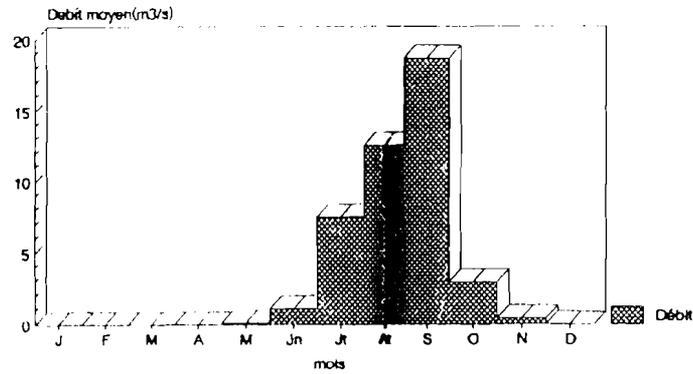
Dans l'Atacora, la saison des pluies d'avril à octobre voit la prédominance des flux de mousson d'ouest à sud-ouest mais aussi ceux liés aux lignes de grains, génératrices de fortes averses sur la région. La saison sèche de novembre à mars-avril est marquée dans les quatre premiers mois par des flux de nord-est et de nord ou d'est, secs, frais la nuit et relativement chauds le jour, desséchant et accélérant le dépérissement de la végétation. A la fraîcheur nocturne et matinale de l'harmattan succède la forte chaleur de l'intersaison, en mars-avril. La succession des saisons est due aux mécanismes climatiques observés en Afrique de l'Ouest.

Fig. 12 a,b,c : Régime de trois cours d'eau de l'Atacora

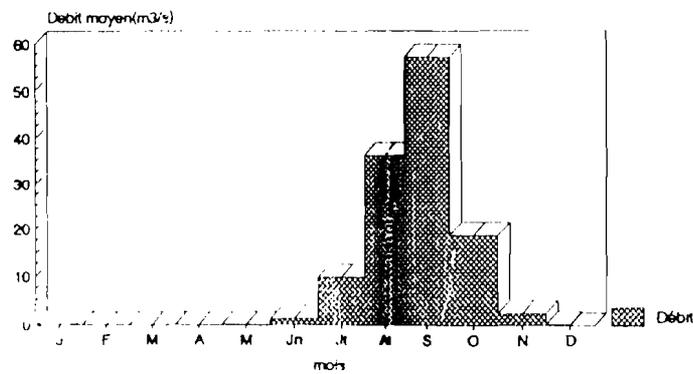
a) Régime de la Pendjari à Porga  
(1952-1992)



b) Régime du Magou à Tiélé  
(1989-1992)



c) Régime du Mékrou à Kérou  
(1987-1992)



## 1) Les mécanismes climatiques

Les rythmes climatiques sont liés au balancement saisonnier du bilan énergétique associé à celui des grands systèmes de la circulation intertropicale. Nous n'allons pas faire une étude détaillée de la climatologie dynamique parce que les mécanismes généraux de la circulation atmosphérique de l'Afrique Occidentale ont été largement décrits par de nombreux climatologues et météorologistes (G. Dhonneur, 1978,1985; M. Leroux,1970, 1983; O. Ojo, 1977; M.Budyko, 1974; P. Camberlin,1987; B. Fontaine, 1990; S. Janicot, 1990; P. Pagney, 1976 ; P. Sagna, 1986; S. Fongang, 1987). Seul un bref rappel est effectué.

### a) Le bilan radiatif du système Terre

La principale source d'énergie en direction de ce système est le soleil dont le rayonnement commande la circulation atmosphérique. La Terre réfléchit une partie de l'énergie solaire reçue (albédo), en absorbe l'autre partie et émet également des radiations infra-rouges. L'énergie solaire absorbée est maximale à l'équateur (du fait de l'angle zénithal des rayons, de la petite épaisseur d'atmosphère traversée, de la nature et de la couleur des objets) et minimale aux pôles (obliquité des rayons et grande épaisseur d'atmosphère traversée). Ainsi le bilan énergétique est positif aux basses latitudes mais négatif aux hautes latitudes. Ce différentiel "régions intertropicales-hautes latitudes" provoque une circulation méridienne dont le solde est un transfert d'énergie des basses vers les hautes latitudes. D'autre part, à latitude égale les océans des basses latitudes absorbent plus d'énergie que les continents. Ceci induit des gradients thermiques zonaux à l'origine de la circulations zonale. Egalement, la surface terrestre (excédentaire) s'oppose à l'atmosphère (déficitaire), d'où l'existence des transferts verticaux.

Les variations méridiennes et zonales du bilan énergétique terrestre créent les circulations atmosphériques dont les éléments sont interactifs. Mais pour plus de

clarté dans la présentation, nous allons les aborder séparément, à travers les grands systèmes de circulation.

## **b) Les grands systèmes de circulation**

Ils sont constitués par les cellules (Hadley, Walker), les vents d'altitude (Jet Tropical d'Est, Jet Subtropical d'Ouest, Jet d'Est Africain) et par les centres isobariques (Açores, Sainte Hélène, Libye).

**Les cellules** : la **cellule de Hadley** anime la circulation méridienne dans la zone tropicale, notamment en Afrique Occidentale. Elle comprend une branche ascendante proche de l'équateur et une branche subsidente aux latitudes subtropicales (20-30° de latitude). La branche ascendante correspond à l'Equateur Météorologique (EM), ligne de confluence des flux hémisphériques dans les basses couches (M. Leroux, 1980; G. Dhonneur, 1985) et la branche de subsidence correspond aux centres anticycloniques. L'énergie étant transférée en altitude (régions équatoriales), l'air refroidi dans la haute troposphère redescend et met en place les Hautes Pressions subtropicales. La **circulation divergente Est-Ouest** (pour la cellule de Walker), elle, organise la circulation zonale (E-W), matérialisée dans les basses couches par l'alizé du SE (G. Dhonneur, 1985) et du NE (B. Fontaine et S. Janicot, 1992), et, en altitude, par un axe de vents forts, les aérojets que sont les vents d'altitude.

**Les vents d'altitude** : le Jet Tropical d'Est (JTE) constitue la branche supérieure de la circulation divergente Est-Ouest. Ce sont des vents forts (16-17 m/s) à 100-200 hPa en juillet-août entre 5 et 10°N. Il est né du contraste thermique entre les hauteurs tibétaines chaudes et la mousson indienne et surtout de la libération de chaleur latente (convection du SE asiatique) et de la production de chaleur sensible par les hauteurs tibétaines (B. Fontaine, 1989). Les ondulations du JTE génèrent les lignes de grains. Un JTE fort signifie une circulation Est-Ouest renforcée sur l'Afrique de l'Ouest et une plus forte pénétration de la mousson qui la réactive et vice versa (D. Lambergeon *et al.*, 1981). Le Jet Subtropical d'Ouest (JSO) à 200 hPa, avec une vitesse de 20 m/s, est généré en hiver hémisphérique par la

cellule de Hadley dont il suit le mouvement méridien. Sa plus basse descente étant plus en latitude, il ne concerne pas le nord du Bénin.

Le Jet d'Est Africain (JEA), est situé à 600-700 hPa. Il est né des forts gradients thermiques entre l'Atlantique et les régions continentales africaines. Il a une vitesse oscillant entre 13 et 24 m/s. Son déplacement méridien (sud-nord et nord-sud) suit celui de l'Equateur Météorologique qui concentre la vapeur d'eau advectée par les alizés (surtout maritimes) et les vents de mousson. Ces vents sont liés au gradient de pression entre les centres isobariques.

**Les centres isobariques** : trois centres, dont deux permanents, interviennent : l'anticyclone des Açores (25°N en hiver, 30°N en été) dans l'Atlantique nord et celui de Sainte-Hélène (20°S en hiver, 15°S en été) dans l'Atlantique sud. Le troisième, celui du Sahara, est saisonnier : anticyclonique pendant l'hiver boréal mais dépressionnaire en été boréal.

Dans la basse troposphère, en hiver boréal, les centres de pression occupent une position très méridionale car renforcés par les incursions polaires boréales et le refroidissement de l'ensemble de l'hémisphère nord : l'anticyclone des Açores est renforcé avec, en son centre, un maximum de pression de 1020 hPa. En hiver, l'Afrique boréale enregistre un déficit énergétique relatif; on a alors un fort refroidissement de la partie nord du continent africain, un renforcement du centre anticyclonique des Açores et la mise en place de celui de l'Egypte-Libye. Les deux centres se soudent par la suite.

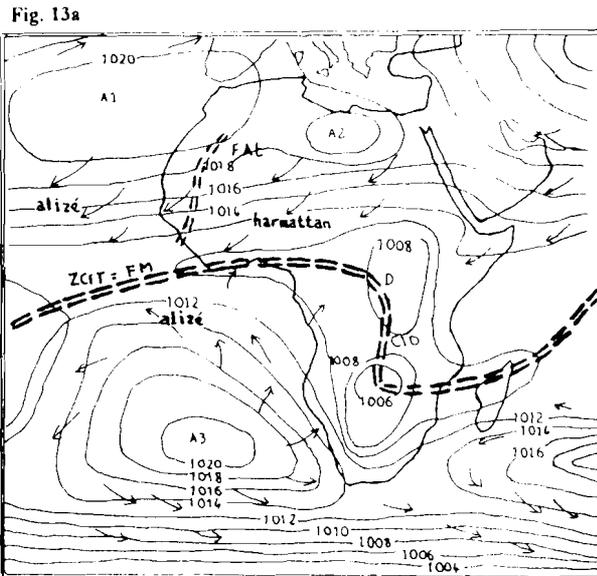
Au même moment, les hautes pressions de Sainte-Hélène, dans l'océan Atlantique, au large de l'Afrique du Sud et de la Namibie, ne sont plus très actives et n'ont plus une influence directe sur l'Afrique Occidentale (Fig. 13a), du fait de l'été au cours duquel l'anticyclone n'est pas renforcé par les incursions polaires australes.

En altitude, on note la prédominance, en hiver boréal, de l'anticyclone des Açores sur celui de Sainte-Hélène à 850 hPa, comme observé dans la basse troposphère. Cela se traduit par une pente nord-sud des altitudes géopotentielle. Par contre à 500 hPa, les ceintures anticycloniques sont très rapprochées (Fig.14a).

Cette disposition du champ de pression en surface et de géopotentiel à 850 hPa développe en Afrique Occidentale un flux de nord-est d'origine saharienne, chaud et sec : c'est l'harmattan. Ce flux, du fait de sa siccité, est chaud dans la journée mais frais, voire froid le matin et la nuit du fait de la grande déperdition thermique nocturne et donc d'un fort refroidissement de l'air. La déperdition thermique est d'autant plus intense que l'air est plus sec. La siccité de l'air continental est liée à la subsidence des hautes pressions, et au caractère désertique et semi-désertique de la région d'origine et des milieux traversés, Sahara et Sahel.

En été boréal, le réchauffement du continent au nord de l'équateur provoque, d'une part, la rétraction du centre des hautes pressions des Açores qui prend position au large des côtes lusitaniennes et marocaines et, d'autre part, la mise en place de la dépression saharienne qui succède aux hautes pressions égypto-libyennes. Ce centre de basses pressions thermiques favorise la remontée de la ZCIT ( ou Equateur Météorologique) propulsée aussi par l'anticyclone de Sainte-Hélène, plus actif et plus dynamique car renforcé par le refroidissement hivernal de l'ensemble de l'hémisphère sud et par les coulées polaires australes. Il est alors caractérisé, en son centre, par un maximum moyen de pression de 1022 hPa et il se situe plus près de l'Equateur (Fig. 13 b). A 850 hPa, l'anticyclone de Sainte-Hélène est beaucoup plus proche de l'Equateur. La dépression thermique du Sahara en surface se trouve surmontée par une zone anticyclonique. Une dépression est à la fois un centre d'ascendance et de convergence de l'air environnant. L'air chaud qui monte dans la colonne se refroidit en altitude où des hautes pressions coiffent la dépression. Tout cet ensemble favorise la pénétration sur l'Afrique Occidentale du flux du sud-ouest, **la mousson**, génératrice de pluies (Fig.14 b).

Fig. 13a,b : Pressions, vents et principales discontinuités en surface en janvier (a) et en juillet (b) (B. Sarr, 1995, légèrement modifié)



ZCIT : Zone de Convergence Intertropicale = Front de Mousson  
dans le Golfe du Bénin  
FAL : Front des Alizés

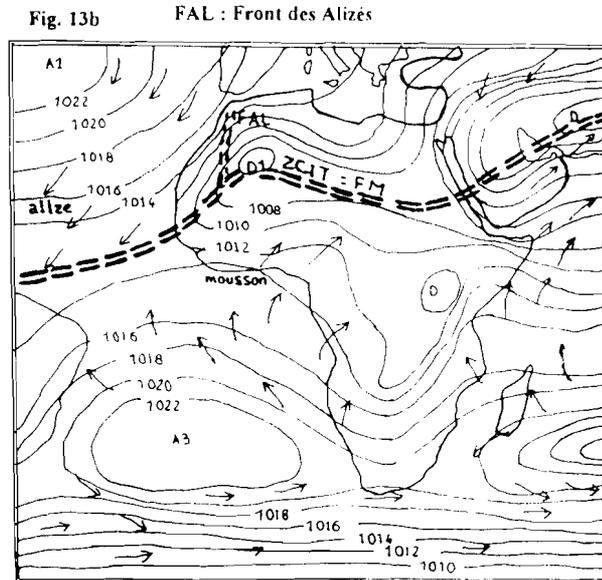
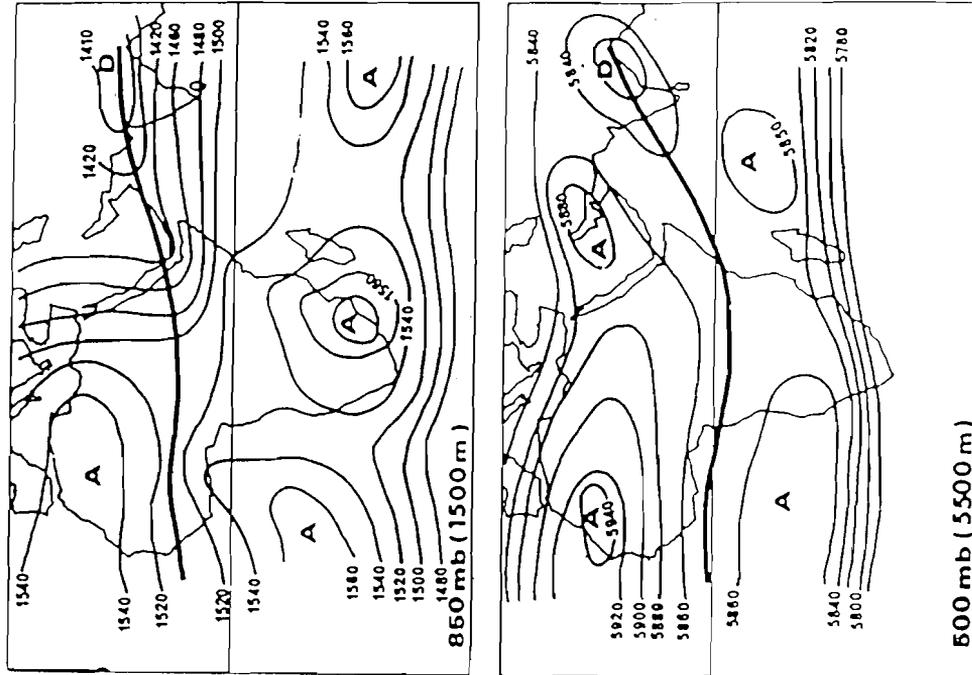
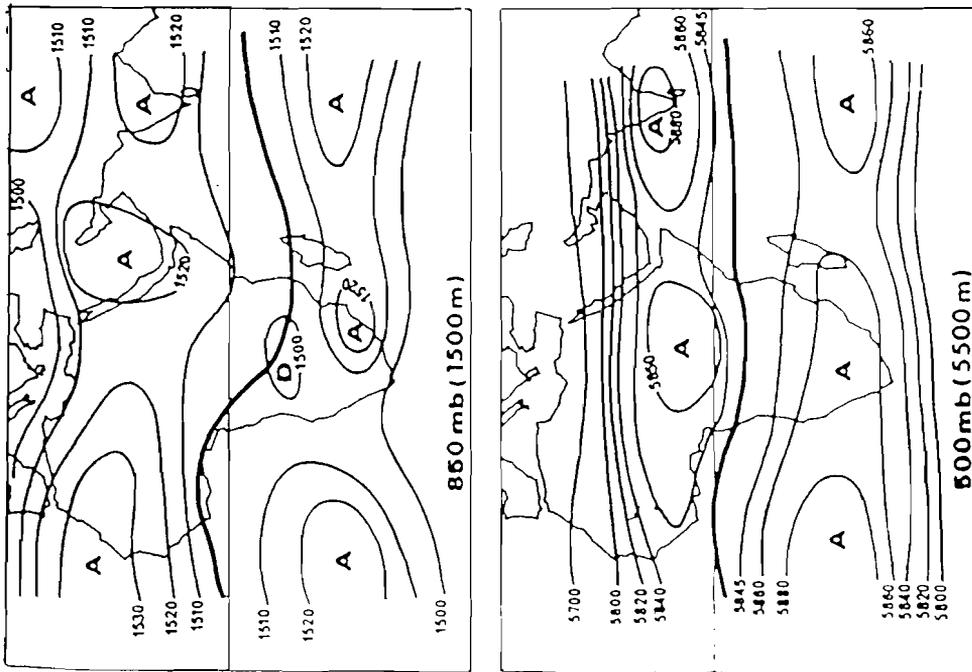


Fig. 14a,b : Champ moyen de pression dans la moyenne et la haute troposphère en Afrique (M. Leroux, 1975)



En Juillet



En Janvier

Les masses d'air issues de ces centres anticycloniques nord et sud confluent pour donner la ZCIT (ou Equateur Météorologique) qui se déplace sur l'Afrique Occidentale, en suivant le mouvement apparent du soleil. Elle glisse, en moyenne, de 5°N à 22°N entre janvier et août puis redescend jusque vers 5°N entre septembre et décembre (Fig. 15). La translation de la ZCIT en Afrique Occidentale au cours de l'année implique la migration du Front InterTropical (FIT), trace au sol de l'Equateur Météorologique, au Bénin.

### **c- Les migrations moyennes mensuelles du FIT au Bénin**

Le Front InterTropical (FIT), appelé aussi Front de Mousson (FM) au Bénin, a des aspects différents selon la latitude et le milieu considéré (océan, littoral, continent). Le Bénin étant entièrement continental, on a affaire à un FIT continental qui progresse vers le nord plus rapidement que son équivalent océanique. Ses mouvements, comme ceux de l'Equateur Météorologique, suivent le mouvement apparent du soleil avec un retard de 6 semaines. Analysons, mois par mois, le glissement moyen du FIT vers le nord et son mouvement retour vers le sud du Bénin.

**En janvier**, le FIT occupe la position la plus méridionale sur le littoral (vers 7°N), aux latitudes de Lokossa, Pobè (Fig.16). La partie du pays située au nord de cette position du FIT se trouve sous l'influence des conditions hivernales (harmattan). **En février**, les conditions atmosphériques n'ont pas varié, mais le front est remonté vers le nord à la latitude d'Abomey-Kétou. Toutes les parties au sud de cette ligne sont soumises au flux de mousson.

**En mars**, le FIT est positionné à la latitude de Kandi-Kérou et **en avril**, il est au-delà du Bénin, comme le montre la position de la ZCIT en **avril-mai** sur l'Afrique (latitudes de Dakar-Niamey-Asmara (Ethiopie) et celles de Tamanrasset (Algérie), du nord mauritanien, malien et tchadien) (Fig. 15). A partir de cet instant, le régime de mousson est prépondérant dans tout le pays et dans l'Atacora : la chaleur est

torride du fait de la forte insolation, des températures élevées et de la faible déperdition thermique liée à l'importante humidité atmosphérique. Le front va demeurer au nord de la région d'étude jusqu'en septembre.

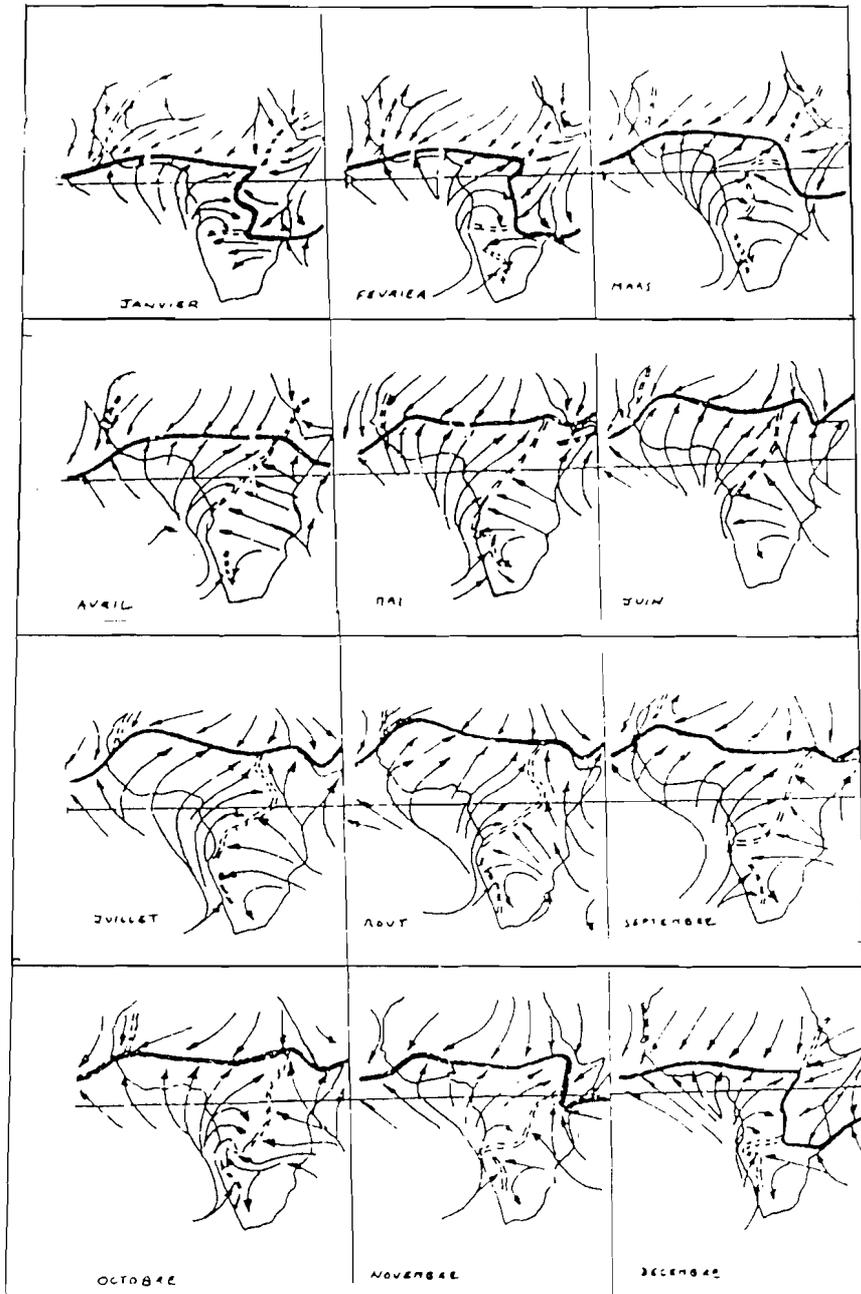
**Dès octobre**, le FIT amorce son retour vers le sud et se situe à la pointe septentrionale du Bénin vers 12°30'N. **En novembre**, il se localise au sud de Natitingou-Bembèrèkè aux environs de 10°N. **En décembre**, il se fixe au sud de 8°N dans les environs de Dassa-Savè. Toutes les régions au nord de cette ligne se retrouvent sous l'influence du régime d'harmattan. Le FIT dans son déplacement S-N et N-S commande, en partie, les types de temps des différentes saisons.

## 2- Les types de temps saisonniers

**a) Temps de saison sèche** : La saison sèche comprend deux périodes, la période d'harmattan (novembre-février) et celle de forte chaleur (mars-avril)

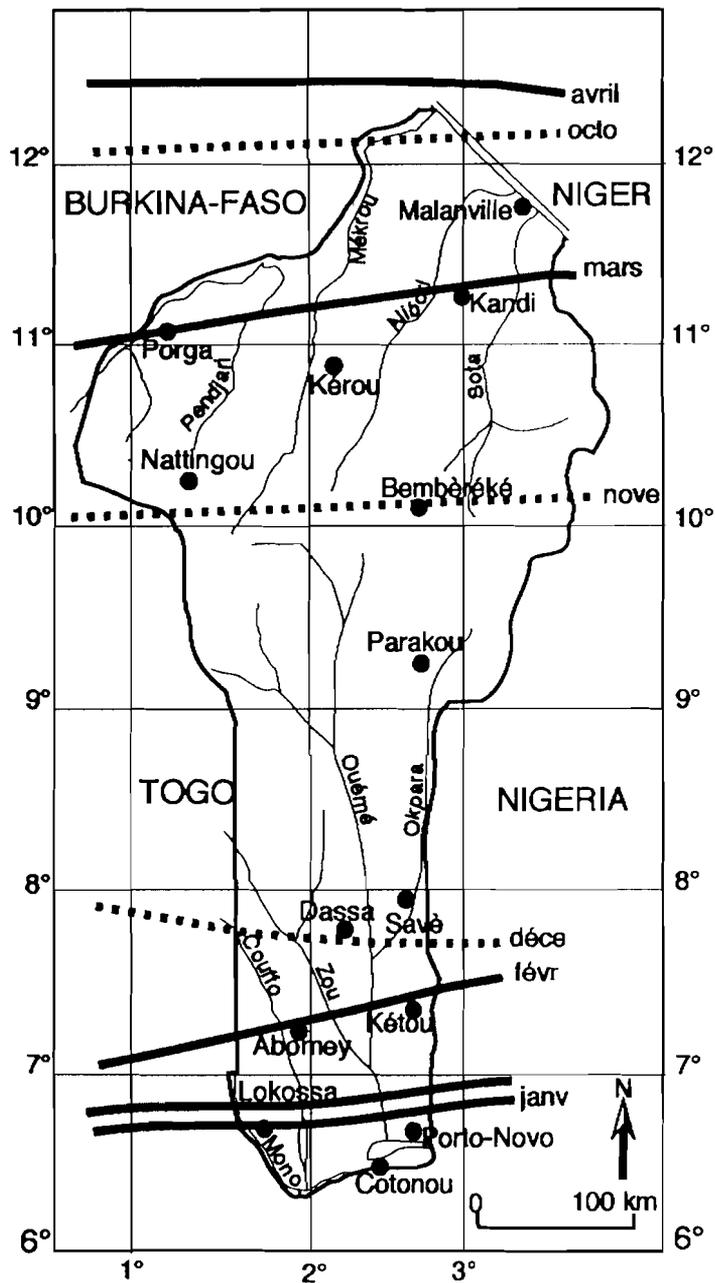
**La période d'harmattan** est caractérisée par l'alizé continental, la brume sèche et la baisse des températures, comme dans les régions sahéliennes mais à un moindre degré. A la suite d'une forte extension de l'anticyclone libyen, le FIT peut être rejeté au sud des côtes du Bénin. En effet, l'incursion d'une poussée polaire boréale crée un gonflement de l'anticyclone nord-africain et le renforcement brusque du flux d'est et du nord-est qui repousse le FIT vers le sud. Ce sont les poussées d'harmattan ou "surges" Le régime d'harmattan est alors exacerbé sur les régions ouest-africaines, balayées par l'alizé continental. D'autre part, il arrive aussi qu'un tel renforcement entraîne aux abords méridionaux du FIT des manifestations pluvio-orageuses : pendant la descente forcée du FIT vers le sud, sous l'effet de la poussée du flux continental, il y a convergence par accélération du courant et aussi la mousson est soulevée. Des phénomènes orageux se mettent alors en place au sein de la mousson (M. Leroux, 1970). Ce sont ces pluies de saison sèche qu'on appelle "**pluies des mangues**" et qui sont même attendues entre janvier et mars, du fait qu'elles favorisent la maturation des mangues.

Fig. 15 : Les migrations mensuelles moyennes en surface des principales discontinuités en Afrique (Bureau d'étude de l'ASECNA, 1973 présenté par B. Sarr, 1995)



———— équateur météorologique  
 - - - - - convergence inter-océanique en Afrique australe et en Afrique de l'Est  
 FAL sur le littoral sénégalo-mauritannienne

Fig. 16 : Les migrations mensuelles moyennes du FIT au Bénin (conçu à partir des travaux de M. Leroux, 1970, 1980, 1983)



- ==== Position extrême
- Glissement vers nord
- ..... Retour vers le sud

Ainsi, si elles ne se manifestent pas, les paysans prétendent que la saison suivante des mangues sera mauvaise. Le 18 mars 1993 au soir, après le passage d'un orage (lié aux surges) sur l'Atacora le FIT s'est retrouvé à 6°N alors qu'il était positionné au nord de la latitude de Natitingou. La conséquence a été le retour du temps d'harmattan du 19 au 22 mars, alors que les populations le croyaient terminé.

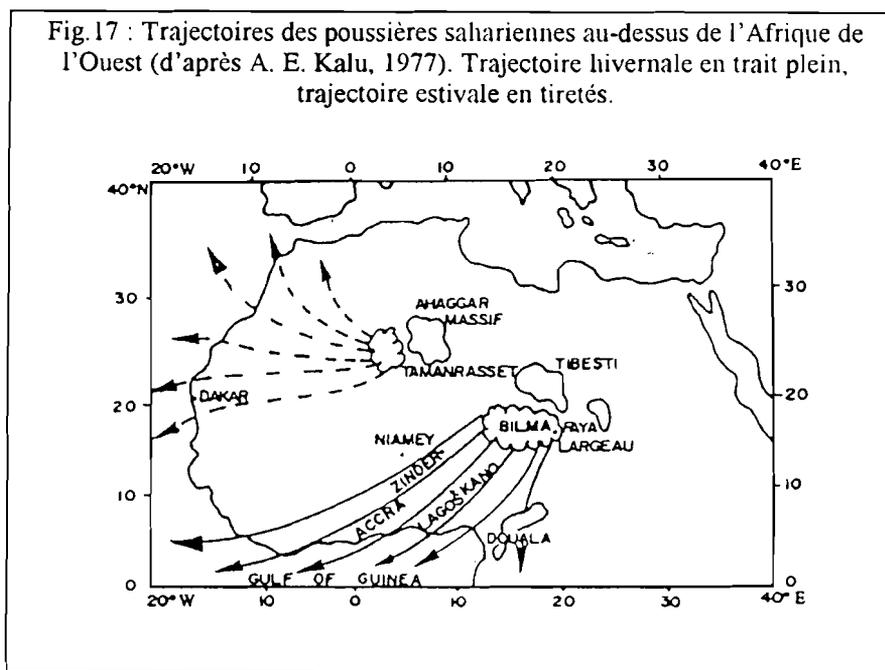
Ces "surges" de l'harmattan n'ont pas une périodicité et une durée fixes. Ils peuvent durer trois jours ou quatre (cas évoqué dans l'Atacora) ou même "en dépasser quinze" (M. Leroux, 1970); tout dépend du nombre de passages des perturbations du Front Polaire et de l'importance du renforcement des hautes pressions subtropicales boréales.

Ces fluctuations de l'harmattan seraient liées aux expulsions d'air polaire boréal (M. Leroux, 1970, 1980; B. Suchel, 1988) et aux "déplacements des cellules de l'anticyclone de Libye et aux gradients barométriques existant entre 20°N et 10°N" (G. Dhonneur, 1978). A la suite de ces pluies, l'alizé du nord-est s'installe.

L'harmattan, vent desséchant, a longtemps préoccupé les populations et continue d'être pour elles cause de soucis du fait de ses effets stressants sur l'organisme humain. Ainsi les noms donnés au phénomène dans la région mettent l'accent sur ses caractères froids et secs : par exemple, quand les Bèbèlibè et les Gulmanceba disent "*Papanga yaxûm*" (vent de fin de saison qui annonce la saison sèche) ou "*Nwanû*" (vent froid), ils mettent l'accent sur le caractère froid du vent d'harmattan. Pour désigner le vent sec, les Bètamaribè disent "*Kutenwa yaaku*" (vent de la saison sèche) et le vent froid est appelé "*Mutenwasee*" (le froid de la saison sèche).

Les aérosols que transporte ce vent viennent des régions sahariennes et voilent souvent l'horizon. Ils constituent la brume sèche composée d'un ensemble de particules solides (0,1 à 5 micromètres et plus) en suspension. La brume sèche serait une conséquence du chasse-sable (l'ensemble des particules de poussière et de sable soulevées du sol à des hauteurs faibles ou modérées).

Ce chasse-sable peut être lié à une **inversion thermique de basses couches** (au-dessus d'un sol fortement refroidi la nuit), **cette inversion de température induisant le "sifflet de vent fort"** (G. Dhonneur, 1985). Le chasse-sable peut être également associé "**aux accélérations dans les basses couches**" qui accompagnent les expulsions d'air polaires (J. Dubief, 1959, cité par M. Leroux, 1980). Les conditions favorables au développement des chasse-sables sont donc le renforcement de l'anticyclone égypto-libyen, suivi de la **hausse** du gradient de pression (ou resserrement des isobares) et de l'accélération du flux d'est. Les coulées froides créent dans les basses latitudes un couloir dépressionnaire qui facilite le transport des aérosols (M. Yattara, 1986). Ces particules peuvent provenir de très loin, mais celles qui arrivent sur le Golfe de Guinée seraient majoritairement issues des régions de Bilma et de Faya-Largeau (Fig. 17).



Dans le nord-ouest du Bénin la brume sèche persiste souvent durant plusieurs jours consécutifs : Kérou a connu 31 jours de brume sèche en janvier des années 1972, 1977, 1980 et 1987, ainsi qu'en décembre 1987 et 28 jours en février 1974. Mais sa fréquence est variable d'une année à l'autre en fonction de la variation et de l'importance des accélérations de l'alizé saharien. Par exemple, Natitingou a connu 39 jours de brume sèche durant l'harmattan 1986-1987 et 69 jours en 1987-1988. Kérou a enregistré 107 jours de brume sèche en 1986-1987 contre 91 jours en

1987-1988. Djougou en a connu 24 jours au cours de l'harmattan 1986-1987 et 46 jours en 1987-1988.

Les **chasse-sable** existent aussi dans l'Atacora pendant la saison sèche même s'ils ne sont pas souvent enregistrés. On en a compté cinq jours à Natitingou au cours de l'harmattan 1988-1989. Par ailleurs, les vents accroissent l'état déjà trouble de l'atmosphère du fait des nombreux feux de brousse pratiqués en cette saison. Ces feux alimentent l'atmosphère en CO<sub>2</sub>. Les fumées constituent des noyaux de condensation, ce qui accroît la condensation. Les poussières locales, en cette période en effet, sont constituées en grande partie de cendres végétales.

Malgré la présence de la brume sèche, on enregistre pendant cette période de fortes valeurs de la durée d'insolation et de la température maximale: 7-8 h d'insolation par jour et 33-37°C de température maximale moyenne (34-37°C à Natitingou, 33-35,9°C à Djougou et 34-38,5°C à Kérou), alors que la température minimale varie plus (18-20,9°C à Natitingou, 17-20,5°C à Djougou et 12-17°C à Kérou). L'amplitude thermique moyenne est élevée (15-21°C) (cf tableau 6 plus loin). L'humidité relative minimale est faible (20-30%) : 15-27% à Natitingou, 25-26% à Djougou et 21-25% à Kérou. La conséquence de cette ambiance climatique est que dans le paysage tout jaunit, les herbacées se dessèchent rapidement ; les nappes phréatiques et le niveau d'eau des rivières diminuent. Le paysan fait les récoltes et confectionne les buttes d'igname dans les vallons et les vallées des cours d'eau, afin de profiter encore de l'humidité du sol. C'est la période où sont organisées les cérémonies de circoncision afin de profiter de la siccité de l'air qui diminue les risques d'hémorragie, et favorise la rapide cicatrisation des plaies.

Outre la brume sèche et la siccité de l'air, la période d'harmattan est aussi caractérisée par la baisse des températures qui est marquée surtout la nuit et le matin. Cette baisse est surtout liée à la déperdition radiative (dans l'infrarouge) mais aussi aux invasions polaires. On enregistre ainsi à Kérou des minima absolus de température de 9-10°C, contrairement à la période de forte chaleur.

**La période de forte chaleur** est en mars-avril. Elle est marquée par une élévation graduelle des températures maximales et plus encore minimales : la température maximale moyenne s'établit entre 34°C et 39°C et dépasse parfois 40°C, en avril, à Kérou; la température minimale moyenne se situe entre 20°C et 23°C. L'amplitude diurne reste importante (14°C-16°C à Natitingou; 16°C-20°C à Kérou, en avril) du fait de la forte insolation (8-9 h par jour). Dans le paysage, tout exprime la désolation : les herbacées sont mortes, des arbres sont sans feuillage et souvent victimes des incendies fréquents en cette période. Le sol est sec et chaud, l'air est chaud même à l'ombre, les cours d'eau et les marigots ont tari. L'eau manque dans les villages et il faut aller à des kilomètres pour pouvoir s'en procurer. C'est la grande période de transhumance pour les Peulh, qui vont à la recherche de points d'eau et de pâturages pour leur bétail. Les nuits deviennent chaudes, étouffantes et l'ambiance nocturne pénible. L'harmattan ne souffle plus et l'humidité de l'air augmente (humidité relative maximale de 70 à 85% à Natitingou contre 34-44% pendant l'harmattan) à cause de l'installation au sol du régime des vents humides de secteur S et SW. Comme nous l'avons vu, l'Atacora est sous l'emprise de la mousson qui, cependant, n'autorise pas la formation de pluies du fait de sa faible épaisseur. Néanmoins, des pluies peuvent avoir lieu à cette période de l'année. Elles peuvent être dues aux poussées d'harmattan ou aux **perturbations de type ondes d'est**. Caractérisées par de forts mouvements d'ascendance et par des tourbillons, ces ondes naissent près des reliefs éthiopiens, se renforcent, dans leur déplacement E-W, entre 30°E et 15°E (B. Fontaine, 1989) et affectent la région septentrionale du Bénin en fin d'hiver boréal (M. Boko, 1988).

Pour les paysans agriculteurs, la période de mars-avril est celle de la préparation des champs où l'on renforce le "mulch", un coussin fait de débris d'herbes et de végétaux déposé sur les buttes pour protéger les nouveaux plants d'igname contre le dessèchement. C'est aussi le moment de travailler les tubercules de manioc et d'igname pour en faire des cossettes séchées qui vont entrer dans la préparation de la nourriture. Pour les femmes, c'est le temps de constituer les réserves de bois de feu pour la prochaine saison des pluies. La forte chaleur et les pénuries (dont celle d'eau) font que les populations souhaitent ardemment la venue des pluies.

**b) Temps de saison des pluies** : La saison des pluies s'étend de mai-juin à octobre et se caractérise par des pluies orageuses (l'étude de l'installation de cette saison des pluies est abordée dans la suite du travail). Les pluies orageuses représentent, dans le nord du Bénin, environ 70% des précipitations totales (M. Boko, 1988).

L'orage est un système nuageux convectif qui naît dans une ambiance instable, chaude et humide. Le système nuageux de l'orage se construit grâce à la convection associée au refroidissement adiabatique de l'air humide ascendant qui libère la chaleur latente de condensation (J. Pérard, 1992).

La région de l'Atacora est "marquée par une importance plus grande des manifestations orageuses, plus que dans le reste du pays" du fait des ascendances forcées d'air humide qu'occasionne la chaîne de l'Atacora associées à une intense activité convective (F. Afouda, 1990). La station de Natitingou, par exemple, enregistre en moyenne annuelle, dans la période de 1932-1984, environ 121 jours d'orage contre 72 jours à Parakou dans le Borgou (C. Enianliko, 1984).

**Tableau 3** : Nombre de jours d'orage dans l'Atacora (1969-1985)

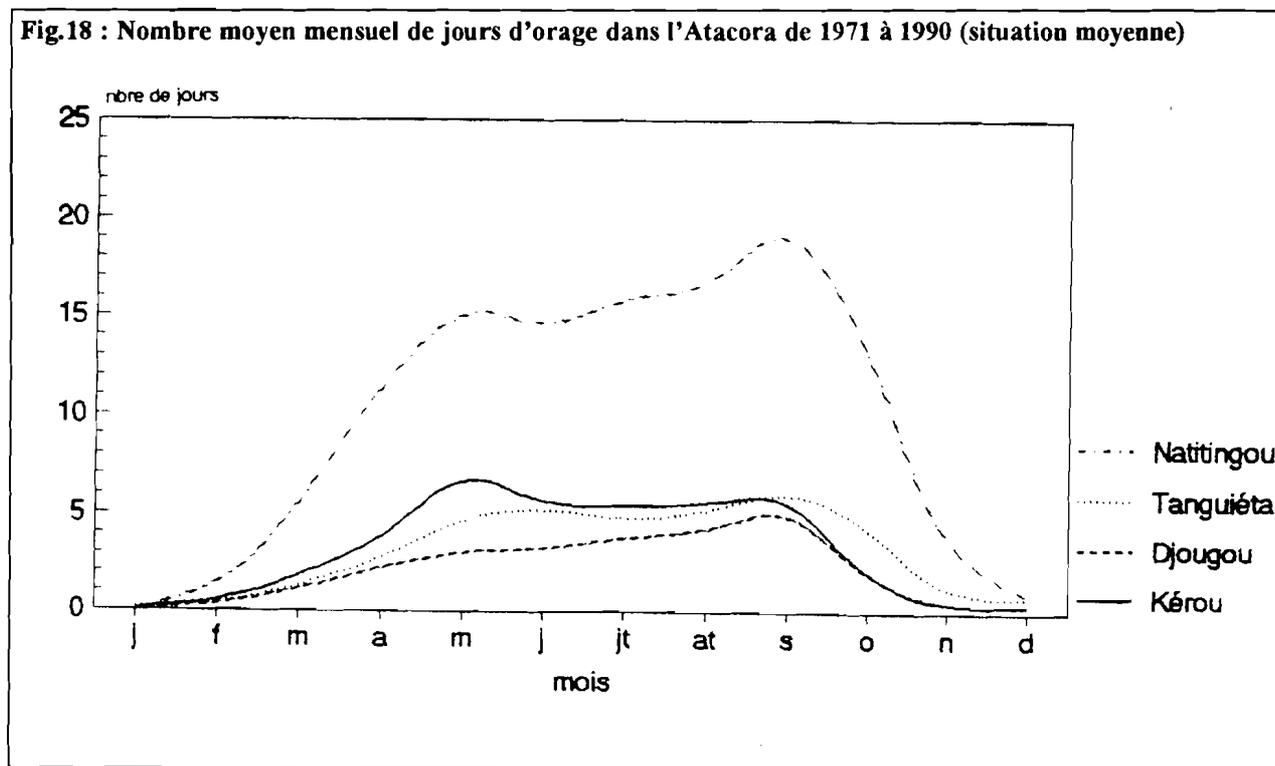
Stations	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juil	août	sep	oc	nov	dec	total
Natitingou	0	1	6	12	16	14	17	17	20	14	2	0	119
Djougou	0	0	1	2	3	2	3	4	5	1	0	0	21

Source : Ch. S. Houssou, 1991

A Djougou la kéraunicité est plus faible (21 jours par an) qu'à Natitingou (Tableau 3). La série 1971-1990 (Fig. 18) montre un pic secondaire en mai et un principal en septembre. Le rythme reste néanmoins unimodal, malgré le très léger fléchissement observé entre juin et août (Fig. 18). Cette moindre fréquence des orages est liée à une faible radiation solaire directe (forte nébulosité, faible insolation) et donc à une plus faible activité thermoconvective locale. En effet, même des vents relativement faibles (2-3 m/s) entretiennent une ambiance chaude et

humide sur une épaisseur importante de l'atmosphère, ce qui ne favorise pas un fort gradient vertical de température. Alors, les conditions idéales de la réalisation de la thermoconvection ne sont pas réunies. A Djougou, qui a la plus faible fréquence, on compte à partir de mai, en moyenne, un jour d'orage tous les 10 jours et un orage par semaine en août et en septembre. A Kérou et à Tanguiéta, on enregistre un jour d'orage tous les 5 jours, et à Natitingou, environ 3 jours d'orage par semaine pendant la saison pluvieuse. Cette différence entre les stations serait liée à leur position géographique par rapport au relief. Natitingou, par exemple, est entre deux chaînons atacoriens et bénéficie des effets de la thermo-convection, des brises de vallées et des lignes de crêtes sur l'activité convective. N'oublions pas que la convergence entre Tanguiéta, elle, jouit aussi de l'influence orographique liée à la falaise qui la domine. Par contre, Djougou ne se trouvant pas au pied d'un relief ne profite pas des conditions topographiques favorables à la convection.

Les manifestations orageuses dans l'Atacora sont dues, en partie, aux **cellules convectives locales** qui naissent grâce aux colonnes d'ascendance qui se développent, sous l'effet de l'échauffement diurne (J.B. Suchel, 1988) et à l'influence de la chaîne atacorienne.



La saison des pluies comporte deux périodes, la période d'installation et la période des grandes pluies.

### **La période d'installation**

En mai-juin, avant l'arrivée des fortes pluies, le temps est caractérisé par les grandes chaleurs (30°C-36°C de température maximale moyenne), par un degré hygrométrique important (80-90% d'humidité relative maximale), par une nébulosité croissante et par une insolation encore élevée (8 h par jour en mai, 7 h en juin). De telles conditions météorologiques favorisent la thermoconvection avec des orages brutaux, de courte durée, accompagnés de vents violents (8 à 20 m/s) mais qui donnent des précipitations modestes ou nulles (M. Boko, 1988). Tout juste après la pluie, la température monte brutalement du fait de la libération de chaleur latente et de la présence d'air non saturé. Au contraire, si l'orage est lié au passage d'une **ligne de grains**, instabilité temporaire de la structure verticale de l'atmosphère (V. Moron, 1993), la température diminue et, le ciel restant couvert jusqu'au soir, la baisse persiste toute la nuit. Cette situation est liée au fait qu'au passage des lignes de grains, les basses couches de l'atmosphère (1000-800 hPa) connaissent un refroidissement intense (B. Diop *et al.*, 1994). Ce phénomène serait dû aux différents échanges d'énergie par rayonnement d'ondes longues du changement de phase de l'eau et des transferts verticaux de matière (B. Diop et S. Fongang, 1996). Phénomène majeur de la mousson ouest-africaine, les lignes de grains sont matérialisées par des cumulonimbus, nuages à développement vertical. Ce sont des systèmes orageux disposés en bandes irrégulières, larges de 50 à 150km et s'étirant S-N sur des centaines de kilomètres (M-F Courel, 1985), qui naissent dans la cuvette du Congo ou du Tchad et qui s'orientent perpendiculairement au courant de vent des couches moyennes présentant généralement une convexité dans le sens de leur déplacement, E-W (J. B. Suchel, 1988).

Après les premières pluies, la fraîcheur s'installe progressivement et le sourire revient sur les lèvres. Les agriculteurs dont les champs avaient été apprêtés (battes et billons confectionnés et défrichage des parcelles effectué) débutent les semailles. Ceux qui ne l'avaient pas encore fait s'empressent de faire les billons. Mais une interruption des pluies est à craindre et elle survient souvent, ce qui oblige

à des resemis comme en 1978 à Natitingou où la rupture a duré deux mois (mai et juin). Une hypothèse est que les faux départs de la saison pluvieuse seraient liés à une mousson peu renforcée et peu épaisse du fait, peut-être, d'un hiver austral modéré, auquel se sont associés une faible fréquence des incursions d'air polaire dans les basses latitudes et un anticyclone de Sainte-Hélène peu puissant et peu actif et donc d'une faible migration de la ZCIT.

**La période des grandes pluies** s'étend de juillet à septembre-octobre. C'est la période où les précipitations sont bien établies. Elle se caractérise par une forte humidité (85-95% d'humidité relative maximale), des températures maximales assez modérées (28°C-30°C en moyenne) et une faible insolation (4-7h par jour) liée à une très forte nébulosité au sein du flux de mousson. Le temps pluvio-orageux est caractérisé par un ciel avec éclairs et foudre liés aux nuages de type cumuliforme à grand développement vertical. Les cumulo-nimbus sont suivis par des altocumulus, des altostratus et des stratocumulus qui génèrent des pluies continues sans manifestations orageuses. La manifestation des nuages à grand développement vertical dans les basses couches a pour conséquence des vents violents (10-20 m/s) accompagnés souvent d'averses orageuses, causant parfois des dommages (toits effondrés, arbres arrachés, jeunes plants terrassés (photo 1a,b).

Ces averses durent de 30 mn à une heure, et parfois plus et peuvent survenir à tout moment de la journée, le matin, l'après-midi ou tard le soir. Les perturbations qui donnent naissance au type de temps orageux de cette période sont surtout liées aux lignes de grains et ondes d'est. La chaîne de l'Atacora joue, néanmoins, un rôle important dans la pluviométrie de la région. Elle catalyse le déclenchement des processus de condensation et de précipitation quand l'air saturé de vapeur et advecté arrive contre le relief. Elle peut aussi activer, sinon alimenter, les perturbations qui l'abordent et, par sa hauteur d'influence (triple ou quadruple de sa hauteur réelle soit 1800m), favoriser fortes précipitations.

Photo 1a : Dégâts dus à l'orage dans les environs de Boukoubé. Une salle de classe détruite

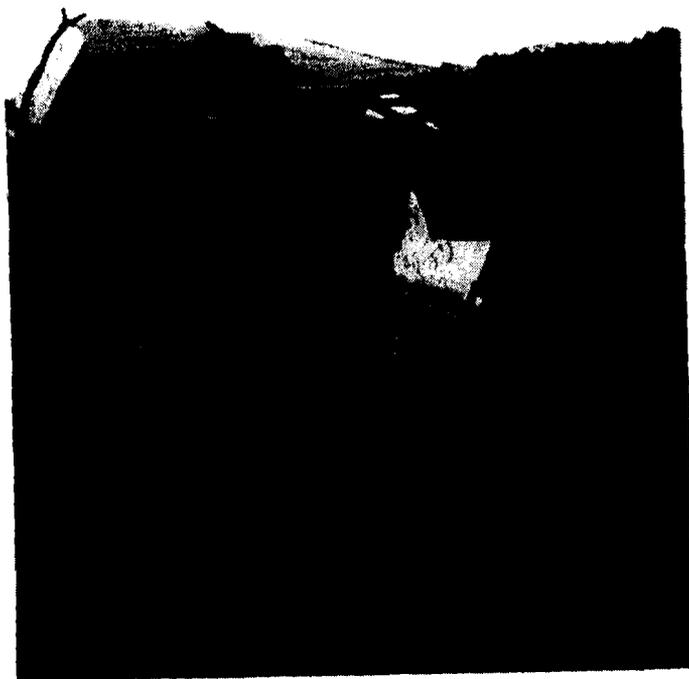
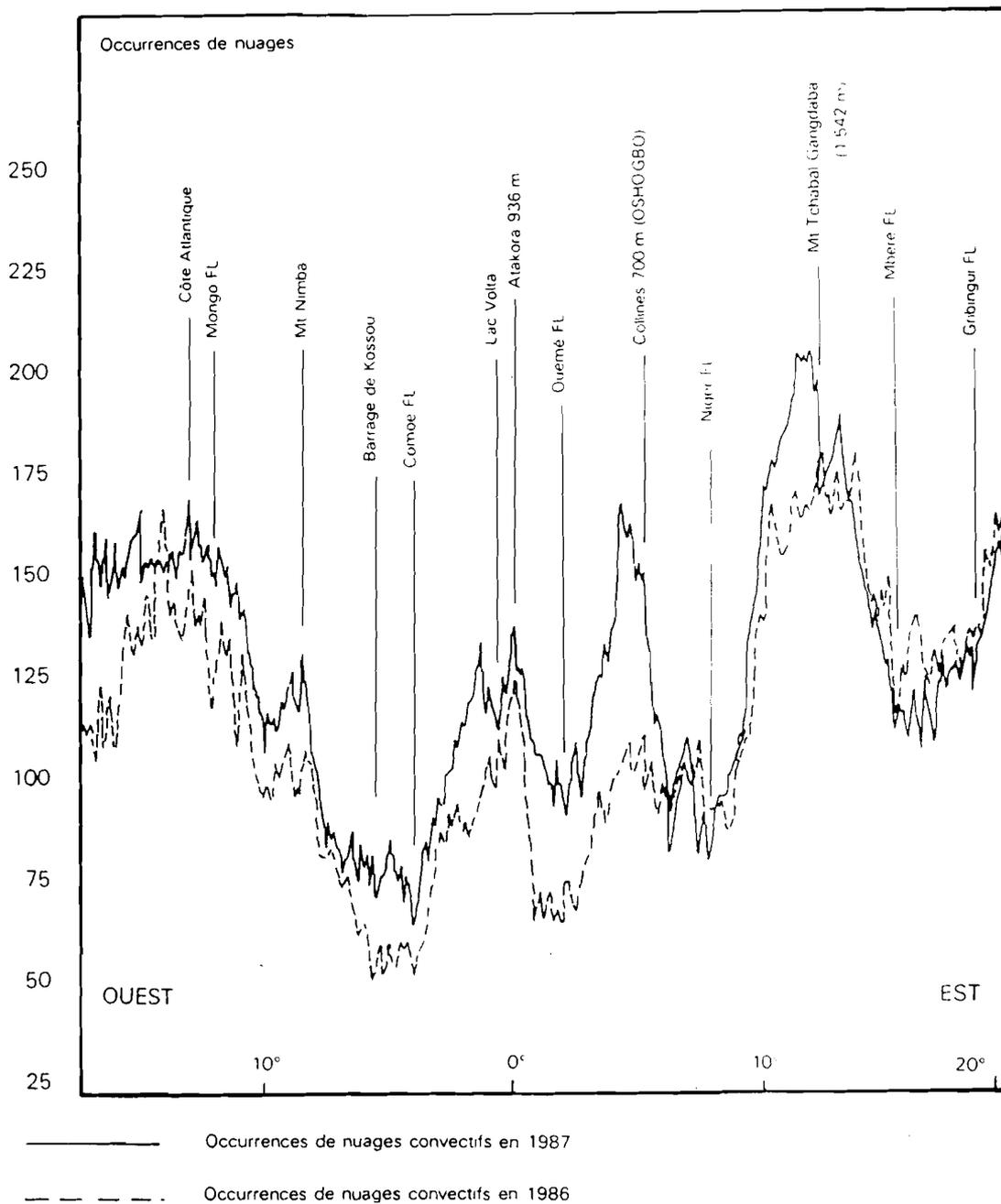


Photo 1b : Dégâts dus à l'orage sur la route Djougou-Natitingou. Un arbre déraciné



Fig.19 : Topographie et nuages convectifs en Afrique de l'Ouest, vers 8°N (7°62 au Méridien origine)  
(B. Guillot et M. Carn, 1988)

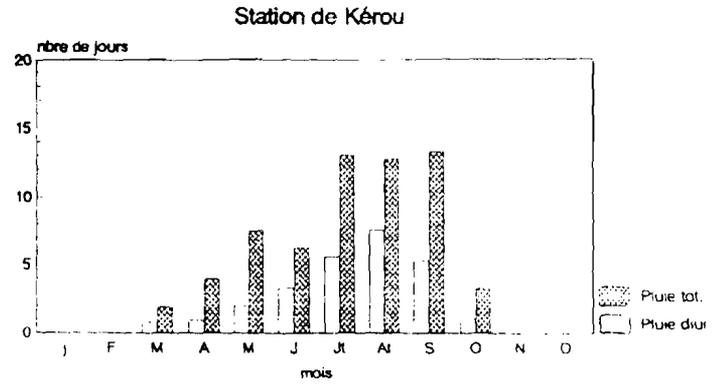
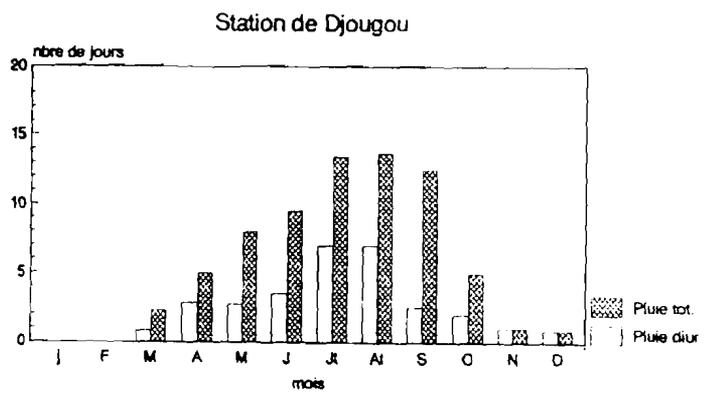
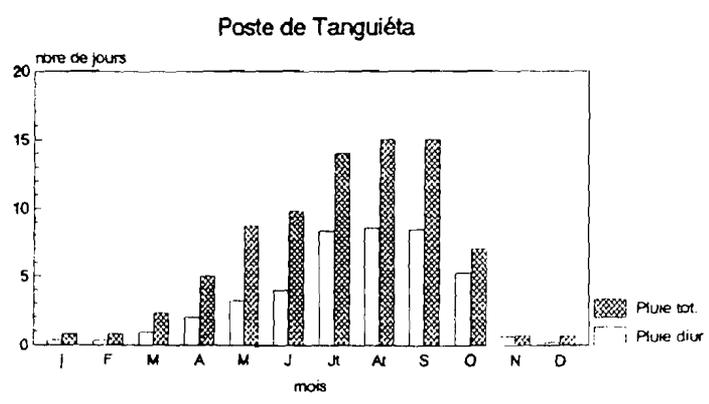
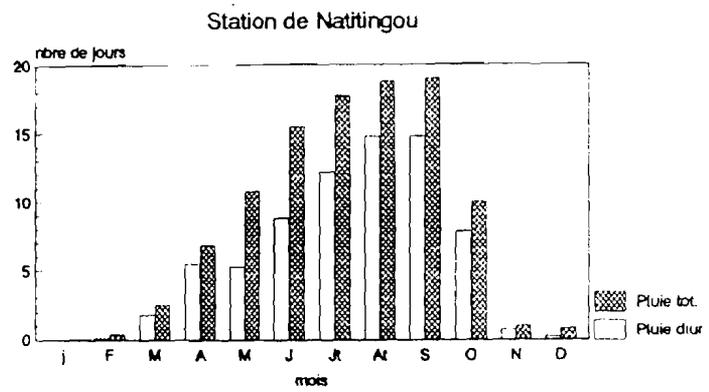


Ce niveau d'altitude atteint par la hauteur d'influence de la chaîne atacorienne correspond au niveau de la couche atmosphérique qui connaît le plus de précipitations en zone tropicale. En effet, par les ascendances forcées d'air humide, elle favorise l'augmentation des pluies de type orageux et l'occurrence de nuages à sommet froid. Il a été enregistré au sud de la région, à 936 m d'altitude, plus de 125 occurrences de nuages convectifs en 1987, alors que la vallée de l'Ouémé n'en a connu qu'environ quatre-vingts (B. Guillot *et al.*, 1988) (Fig. 19).

Dès le coucher du soleil, la montagne se refroidit assez vite. L'air étant très humide, toute baisse de température, même faible, enregistrée le soir, la nuit ou au petit matin, renforce la condensation et peut déclencher les pluies de début de matinée.

Dans l'Atacora, les pluies diurnes constituent plus de la moitié du nombre total mensuel ou annuel de jours de pluie et empêchent la bonne exécution de bon nombre d'activités surtout de plein air (Fig. 20a). A Natitingou et à Tanguiéta, le nombre de jours de pluie en phase diurne fait plus des  $\frac{3}{4}$  du nombre total de jours de pluie; mais il fait seulement la moitié à Djougou et à Kérou. L'orientation SSW-NNE de la chaîne atacorienne et les conditions locales auxquelles s'ajoutent les phénomènes d'échelle supérieure (ondes d'est et lignes de grains) font de l'Atacora l'une des régions les plus pluvieuses et le château d'eau du pays. Comment se présente le régime moyen des pluies et des autres éléments du climat selon la normale 1961-1990.

Fig.20a: Nombre de jours de pluie dans l'Atacora (1971-1990 : situation moyenne)



### 3) L'étude des éléments du climat

Les précipitations, par l'intermédiaire des marigots, des mares et des rivières débordant d'eau et de la forte humidité du sol, favorisent les conditions de prolifération des germes et vecteurs pathogènes (parasites, anophèles, simule). La température et l'humidité de l'air, en association, rendent parfois étouffante l'atmosphère pour les populations (en cas de forte humidité), alors que le vent favorise la déperdition calorifique du corps. L'insolation, tout en ayant une action microbicide sur des germes, favorise la mise en place de certaines maladies de la peau (mélanomes malins). L'étude de ces éléments du climat, avec quelques exemples bioclimatiques, jette les bases des ambiances bioclimatiques que nous allons déterminer par la suite dans la région et permet d'en comprendre mieux les disparités sous-régionales et saisonnières.

#### a) Les précipitations

En moyenne, le régime pluviométrique de l'Atacora est unimodal avec le maximum axé sur août à Natitingou, à Djougou et à Kérou alors que ce maximum s'établit en septembre à Tanguéta. La saison des pluies débute généralement en avril (total mensuel d'environ 50 mm), parfois en mars. Les totaux mensuels chutent brutalement en octobre mais c'est en novembre que la lame d'eau précipitée devient insignifiante (fig. 20b). Le régime des précipitations influence celui des températures et de l'humidité.

#### b) Les températures et l'humidité relative

Avant d'entamer cette analyse des températures, un rappel sur les notions de **température réelle** et de **température vécue** doit être fait. La température réelle ou température **mesurée** n'équivaut pas toujours à celle effectivement **ressentie** par l'homme (**température vécue**). La sensation qu'on a d'une ambiance thermique est liée au degré hygrométrique de l'air, à l'état de l'atmosphère (s'il y a du vent ou non), mais aussi à l'état de santé de l'individu. En effet, une température de 25 °C peut paraître plus élevée en présence d'une forte humidité atmosphérique (qui ne

favorise pas la déperdition de la chaleur accumulée par l'organisme). Une température de 18°C peut donner la sensation de grand froid en présence d'un vent fort (8m/s) du fait que ce dernier accélère la déperdition calorifique du corps. En bioclimatologie humaine, c'est la température vécue qui est surtout prise en compte. Ce travail s'attache dans ce paragraphe plutôt à la température mesurée ou réelle.

**La température maximale** suit un rythme annuel bimodal avec deux pointes (fig. 21a) : la première en mars-avril (35-39°C) et la deuxième axée sur novembre-décembre (34-35°C), mais des différences s'observent d'une station à l'autre. A Kérou, par exemple, le second pic a lieu en octobre. Les deux pics sont dus à la forte radiation directe et à la faible nébulosité. Les plus faibles valeurs, pour toutes les trois stations (Natitingou, Djougou et Kérou) sont enregistrées en juillet-août. En effet, l'humidité du sol, au coeur de la saison pluvieuse, diminue le flux de chaleur sensible en augmentant le flux de chaleur latente. L'énergie disponible en surface est d'abord utilisée pour évaporer l'eau. A cela s'associe la forte nébulosité qui réduit la radiation solaire directe.

Le rythme annuel de **la température minimale** est quasi unimodal. La première pointe, située en mars à Natitingou et à Djougou et en avril à Kérou, est suivie d'un fléchissement peu net de mai à juillet (faible insolation, forte humidité du sol); la seconde pointe est à peine perceptible (Fig.21b). Les minima se situent en janvier (12°C-19°C) et en décembre (13°C-19°C).

**L'humidité relative** connaît un rythme unimodal similaire à celui de la température minimale (fig.21c,d) avec un maximum axé sur la saison pluvieuse : le maximum (80-95%) de l'humidité relative maximale est situé en octobre à Natitingou et en août à Kérou et à Djougou, les plus faibles valeurs étant observées en décembre-janvier-février (30-60%). Le maximum de l'humidité relative minimale (70-75%) est atteint en août et le minimum (15-25%) de décembre à février.

Les faibles humidités et températures observées de décembre à février d'une part, la forte humidité enregistrée de juillet à octobre, ajoutées aux températures élevées d'autre part, peuvent, pour des raisons différentes, être préjudiciables à la santé des populations. Cela est lié à la siccité de l'air (effet desséchant et

déshydratant sur l'organisme) et à la sensation de chaleur étouffante (efforts imposés à l'organisme pour assurer l'équilibre thermique du corps). En général, suivant le mouvement diurne du soleil, la température et l'humidité de l'air évoluent dans le nyctémère. C'est la base des amplitudes diurnes.

Fig.20b : Régime moyen des hauteurs de pluie dans l'Atacora (1961-1990)

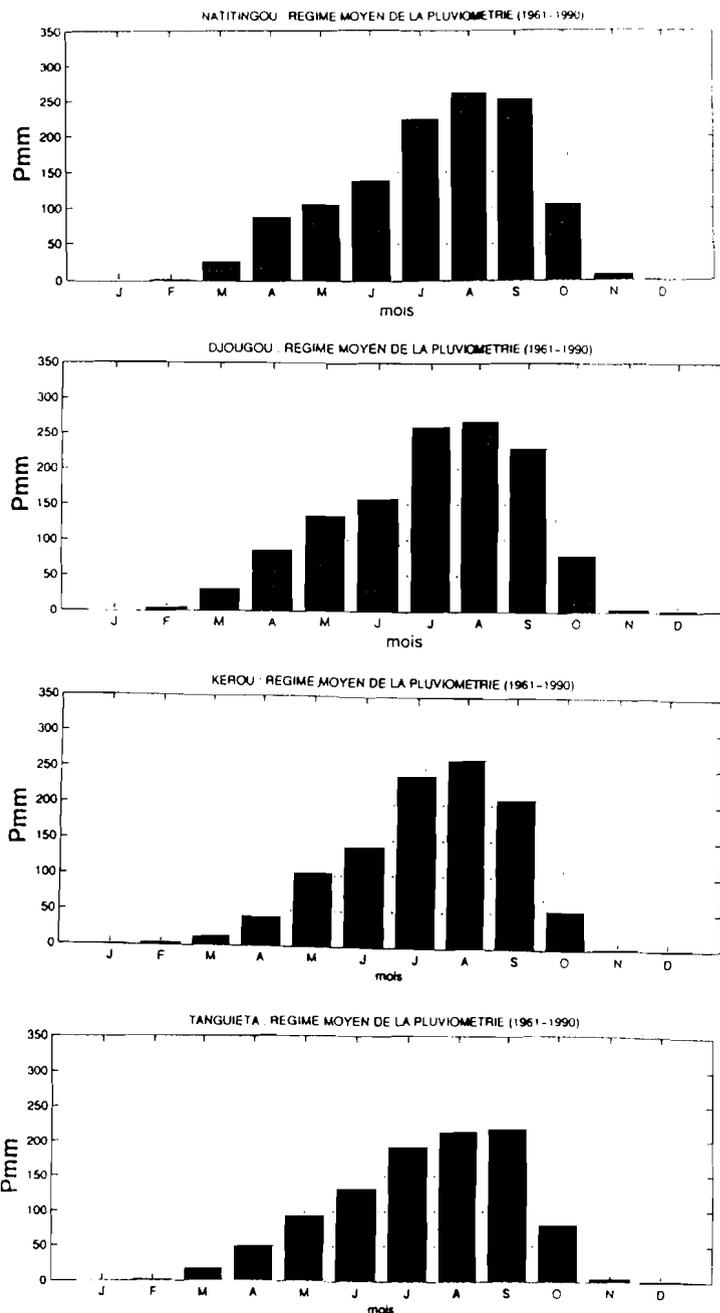


Fig.21 a : Rythme annuel des températures maximales dans l'Atacora (1961-1990)

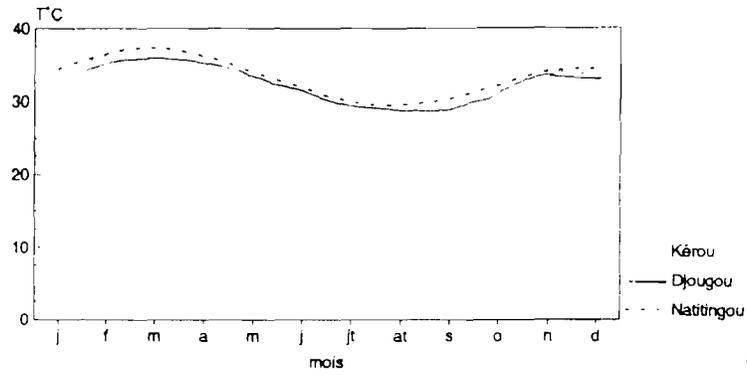


Fig.21 b: Rythme annuel des températures minimales dans l'Atacora (1961-1990)

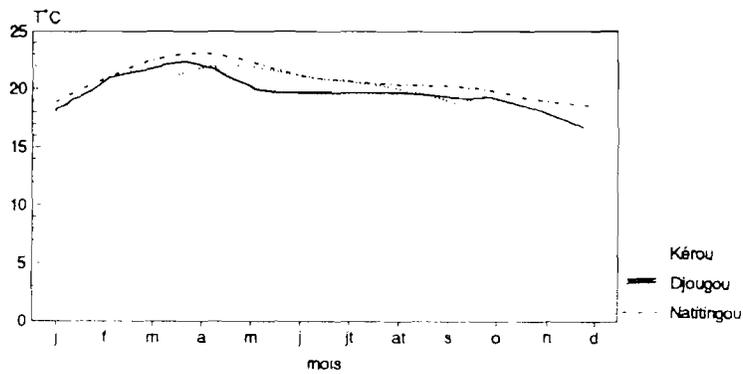


Fig. 21 c: Rythme annuel de l'humidité relative maximale dans l'Atacora (1961-1990)

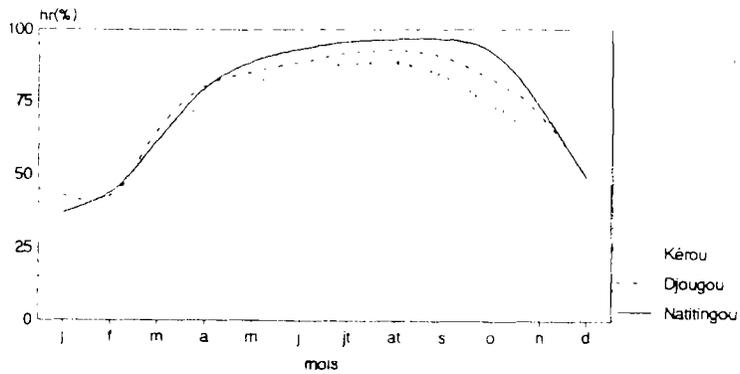
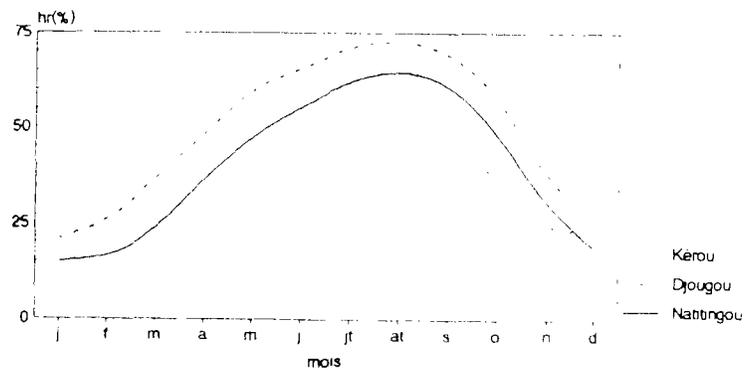


Fig.21 d : Rythme annuel de l'humidité relative minimale dans l'Atacora (1961-1990)



## **Les amplitudes diurnes moyennes de température et d'humidité par décade**

Les amplitudes thermiques diurnes décadaires sont, dans l'ensemble, supérieures à 15°C. Mais les plus faibles sont voisines de 10°C (8 ou 9°C). Elles sont enregistrées entre la 3<sup>è</sup> décade de juin et la 2<sup>è</sup> de septembre comme à Natitingou. Elles sont liées aux faibles variations de température pendant la saison pluvieuse : la durée d'ensoleillement est faible (4 à 7 h/j), les nuits sont moins froides que pendant l'harmattan (forte humidité de l'air, refroidissement nocturne peu marqué) et l'humidité du sol tend à diminuer les amplitudes thermiques diurnes par réduction notable du flux de chaleur sensible. Des amplitudes comprises entre 10 et 14,9°C, sont également enregistrées dans l'Atacora (tableau 4).

Les amplitudes les plus importantes concernent la saison sèche (novembre, voire octobre à mars parfois avril-mai) en particulier lorsque souffle l'harmattan. La température diurne est élevée, du fait d'une forte insolation (8-9 h/j) , alors qu'elle est faible la nuit, à cause de la très forte déperdition thermique liée à la siccité de l'air. Ces amplitudes se situent entre 15 et 22,4°C de la 2<sup>è</sup> décade d'octobre à la 1<sup>è</sup> de mai à Kérou, entre 15,7 et 16,9°C de la 2<sup>è</sup> décade de novembre à la 3<sup>è</sup> de février à Natitingou et enfin à Djougou, elles vont de 15 à 17°C de la 2<sup>è</sup> décade de novembre à la 1<sup>è</sup> de janvier (Tableau 4). Cette amplitude thermique diurne agit sur le coeur et exige de l'organisme un grand effort d'adaptation qui peut le fatiguer. Elle est maximale à Kérou, et plus élevée à Natitingou qu'à Djougou.

La différence d'amplitude thermique entre les stations serait due à leurs positions géographiques respectives : Kérou, situé sur le versant oriental de la chaîne atacorienne connaît une forte insolation et reçoit les vents d'est et du nord-est qui renouvellent l'air froid nocturne. Il en est certainement de même de Djougou. Mais étant situé plus au sud, la fréquence des vents froids nocturnes y est peut-être moins élevée qu'à Kérou. Natitingou est dans une position de cuvette encadrée par deux chaînons qui donne un "effet de couloir". L'air advecté s'engouffre dans la cuvette, se stabilise, s'affaisse et se réchauffe. La chaleur, emmagasinée le jour, se maintient plus longtemps. Par conséquent, l'écart entre la température du jour et celle de la nuit est plus atténué.

**Tableau 4 : Amplitudes thermiques et hygrométriques par décade dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)**

Stations décades	Kérou		Natitingou		Djougou	
	tx-tn °C	hx-hn %	tx-tn °C	hx-hn %	tx-tn °C	hx-hn %
1	21,0	40,7	15,6	22,4	16,0	24
2	22,4	41,8	15,7	25,5	14,5	29,4
3	21,4	40,1	15,6	20,6	14,0	20,5
4	21,3	36,2	15,8	21,5	14,8	20,7
5	19,6	37,9	15,9	25,0	14,5	25,5
6	20,9	35,7	16,9	22,2	14,2	20,0
7	19,1	30,8	18,9	32,0	19,2	25,1
8	18,1	31,7	18,0	39,0	18,0	32,1
9	17,8	27,5	14,1	44,0	11,0	30,0
10	17,5	34,7	13,0	45,0	11,2	35,3
11	16,3	32,6	12,8	46,0	10,9	33,7
12	15,1	23,2	12,2	42,0	13,2	31,1
13	15,7	30,0	11,1	42,0	13,1	25,9
14	14,5	29,5	11,0	42,0	13,1	25,5
15	10,2	21,0	11,2	41,0	13,1	24,9
16	13,2	25,0	10,8	40,0	12,5	25,1
17	12,9	25,1	10,5	39,0	11,7	22,5
18	12,1	21,1	9,4	36,0	10,7	22,3
19	11,1	23,0	9,5	34,0	10,3	21,2
20	9,3	21,7	8,6	34,0	9,3	20,5
21	9,9	20,4	8,2	31,0	9,6	19,2
22	9,5	20,0	8,3	31,0	9,4	19,6
23	9,8	20,5	8,4	31,0	9,7	19,3
24	10,0	19,6	8,6	32,0	9,3	21,0
25	10,1	19,3	9,2	33,0	9,6	19,0
26	10,5	19,3	9,7	35,0	9,9	22,2
27	11,0	23,1	10,1	36,0	10,5	23,0
28	11,0	26,6	11,0	39,0	11,0	25,5
29	15,1	27,4	12,9	44,0	11,5	17,9
30	23,5	29,2	13,1	52,0	12,2	33,5
31	16,6	39,4	14,5	49,0	13,2	37,7
32	18,8	42,0	15,7	48,0	15,0	38,5
33	20,4	45,6	16,8	41,0	16,4	36,6
34	19,8	44,7	16,8	36,0	16,7	23,0
35	19,5	45,1	15,4	25,0	17,4	21,5
36	21,1	46,2	15,3	26,0	17,0	18,1



L'amplitude journalière de l'humidité relative est aussi assez sensible, souvent supérieure à 30% (tableau 4). Ces variations de l'humidité atmosphérique éprouvent les voies respiratoires, épreuve souvent mal supportée par les poumons (risque d'hémoptysie et de pneumonie) (G. Plaisance, 1992). La classe modale a des valeurs comprises entre 30 et 49% (la valeur de 52% reste exceptionnelle). Les fortes amplitudes concernent la période allant de mars à début décembre (8<sup>e</sup> décade-34<sup>e</sup> décade) et surtout la saison pluvieuse à Natitingou. A Kérou, par contre, elle va de novembre à avril. A Djougou, ces valeurs couvrent mars-avril ainsi que les deux dernières décades d'octobre et novembre.

La situation à Kérou et à Djougou est liée au régime d'harmattan (air très sec l'après-midi mais humide dans la matinée) caractérisé par la forte sécheresse de l'air et par les faibles températures nocturnes et matinales. Elle a donc cours durant la **période d'harmattan**. A Natitingou, par contre, le régime de **saison pluvieuse** est dominant, même si celui d'harmattan règne de fin octobre à décembre. De mars à septembre, la mousson s'est progressivement établie dans l'Atacora. L'air est proche de la saturation, surtout à l'heure du minimum thermique (nuit et matinée). Le jour, l'air perd de son humidité du fait de l'effet conjugué de l'insolation, de l'effet d'advection et de l'altitude. En altitude, en effet, la quantité d'eau atmosphérique diminue et l'air s'assèche très rapidement du fait de la forte radiation solaire directe. Toutes proportions gardées, Natitingou, située à 460 m d'altitude, connaît cette situation de baisse hygrométrique.

### **c) Les extrêmes thermiques et hygrométriques moyens**

La question des extrêmes thermohygrométriques est fondamentale en écologie humaine, animale et végétale. Leur fréquence d'occurrence permet de déterminer les périodes où les conditions climatiques deviennent difficiles à supporter et où les activités agricoles et intellectuelles peuvent être gênées.

Pour appréhender l'**occurrence** des extrêmes thermiques et hygrométriques, nous avons utilisé la méthode des seuils. Le seuil d'humidité relative minimale est de 30%, celui de la température minimale de 18°C, et de 33°C pour la température maximale.

Une humidité relative de 30% exprime le caractère très sec de l'air; 33°C est la température retenue comme seuil au-delà de laquelle on peut parler de forte chaleur (J.P. Besancenot, 1972). Quant à la température en-dessous de laquelle on peut parler de froid en milieu tropical, les avis sont partagés : pour M. Sorre (1971), 16°C définirait la zone du froid; mais cette valeur a surtout d'importance pour le maintien du complexe anophèles-plasmodiums et aussi existe-t-il des sous-régions de l'Atacora où les populations parlent de froid, même si une telle valeur n'y est jamais enregistrée. Pour R. Balseinte (1966) et A. Missenard (1937), la zone de thermorégulation se situerait entre 18 et 22°C, intervalle d'obtention du métabolisme

réellement basal (production énergétique compatible avec l'entretien d'une vie normale). En dessous de 18°C, le métabolisme devrait augmenter pour lutter contre le refroidissement du corps. Cette idée est avancée par J.P. Besancenot (1972) qui a indiqué qu'à 18°C, le métabolisme est au niveau bas. Compte tenu de tout cela, nous retenons 18°C comme seuil de température au-dessous duquel nous pouvons parler de froid dans le domaine tropical, même si les populations tropicales "grelottent" parfois déjà à 20°C...

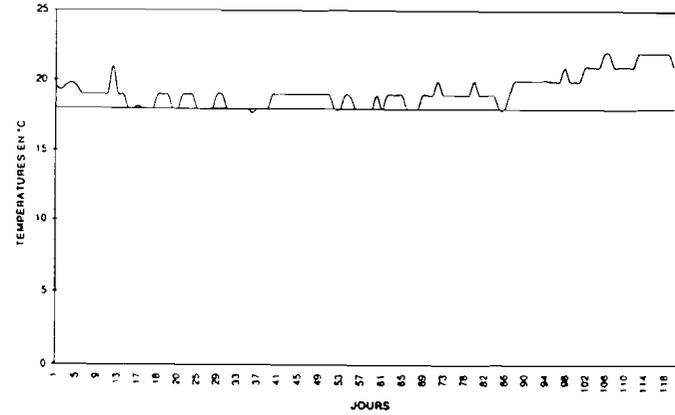
### Températures et humidité minimales

A Natitingou, les températures minimales sont, dans l'ensemble, supérieures au seuil de 18°C (fig. 22a). A Djougou, c'est surtout en janvier que la température de 16°C se maintient pendant environ 30 jours. Dans cette localité, nous considérons que janvier est un mois froid. A Kérou, les valeurs de température sont comprises entre 10 et 17°C de décembre à février, **période qu'on peut donc qualifier de froide**. Ces faibles valeurs de température sont liées à l'harmattan qui soufflent sur la région de novembre à février, voire mars. La différence entre les stations serait liée à un effet de position topographique par rapport à l'harmattan qui vient du nord-est. La situation géographique de Natitingou explique les températures minimales plus élevées que dans les localités exposées. Il en est de même de la siccité de l'air qui a des conséquences sur l'organisme humain (dessèchement de la peau et des muqueuses des voies respiratoires et apparition de lésions et d'ulcérations (saignement des narines), portes ouvertes aux microbes)

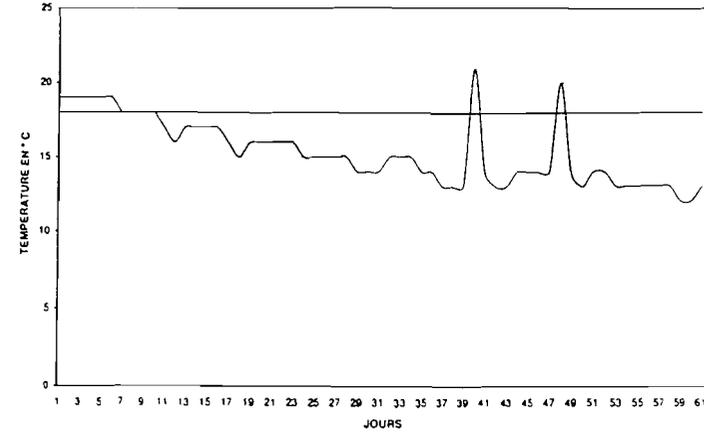
A Kérou, les valeurs d'humidité relative minimale varient de 18 à 30% de novembre à mars (Fig.22b). A Djougou, elles s'établissent entre 19 et 28% de novembre à février; à Natitingou entre 18 et 25% en novembre-décembre et 13 à 30% de janvier à mars. **La période de novembre à mars peut être donc caractérisée de grande siccité de l'air**. Cette siccité est plus marquée à Natitingou qu'ailleurs. On peut y voir l'effet d'advection : l'air, en s'affaissant, s'assèche et se stabilise. Cette stabilité entraîne son réchauffement progressif tout en entretenant son état de siccité et le gain de chaleur diurne.

Fig.22a : Température minimale au pas de temps journalier (moyenne 1971-1990)

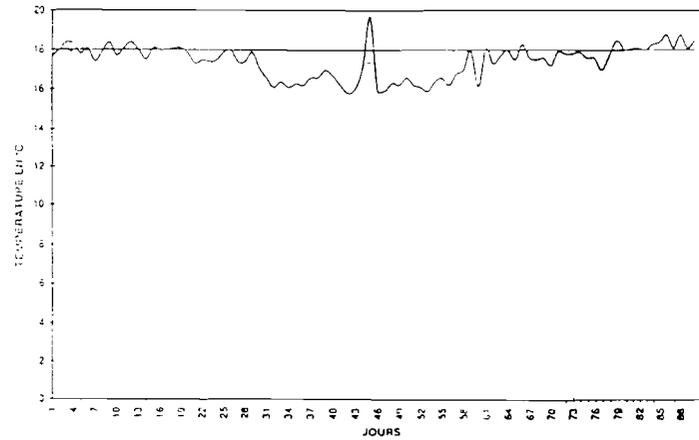
TEMPERATURE MINIMALE A NATTINGOU DE NOVEMBRE A FEVRIER EN SITUATION MOYENNE (1971-1990)



TEMPERATURE MINIMALE NOVEMBRE-DECEMBRE A KEROU SITUATION MOYENNE



TEMPERATURE MINIMALE NOVEMBRE DECEMBRE JANVIER A DJOUGOU; SITUATION MOYENNE



Température minimale janvier-fevrier a Kerou situation moyenne

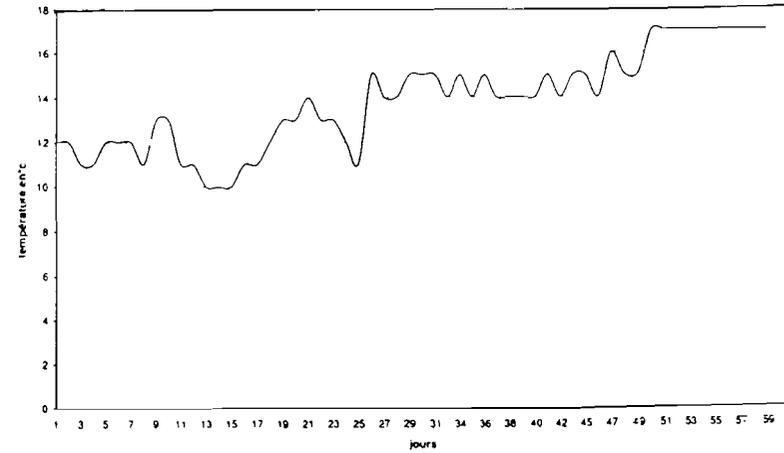
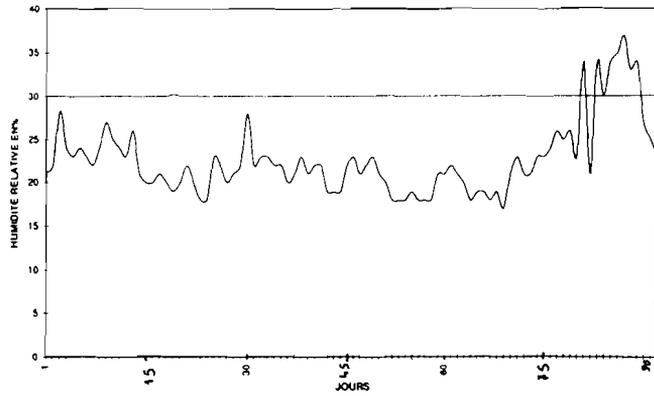
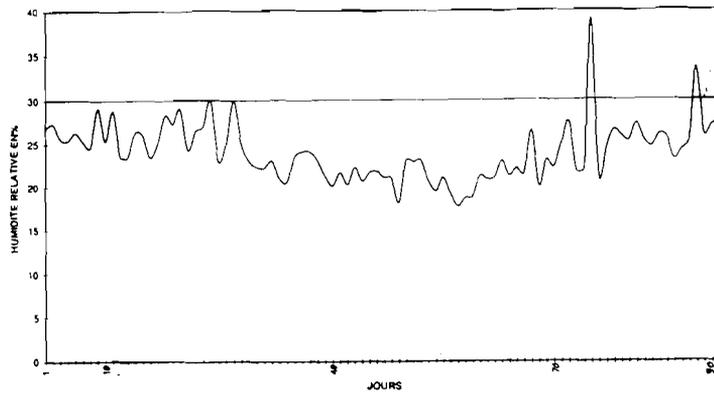


Fig.22b : Humidité relative minimale au pas de temps journalier (moyenne 1971-1990)

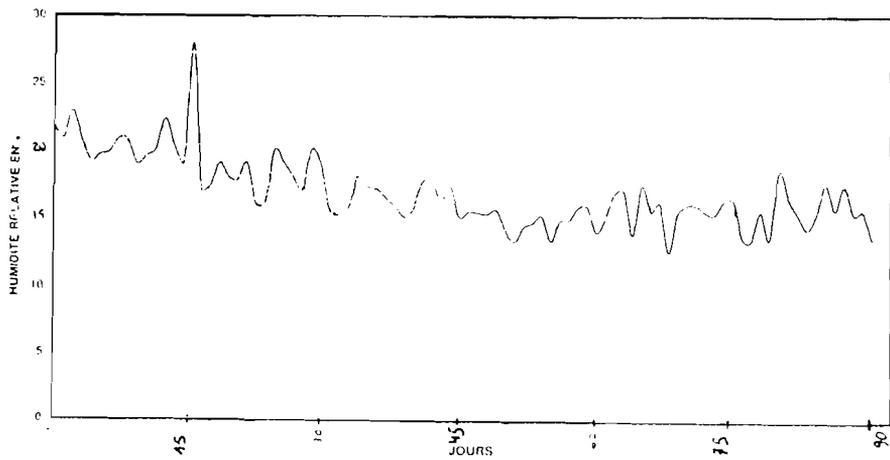
HUMIDITE RELATIVE MINIMALE DECEMBRE JANVIER FEVRIER A KEROU SITUATION MOYENNE



HUMIDITE RELATIVE MINIMALE DECEMBRE JANVIER FEVRIER A JOUGOU SITUATION MOYENNE



HUMIDITE RELATIVE MINIMALE DECEMBRE JANVIER FEVRIER A NATTINGOU SITUATION MOYENNE



## Températures maximales

Les températures élevées, qui forcent l'organisme à la lutte contre la chaleur et qui lui imposent des efforts dans sa recherche de l'équilibre homéostatique, sont observées dans l'après-midi entre 12 h et 17h (Fig. 23). A Djougou, de janvier à avril, les valeurs se situent entre 33 et 37°C alors qu'à Kérou, elles se situent entre 33 et 40°C, les plus fortes valeurs étant enregistrées de janvier à mars. Et à Natitingou, elles s'établissent entre 33 et 38°C de janvier à mai. Ainsi, **la période de mars à avril, voire mai peut être qualifiée de temps de forte chaleur** qui peut avoir des conséquences bioclimatiques (accélération du rythme cardiaque, baisse de la tension artérielle...). Les fortes températures sont dues au rayonnement diffus (lié à la brume sèche pendant l'harmattan ) et à la forte insolation.

### d) L'insolation et le vent

**La durée d'insolation** suit un rythme bimodal (Fig.24). La saison sèche voit l'exacerbation de l'insolation avec en moyenne 8 à 9 h par jour contre 4 à 7 h par jour pendant la saison pluvieuse. On ne peut pas, cependant, comparer le soleil voilé d'harmattan et le soleil brillant de fins de saison sèche, même si la durée d'ensoleillement journalière est quasi identique. Cela démontre le caractère peu précis de ce paramètre climatique. Le total annuel moyen de l'insolation est de 2700 heures. En dehors des mois de juin à septembre qui enregistrent chacun moins de 200 heures (150 à 172 heures), les autres mois de l'année enregistrent chacun plus de 200 heures (213 à 268 heures). Une exposition prolongée sous le soleil peut provoquer la déshydratation du corps surtout si on a affaire à des enfants.

L'étude du **vent** (qui joue un rôle important dans la déperdition thermique de l'organisme) est nécessaire dans tout travail de bioclimatologie. Dans l'Atacora, le vent souffle presque toujours modérément sauf en cas d'orage comme dans la plupart des régions chaudes et humides, avec des vitesses moyennes de 1 à 3 m/s.

Fig. 23 : Température maximale moyenne dans l'Atacora (1971-1990)

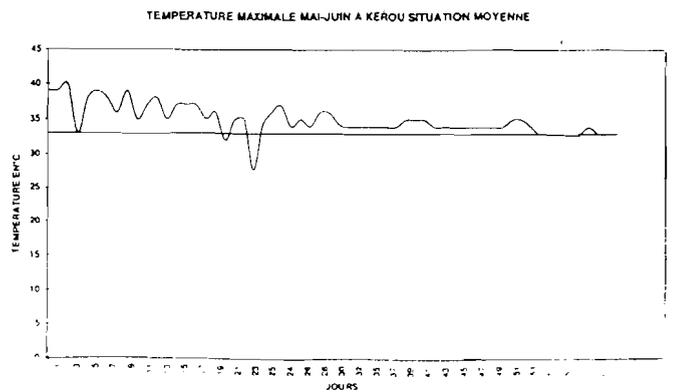
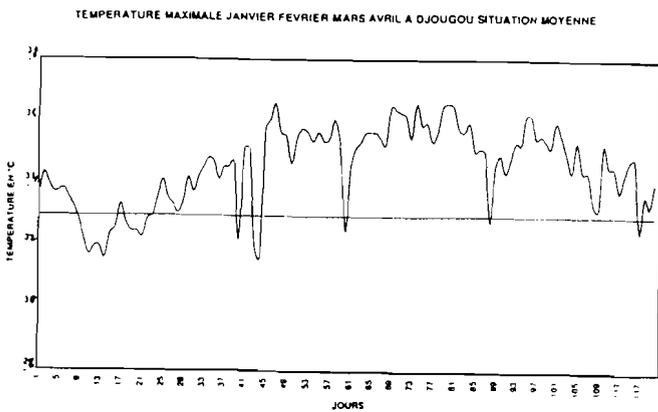
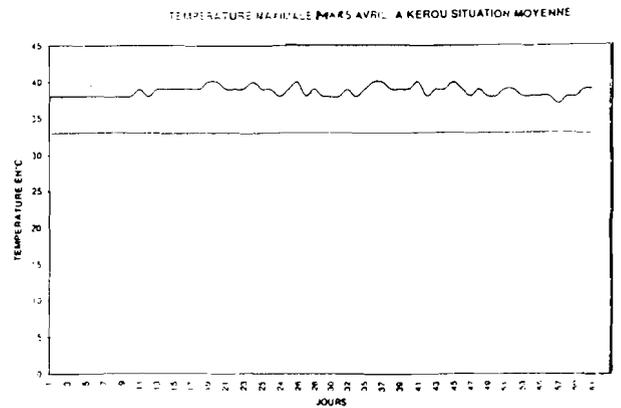
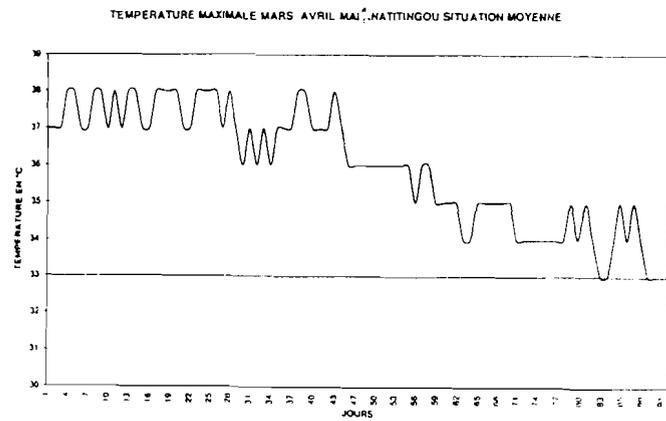
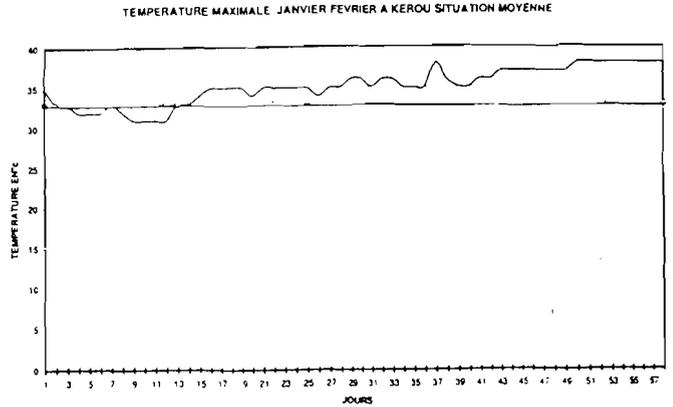
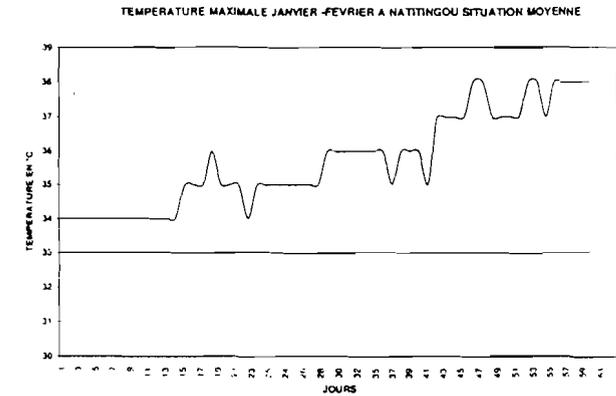
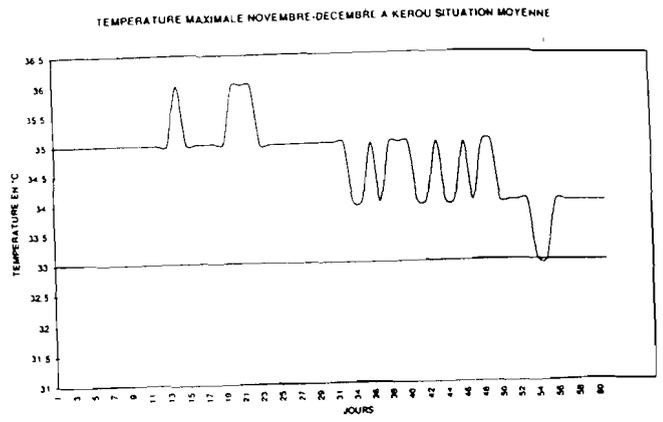
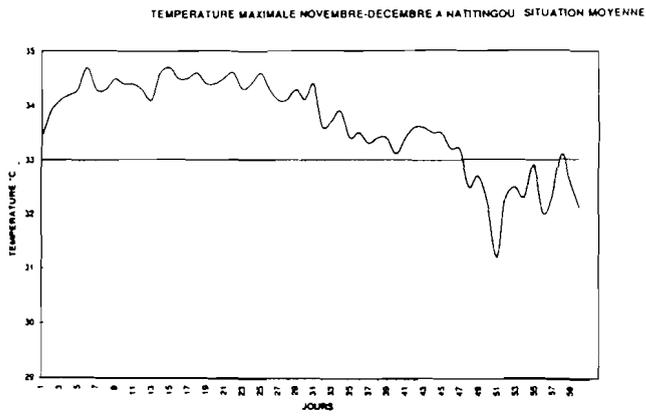


Fig. 24 : Rythme annuel de l'insolation à Natitingou (moyenne 1961-1990)

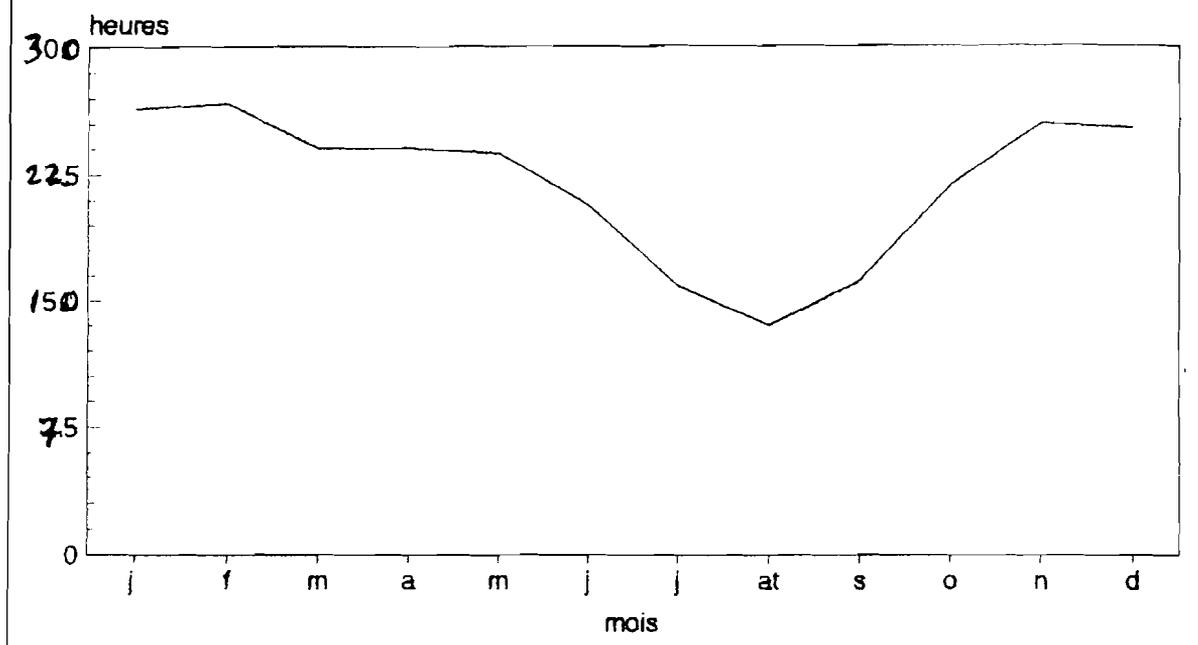
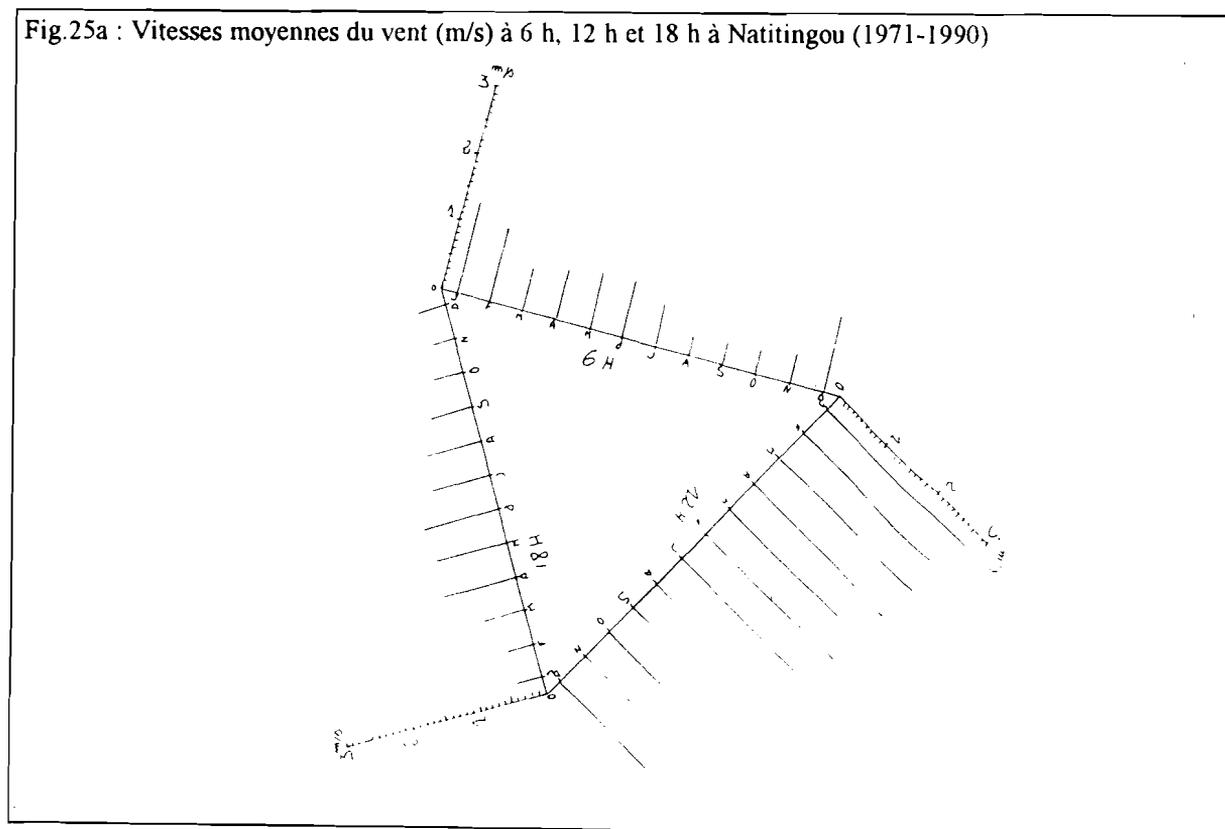


Fig.25a : Vitesses moyennes du vent (m/s) à 6 h, 12 h et 18 h à Natitingou (1971-1990)



Connaître la direction des vents dominants (alizé continental ou flux de mousson) et leur période d'occurrence peut aider à comprendre les stress auxquels les populations doivent faire face. La direction du vent dans l'Atacora (station de Natitingou) exprime la prédominance de l'alizé boréal de secteur E de novembre à février, avec 70% de cette période contre 30% pour la mousson de secteur W. Pendant la période de forte chaleur (mars-avril), la mousson déjà prédomine avec 85% de cette période contre 15% pour l'alizé boréal de secteur E. Pendant la saison des pluies (mai-octobre), la mousson est prédominante à 95% de la période, alors que les flux de secteurs N et E n'en couvrent respectivement que 4% et 1% (figure 25b). L'Harmattan n'est pas permanent, même au coeur de la saison à laquelle il a donné son nom : dès que l'anticyclone égypto-libyen se fait moins puissant, les vents d'ouest et du sud prennent dans l'Atacora la place de l'alizé du nord-est. Dès mars-avril, la mousson devient prédominante : l'anticyclone de Sainte-Hélène se renforce déjà, et peu à peu celui de l'Egypte-Libye se rétracte, face au réchauffement progressif du continent au nord de l'équateur. Ce mécanisme ne marche pas toujours bien, ce qui amène des variations dans les faits climatiques. Ce qui est observé en situation moyenne est rarement ce qui se produit d'année en année.

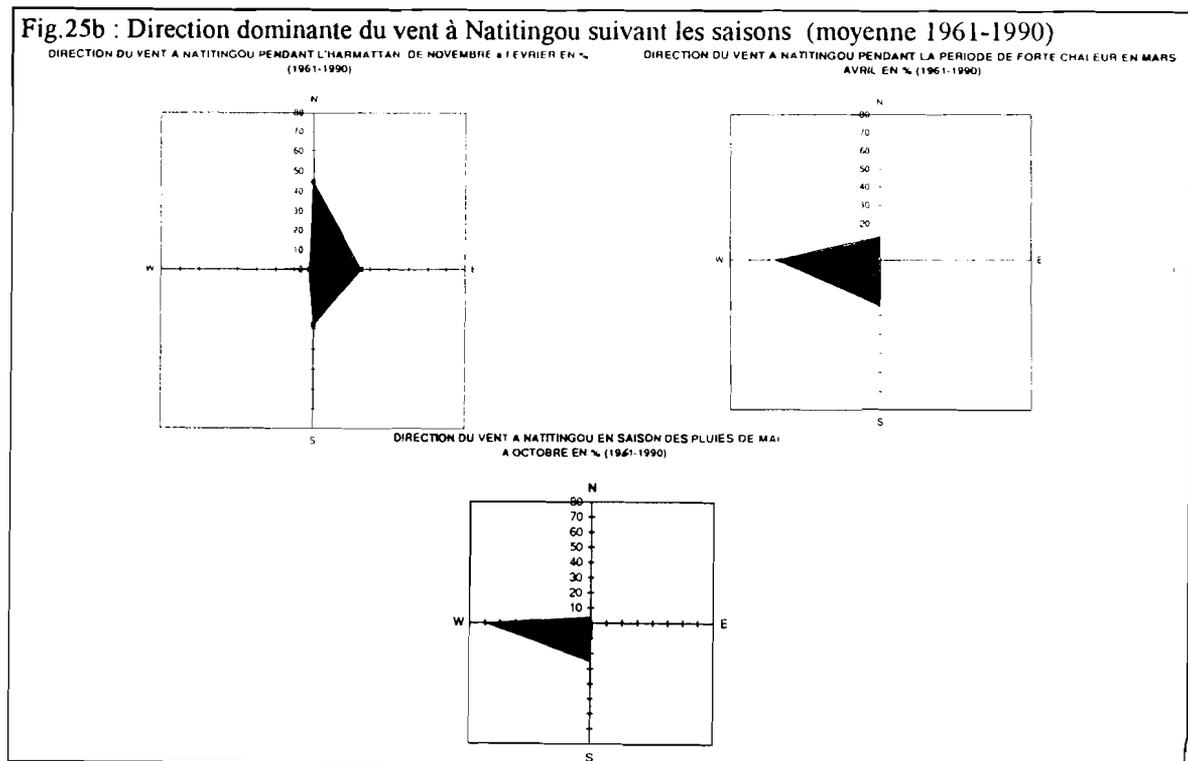
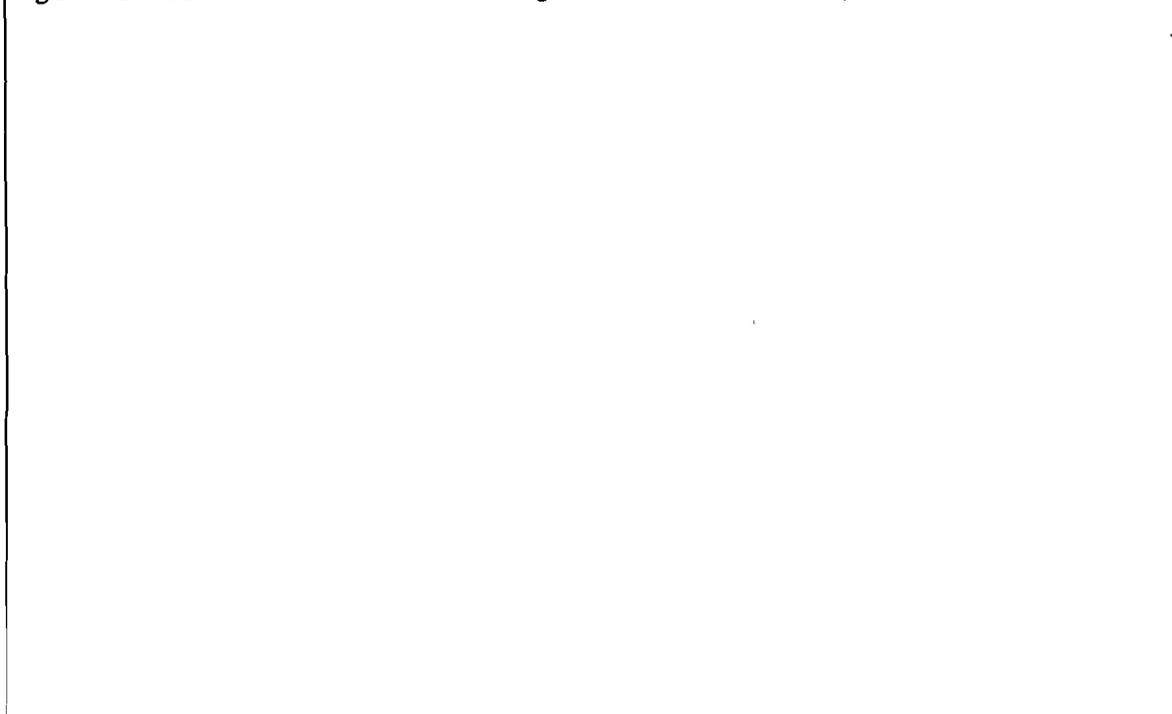


Fig.25b : Direction dominante du vent à Natitingou suivant les saisons (moyenne 1961-1990)



#### 4) La variabilité pluviométrique et thermohygrométrique

La variabilité interannuelle des pluies (récessions, longues saisons sèches, ruptures de la saison...) peut provoquer une faible production vivrière et la malnutrition et ainsi affecter la santé des populations.

##### a) La variabilité des précipitations

##### La variabilité interannuelle

Plusieurs études ont montré l'existence d'une grande récession pluviométrique en Afrique Occidentale au cours des trente dernières années ( Ph. Chamard, 1989; B. Fontaine, 1990; S. Janicot, 1990; P. Camberlin, 1990; V. Moron, 1994). En **Afrique Occidentale**, V. Moron (1992) a montré que la tendance décroissante des précipitations est générale, tout en étant moins marquée sur la zone de transition (domaine soudanien). Les déficits persistants ont débuté sur l'Afrique Occidentale en 1970 (V. Moron, 1994), même si des différences s'observent d'une station à

l'autre. La baisse a été observée dès 1969 à Kano (Nigéria), 1970 à Dakar (Sénégal), à partir de 1974 à Ouagadougou (Burkina-Faso), de 1977 à Niamey (Niger) et de 1976 à Lagos (Nigéria, Golfe de Guinée). Le même constat est fait au **Bénin** où E. B. Bokonon-Ganta (1987), M. Boko (1988), F. Afouda (1990), C. Houndénou (1992) et H. Aïfan (1993) ont montré l'existence d'une baisse des totaux annuels des pluies dans la partie méridionale (domaine à régime bimodal). La diminution a commencé dès 1969 à Kétou et à Savè, à partir de 1970 à Ouidah, Bohicon et à Abomey, et à partir de 1974 à Allada et à Sakété. Dans le nord-est (Borgou), deux études (H.H. Agli, 1995; J. Pérard et M. Boko, 1997) ont indiqué que la récession pluviométrique a été très sensible à Bembéréké depuis 1970, à Banikoara dès 1973, à Malanville à partir de 1979 et à Kandi depuis 1980. Dans le nord-ouest (Atacora), les pluies connaissent aussi, depuis la fin des années 60 une diminution notable. La décennie 1981-1990 a été de ce point de vue très remarquable, comme l'atteste la tendance pluviométrique de l'Atacora (Fig. 26a). La récession pluviométrique constatée dans cette région répond assez bien au schéma observé sur l'Afrique Occidentale et sur le Bénin (V. Moron, 1994).

A la diminution des hauteurs de pluies constatée dans l'Atacora s'est ajoutée la baisse du nombre total annuel de jours de pluie (fig. 26b). A Natitingou et à Tanguiéta, cette baisse a été très marquée; par contre, elle a été modérée à Djougou. Une hypothèse est que la baisse pluviométrique dans les deux premières stations serait due à une faible fréquence des cellules convectives locales (celles liées surtout aux brises de vallée) ou au faible dynamisme de la mousson.

Cette récession s'accompagne d'une grande variabilité interannuelle. L'étude de la variabilité des pluies conduite par M. Boko (1988) et par F. Afouda (1990) dans l'Atacora, sur les séries 1922-1980 et 1950-1984, a montré une grande variation interannuelle, une concentration temporelle des pluies et, par conséquent, une réduction de la longueur de la saison des pluies. La récession pluviométrique aurait débuté vers la fin des années 60, comme cela est observé en Afrique de l'Ouest et dans le sud du Bénin. La saison sèche s'étale maintenant parfois sur 6 à 8 mois. Une telle situation peut être très dangereuse pour les hommes, l'agriculture et les plantes du fait de la pénurie d'eau. D'autre part, nous avons montré la non-régularité des totaux annuels de pluie de 1969 à 1985 dans l'Atacora (Ch. S. Houssou, 1991).

Fig.26a : Atacora: tendance pluviométrique (1961-1990) Fig.26b : Evolution du nombre de jours de pluie dans l'Atacora (1961-1990)

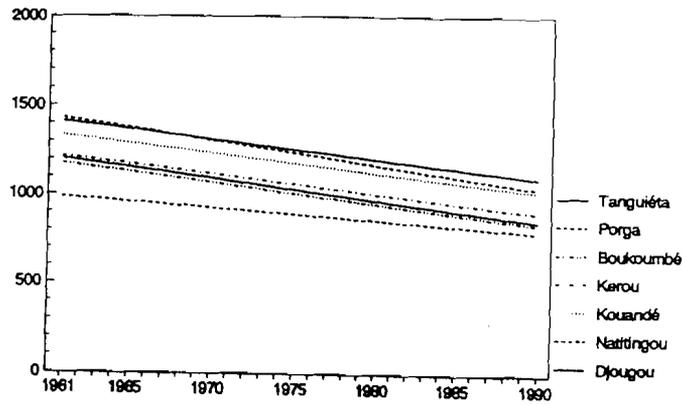
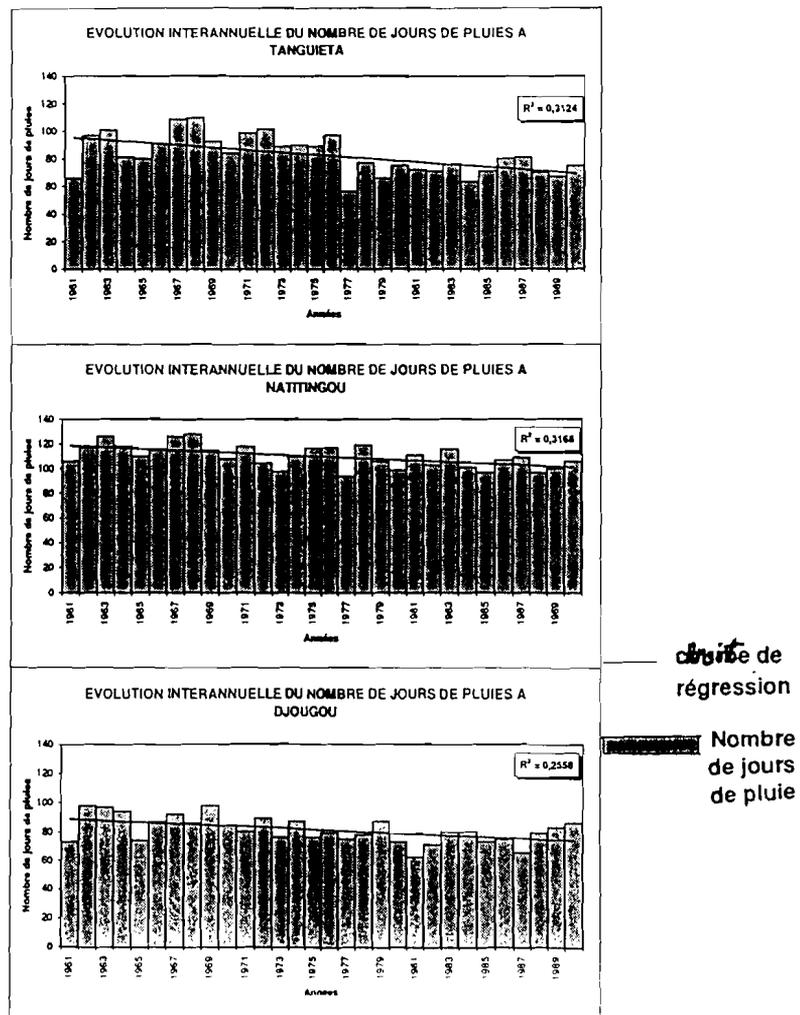


Fig. 26b Evolution du nombre de jours de pluie dans l'Atacora (1961-1990)



Notre étude de la variabilité interannuelle des précipitations dans l'Atacora de 1961 à 1990 (Fig. 27) montre que de nombreuses années ont connu des totaux annuels inférieurs à la normale stationnelle (1025 mm à Tanguiéta, 1076 à Kérou, 1257 à Djougou et 1237 mm à Natitingou) : le déficit a été important (supérieur ou égal à 20% par rapport à la moyenne). A Tanguiéta et à Kérou, seules les années suivantes ont connu un fort déficit, 1990 (27%), 1985 (35%), 1961 (23%), 1977 (22%) à Tanguiéta contre 1977 (27%), 1983 (40%) et 1986 (36%) à Kérou. Djougou a eu trois années de profond déficit, 1982 (27%), 1983 (33%) et 1987 (21%). Enfin Natitingou a eu quatre années caractérisées par un déficit prononcé, 1961 (24%), 1977 (28%), 1983 (33%), 1985 (20%). Le fort déficit pluviométrique enregistré ces années exacerbe la prolifération des germes et des vecteurs pathogènes, pose le problème d'eau de boisson polluée et de baisse de l'hygiène et affaiblit les populations.

### **Années extrêmes de précipitations dans l'Atacora**

Nous n'avons pas réalisé d'Analyse en Composantes Principales compte tenu du nombre insuffisant de stations. Ainsi pour déterminer les années sèches et les années humides, nous avons opté pour une approche simple : l'utilisation des quantiles. Après avoir ordonné la série, nous l'avons divisée en 5 parties égales, soit 6 années par quintile. Les 6 années extrêmes positives (soit avant Q1) constituent les années très humides et les années très sèches sont constituées des années situées après Q4.

La décennie 1961-1970 a été très pluvieuse (tableau 5) même s'il y a eu quelques déficits (Natitingou et Tanguiéta en 1961). Celle de 1971-1980 a été moins pluvieuse que la précédente. Le déficit de 1977, par exemple, a concerné toute la région atacorienne. Cependant, la sécheresse des années 70 au Sahel a peu touché le nord-ouest du Bénin (Tableau5), la récession étant moins marquée dans le domaine soudanien (V. Moron, 1992). Les facteurs locaux (fréquentes thermoconvections locales liées à l'orographie et aux colonnes d'ascendance) associés aux facteurs planétaires (équateur météorologique peut-être anormalement limité aux zones soudaniennes dans sa migration vers le nord; fortes activité et fréquence des lignes de grains) auraient été très actifs dans la région.

**Tableau 5 : Les années très humides (1<sup>er</sup> quintile) et les années très sèches (dernière quintile) de 1961 à 1990**

années stations	Natitingou	Dioukou	Kérou	Tanquiéta
1961	Années très sèches			Années très sèches
1962	Années très humides			Années très humides
1963	Années très humides			Années très humides
1964				
1965				
1966		Années très humides		
1967			Années très humides	
1968	Années très humides			Années très humides
1969			Années très humides	
1970				
1971				
1972				Années très humides
1973				
1974	Années très humides			
1975				Années très humides
1976				
1977	Années très sèches	Années très sèches	Années très sèches	Années très sèches
1978	Années très humides			
1979		Années très humides		
1980				
1981			Années très humides	
1982		Années très sèches		
1983	Années très sèches	Années très sèches	Années très sèches	
1984		Années très sèches		
1985	Années très sèches			Années très sèches
1986			Années très sèches	
1987	Années très sèches	Années très sèches		Années très sèches
1988		Années très humides	Années très sèches	Années très sèches
1989	Années très sèches		Années très sèches	
1990		Années très sèches	Années très sèches	Années très sèches

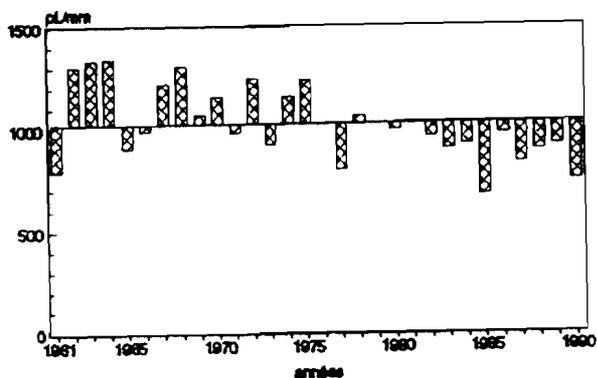
Légende :

Années très humides
Années très sèches

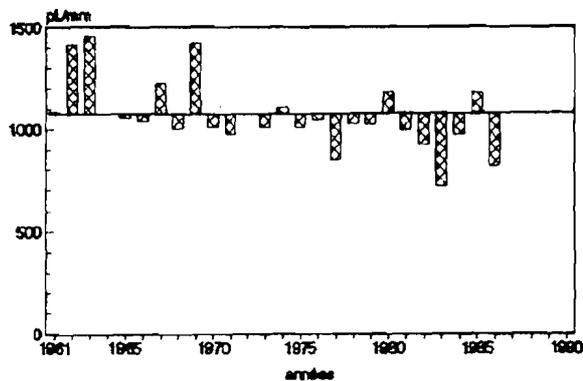
La décennie 1981-1990 a été déficitaire dans l'Atacora, avec au moins quatre années très sèches par station dans la période. Une hypothèse est que cela serait lié à des lignes de grains peu pluvieuses et à un équateur météorologique peu actif alors que les mécanismes locaux, normalement d'action réduite, auraient joué un grand rôle.

Fig.27 : Evolution interannuelle des hauteurs de pluie dans quatre stations de l'Atacora (1961-1990)

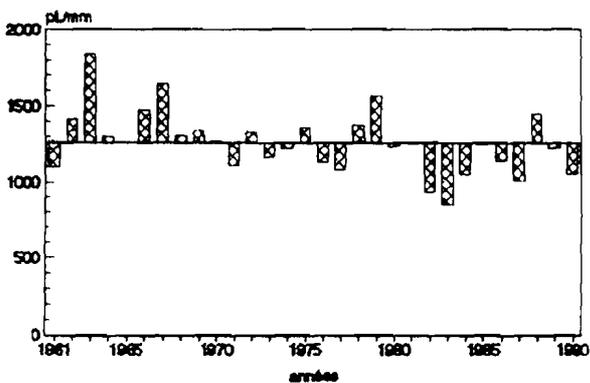
a) Tanguiéta



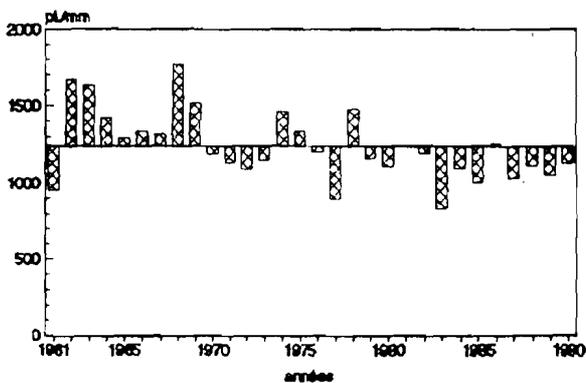
b) Kérou



c) Djougou



d) Natitingou



 Hauteur de pluie

### Variabilité interannuelle du régime pluviométrique

Le régime moyen des précipitations dans l'Atacora ne correspond pas toujours à la réalité observée d'une année à l'autre. **Le maximum pluviométrique**

**mensuel se décale d'un mois à un autre au cours des années (fig. 28a).** A Tanguiéta, par exemple, au lieu de se situer en septembre, ce maximum s'est trouvé en juillet en 1968 et en août en 1980. A Djougou, ce maximum est axé sur juillet en 1968 et sur septembre en 1989, au lieu d'août habituellement, comme d'ailleurs à Natitingou en 1968 (juillet) et en 1988 (septembre). **Le mois du maximum pluviométrique peut gêner la production agricole en favorisant le pourrissement des cultures arrivées à maturité ou en empêchant la maturation de certaines cultures par excès d'eau en fonction du cycle végétatif des plantes, d'où l'importance des pluies du bimestre septembre-octobre.**

En plus de ce décalage du mois du maximum pluviométrique, on peut signaler les faux démarrages et, par conséquent, les ruptures dans la saison pluvieuse. Une étude a été menée sur les dates de semis et de démarrage des pluies dans le Bénin septentrional par V. H. Akouègnihou (1992). En s'appuyant sur l'analyse fréquentielle des seuils de 5 mm, 10 mm, 20 et 40 mm à l'échelle pentadaire, l'auteur pense qu'il existe de faux démarrages des pluies à partir des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> pentades d'avril jusqu'à la 5<sup>e</sup> pentade de juillet (excepté juin) (tableau 6). **Les faux démarrages occasionnent souvent de la mauvaise récolte du fait des resemis.**

**Tableau 6 :** Synthèse des faux départs à l'échelle pentadaire (1955-1990)

Stations	seuils	5 mm	10 mm	20 mm	40 mm
Natitingou		0	3 <sup>e</sup> pentade d'avril	6 <sup>e</sup> pentade de mai	0
Djougou		2 <sup>e</sup> pentade d'avril	0	1 <sup>e</sup> pentade de mai	3 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> pentade de juillet

Source : V. J. Akouègnihou, 1992

Légende : 0 : absence de faux départs

2<sup>e</sup> pentade : Pentade au cours de laquelle il y a eu faux départ

Nous avons recherché l'existence de faux démarrages des pluies au pas de temps mensuel à Natitingou et à Tanguiéta à partir des anomalies centrées réduites (Fig. 28b). A Tanguiéta, en 1972, les pluies ont connu un faux départ en avril, et n'ont repris qu'en juin; il en a été de même à Natitingou en 1978, année au cours de laquelle le faux départ a eu lieu en avril et la reprise n'a été effective qu'en juillet. En

1974 à Natitingou et en 1975 à Tanguiéta, il n'y a pas eu de faux démarrage. Cependant, les pluies ont été tardives à Tanguiéta. Le retrard dans l'établissement

Fig.28a : Régime annuel des hauteurs de pluie de certaines années dans l'Atacora

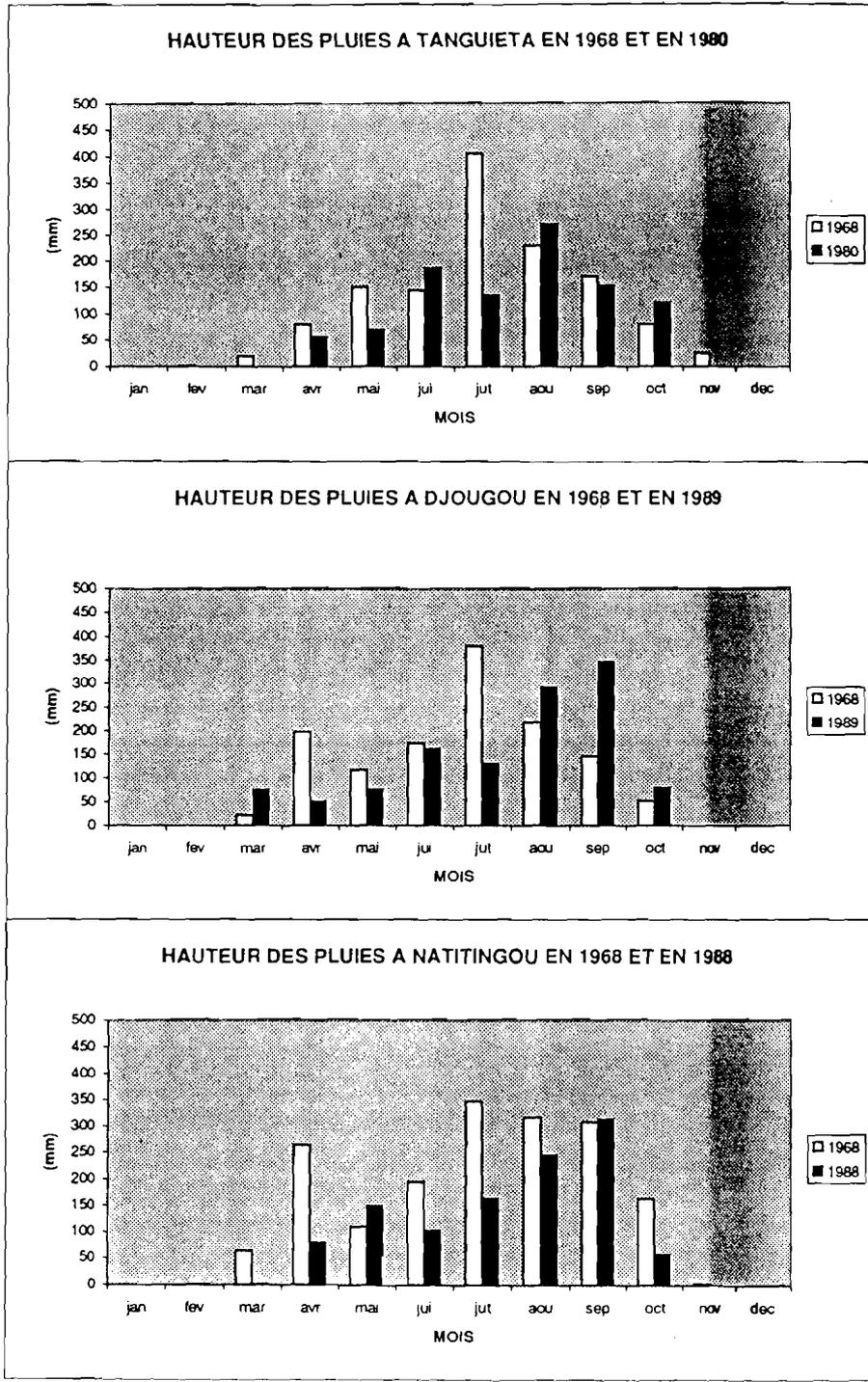
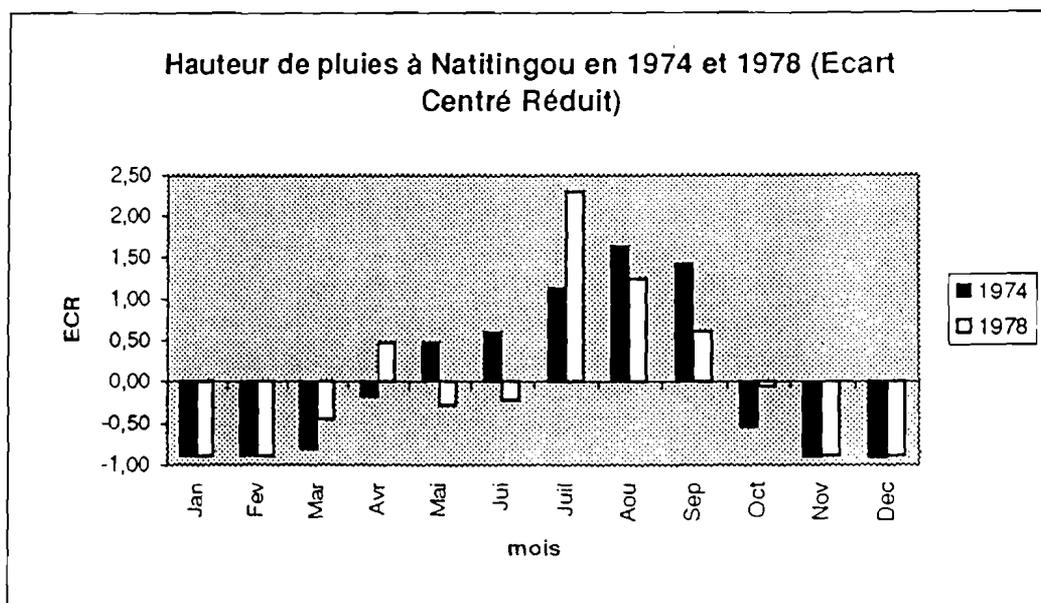
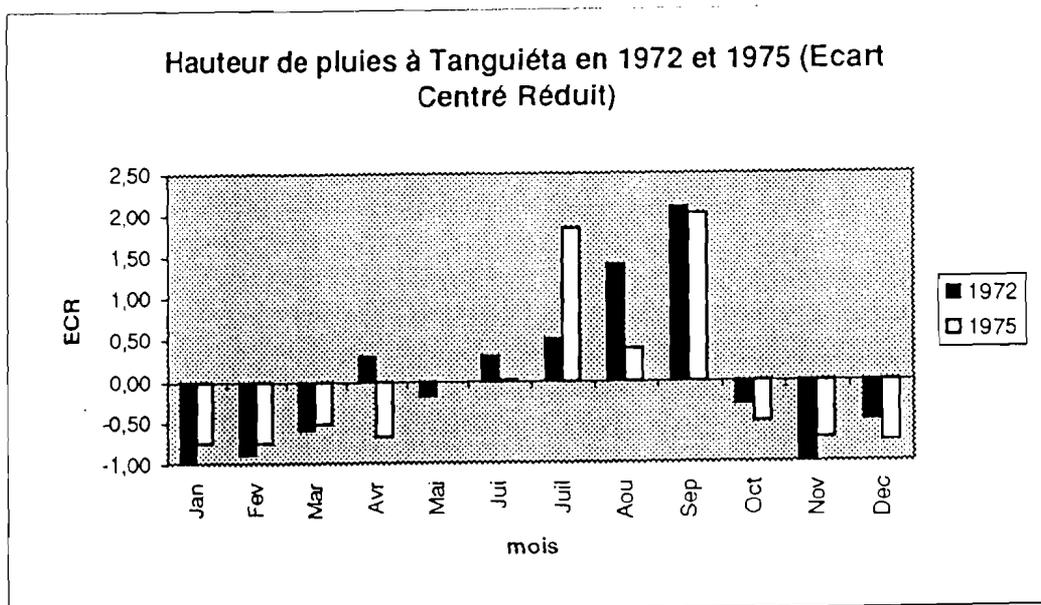


Fig.28b : Ecart centré réduit des hauteurs de pluie à Tanguiéta et Natitingou



de la saison des pluies serait à une laborieuse migration de la ZCIT ou à une mousson restée longtemps peu épaisse.

Le problème de la réduction de la durée de la saison des pluies est également posé. La saison des pluies n'a duré que 3 mois en 1975 à Tanguiéta et en 1978 à Natitingou, ce qui confirme la diminution du nombre total annuel de jours

de pluie (montré plus haut) et la longueur anormale de la saison sèche (7 mois à Tanguiéta en 1972; 8 mois à Natitingou en 1978).

Dans l'ensemble, les faux démarrages, les retards dans l'installation et la réduction de la durée de la saison des pluies ont des effets qui peuvent être catastrophiques (montée brutale des rivières, destruction de billons ou de buttes, sols engorgés) pour l'agriculture et la santé des hommes du fait de la mauvaise récolte et d'une soudure longue et difficile à passer.

Les hypothèses relatives aux causes de ces variations sont nombreuses. Pour J. Pérard (1992), les années de déficit pluvieux ou de sécheresse prononcée coïncident avec celles où les phénomènes orageux se font rares et le contraire se vérifie également (80% des pluies dans l'Atacora étant liées aux perturbations). Selon D. Lambergeon (1977), la variabilité pluviométrique en Afrique Occidentale s'explique surtout par les fluctuations de position et d'intensité des anticyclones des Açores et de Sainte Hélène, donc des positions anormales de la ZCIT. La récession pluviométrique serait aussi liée à l'affaiblissement du JTE sur l'Afrique de l'Ouest (B. Fontaine, 1990) ou à la forte activité du JEA (G. Dhonneur, 1987) qui cisillerait l'activité convective de l'équateur météorologique. Ces anomalies pluviométriques peuvent avoir des répercussions sur l'ambiance thermo-hygrométrique.

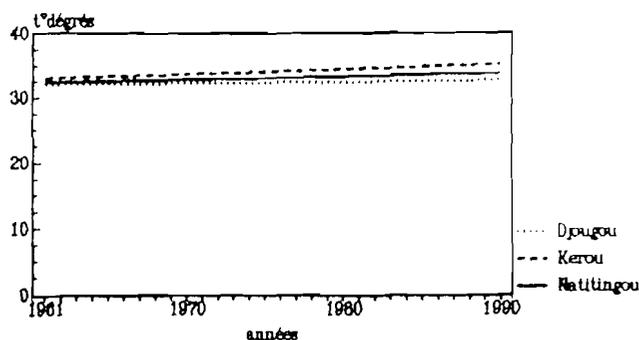
### **b) Les tendances thermique et hygrométrique**

**La température maximale** a une tendance à la hausse (par rapport à la moyenne) dans toutes les stations de 1961 à 1990 (Fig.29a). **La température minimale** baisse à Djougou et augmente à Natitingou et à Kérou (Fig.29b).

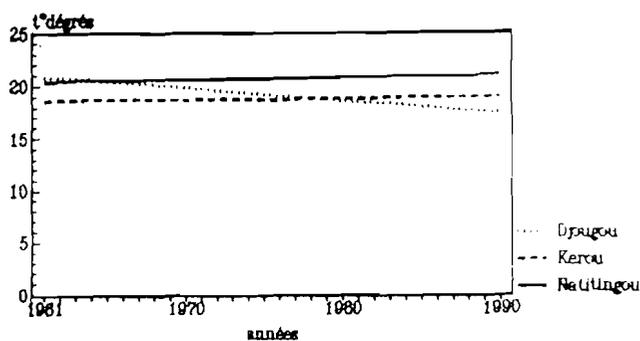
**L'humidité relative minimale** baisse sur la période 1961-1990 dans l'ensemble de l'Atacora, à l'exception de Natitingou où elle est en hausse. L'humidité relative maximale, par contre, a une tendance à la baisse à Natitingou (Fig.29 c). **Cela traduit, peut-être, un assèchement du climat dans la région. La diminution de l'humidité de l'air est d'ailleurs corroborée par la récession pluviométrique observée dans la période dans l'Atacora.**

Fig. 29 : Atacora : tendance thermique et hygrométrique (1961-1990)

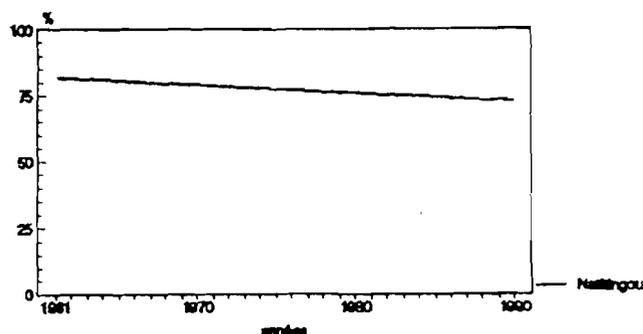
a) Température maximale moyenne



b) Température minimale moyenne



c) Humidité relative maximale moyenne



La variabilité intermensuelle et interannuelle provient des saisons sèches anormalement longues, de la réduction de la durée de la saison pluvieuse, du retard dans l'installation des pluies, d'un harmattan très rigoureux ou très modéré et d'une chaleur persistante qui perturbent certainement le rythme de vie et d'activités des populations de l'Atacora.

## CHAPITRE DEUXIÈME LE MILIEU HUMAIN

Il est caractérisé par une démographie en accroissement et par des genres de vie favorisant souvent les contaminations.

### A - Démographie

#### 1 ) Les peuples de l'Atacora

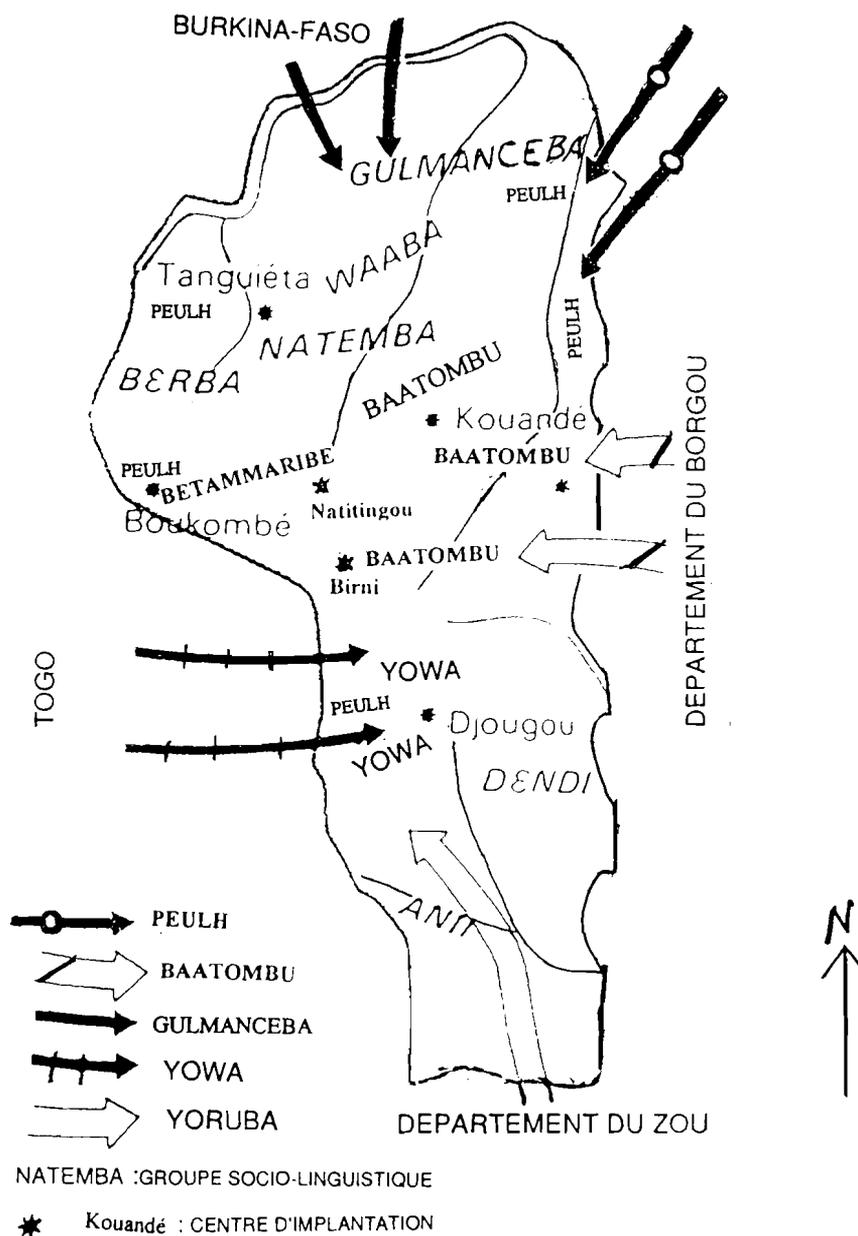
Il n'est pas aisé d'étudier la période reculée de l'histoire de l'Atacora. On se "heurte à l'absence de repères chronologiques fiables pouvant permettre l'établissement des différentes phases du peuplement et des grandes séquences de l'évolution des sociétés" (E. Tiando, 1993). Cependant, si des points d'ombre subsistent aussi au sujet de l'identité des migrants et de leurs axes de déplacements, il apparaît admis aujourd'hui que la plupart des populations de l'Atacora sont le résultat de mouvements de groupes ethniques venus de l'ouest (Bètammariabè et groupes apparentés; Yowa et groupes apparentés), du nord (Peulh), de l'est (Baatombu, Dendi) et du sud (Yoruba et groupes apparentés) entre le 15<sup>e</sup> et le 19<sup>e</sup> siècles, à la recherche de terres fertiles pour l'agriculture ou pour des besoins de protection (les peuples africains étant en guerres tribales pendant cette période). Installés, la majeure partie des groupes sociolinguistiques est confrontée à des migrations internes du fait des razzias menés par les royaumes baatombu de Kouandé ou de Birni et par le royaume Tchokossi de Sansanne-Mango dans le nord du Togo (R. Cornevin, 1962; P. Mercier, 1968; N. Kousse, 1977; E. Tiando, 1978, 1993; Z. Dramani-Issifou, 1981...). Il est difficile de dire avec certitude le groupe le plus anciennement installé, même si les Bètammariabè se croient les plus anciens de l'Atacora, puisque Bèsorubè et Piyobè représentent deux vestiges d'un plus ancien peuplement de l'Atacora (P. Mercier, 1968). Les périodes et les conditions de l'installation de ces divers groupes ethniques sont mal élucidées. Néanmoins, la diversité ethnique dont l'Atacora est aujourd'hui tributaire est liée à son histoire précoloniale faite certainement de nombreuses migrations de populations (Fig.30), même si l'emplacement actuel des groupes est le fait de la colonisation, facteur de stabilisation des peuples en Afrique. En effet, avec la

colonisation en 1897, les rapines organisées par les Baatombu ou par les Tchokossi contre leurs voisins ont cessé (P. Mercier, 1968). Après la conquête qui s'est terminée par la réduction des insurgés baatombu de Kouandé en août 1897, l'organisation administrative coloniale de la région est amorcée par la création, en octobre 1897, du Cercle de Djougou-Kouandé (R. Cornevin 1962). Ce cercle est composé des cantons de Djougou, de Kouandé, de Natitingou, de Boukoubé et de Tanguéta. C'est pratiquement sur la base de ces divisions territoriales que fonctionnent les subdivisions administratives actuelles (département, circonscriptions ou sous-préfectures, communes et villages ou quartiers de ville). Il est clair que les grands groupes ethniques cités plus haut sont le résultat de l'histoire pré-coloniale et coloniale de la région. Les six grands groupes ethniques identifiés se composent comme suit : Bètamaribè et groupes apparentés (Waaba, Natemba, Mbèlibè, Bèbèlibè, Berba, Bèsorubè, Gulmanceba), Yowa et groupes apparentés (Lokpa, Piyobè, Tanneka), Baatombu, Peulh, Dendis, Yoruba et groupes apparentés (Nago, Anii). Un groupe apparenté se définit par des parentés linguistiques et culturelles ou par des ressemblances linguistiques à cause d'une partielle ou totale assimilation opérée lors des brassages. Les Nago, par exemple, ont des parentés linguistiques et culturelles avec les Yoruba mais du fait d'apports étrangers liés aux brassages avec d'autres peuples, ils ont perdu la pureté de la langue yoruba. Quant aux Bèsorubè, ils sont partiellement assimilés par les Bètamaribè dont ils ont adopté presque complètement le parler (le ditammari).

Bètamaribè et groupes apparentés constituent le plus grand groupe ethnique de l'Atacora (267.313 hab. au recensement de 1992 : 42% de la population). Ils occupent surtout les surfaces sommitales de la chaîne de l'Atacora, et soit les bassins intérieurs ou la plaine du Gulma, ce qui correspond aux sous-préfectures de Cobly, Matéri, Boukoubé, Tanguéta, Toucountouna, Natitingou et à une partie de Kérou. Ils sont agriculteurs et chasseurs comme les Gulmanceba qui sont arrivés de l'actuel Burkina-Faso à la recherche de terres fertiles et de gibiers et se sont installés dans la plaine de l'Oti-Pendjari à laquelle ils ont donné leur nom vers la fin du 17<sup>e</sup> siècle (P. Mercier, 1968). Les Bètamaribè, dans l'ensemble, sont identifiés par la forme de leur

habitat et par leur société acéphale (inexistence de royauté) contrairement aux Yowa et aux Baatombu.

Fig.30 : Peuplement de l'Atacora



Source: Adapté de M. Boko et S. Adam, 1993

Yowa et groupes apparentés forment du point de vue numérique le second groupe ethnique (164.861 hab. au recensement de 1992 soit 25% de la population). Ils sont venus du Togo mais la date de leur installation est difficile à préciser. Ils sont agriculteurs comme les Bètammaribè et occupent les sous-préfectures de Djougou, de Copargo et de Ouaké. Les Yowa auraient fondé le royaume de Kilir qui devint plus tard le royaume de Djougou (E. Tiando, 1993). Ils sont aujourd'hui identifiés par la forme et la taille géante de leurs buttes de culture.

Quant aux Baatombu (sing. Baatonu), ils constituent le troisième groupe socio-linguistique de l'Atacora (72.393, soit 11%). Partis du royaume de Nikki (Borgou), ils se sont installés sur le piémont nord-est de la chaîne atacorienne pour fonder vers la fin du 18<sup>e</sup> siècle les royaumes de Kouandé et de Birni (P. Mercier, 1968). Ces derniers organisaient des razzias contre leurs voisins qui ont dû se replier plus à l'ouest (Waaba, Bètammaribè). Les Baatombu occupent, en effet, le nord-est du département (les sous-préfectures de Kouandé, de Wassa-Péhounco et de Kérou). Considérés comme de braves gens, ils sont agriculteurs et chasseurs à l'inverse des Peulh.

Les Peulh sont, en effet, éleveurs. Au nombre de 61560 (9,5% de la population atacorienne), ils sont disséminés sur tout le département, même s'ils sont concentrés dans les sous-préfectures de Kérou, Kouandé et Wassa-Péhounco et Djougou. Ils seraient venus dans la région par migrations pacifiques à partir du Burkina-Faso (clan Diko) ou du Nord du Ghana (clan Diallo) sans doute depuis le début du 18<sup>e</sup> siècle (R. Cornevin, 1962). Face au problème de sécheresse et de pâturages, les Peulh pratiquent de plus en plus l'agriculture. Ce qui les caractérise le plus est leur isolement, vivant toujours en marge des autres groupes ethniques.

Les Dendi, par contre, se mélangent aux autres. Leur arrivée dans la région est liée au commerce transsaharien entre le 16<sup>e</sup> et le 19<sup>e</sup> siècles. Ils se sont installés à Djougou, ancien caravan-sérail sur les routes du commerce transaharien qui reliaient la forêt à la savane. Au nombre de 27815 soit 4,2% de la population atacorienne, les Dendis sont commerçants comme les Yoruba.

Les Yoruba et groupes apparentés sont arrivés du Nigéria ou du sud du Bénin au début du 19<sup>e</sup> siècle et se sont installés dans les sous-préfectures de Bassila et de

Djougou. Au nombre de 17259 hab. (2,6% de la population), ils sont plus souvent commerçants mais aussi agriculteurs. Leur savoir-faire et leur dynamisme dans le domaine commercial est reconnu dans le pays, ce qui est lié aux habitudes séculaires acquises de la pratique des activités de service très florissantes dans les anciennes villes yoruba.

## 2) Structure et Evolution démographiques

Au recensement de 1979, la population de l'Atacora s'élevait à 479.604 habitants soit 14,4% de la population totale béninoise. Elle a atteint 648.330 habitants, soit 13,4% de la population béninoise au dernier recensement général de 1992. La part de l'Atacora dans la population totale du pays a diminué de 1% en 13 ans même si dans la période l'augmentation brute a été de 168.726 habitants, soit un accroissement annuel de 2,3%. Ce taux est inférieur à celui observé sur le plan national (2,94%) et est le plus faible du Bénin (Tableau 7a), ce qui souligne bien les difficultés de l'Atacora, à plus d'un titre, en déclin par rapport aux autres régions.

**Tableau 7a** : Répartition de la population du Bénin par département en 1979 et 1992

Département	Population (1979)		Population (1992)		Taux moyen annuel d'accr. (%)
	Total	%	Total	%	
Atacora	479.604	14,4	648.330	13,4	2,3
Atlantique	686.258	20,6	1.060.310	21,8	3,4
Borgou	490.669	14,73	816.278	16,8	4,0
Mono	477.378	14,33	646.954	13,3	2,4
Oueme	626.868	18,82	869.492	17,9	2,5
Zou	570.433	17,12	813.995	16,8	2,6
Bénin	3.331.210	100,00	4.855.359	100,00	2,94

*Source : RGPH1-RGPH2 INSAE -1979; 1992*

Les mouvements naturels de la population sont typiques d'une région africaine avec un taux de natalité de 5,6%, un taux de mortalité de 3,3% soit un taux d'accroissement naturel de 2,3% contre 2,9% pour l'ensemble du pays.

La population se caractérise par une grande jeunesse et également par une faible espérance de vie à la naissance (46 ans en moyenne nationale), par un nombre élevé d'enfants par ménage (6 dans l'Atacora contre 7 dans le Borgou et 4 en moyenne nationale) et par une quasi égalité à la naissance entre les hommes et les femmes (1,7% de garçons dans l'Atacora et dans le Zou contre 1,61% de filles; dans le Mono, on a 1,69% de garçons pour 1,70% de filles; et dans l'Atlantique, 1,58% de garçons pour 1,51% de filles).

### a) Etude des pyramides des âges

Les pyramides des âges de l'Atacora sont l'expression de cette jeunesse de la population (Fig.31a,b). Les "moins de 20 ans" constituent environ 57,6% de la population, la tranche de 20 à 54 ans comptant pour 34,2%. Ces proportions restent semblables à celles des autres départements (Tableau 7b).

**Tableau 7b** : Répartition de la population du Bénin par département et par tranche d'âge (%) d'après recensement de 1992

Âge/ Dept	Atacora	Atlantique	Borgou	Mono	Ouémé	Zou
0-19ans	57,6	56,3	60,0	59,2	56,6	57,4
20-54 ans	34,2	36,5	33,5	33,1	35,6	33,4
55-70 et +	08,0	07,2	06,3	07,5	07,9	09,0

La structure par sexe est aussi très intéressante. Ainsi la tranche d'âge de 0 à 19 ans compte plus de garçons que de filles (26,9% de filles contre 28,3% de garçons en 1979; en 1992 27,6% de filles contre 30% de garçons). Dans celles de 20 à 44 ans, la tendance est inversée : il y a plus de femmes que d'hommes (en 1979, 16,8% de femmes pour 12,4% d'hommes, contre 16,1% et 10,8% respectivement en 1992) Et à partir de 55 ans, on compte de nouveau plus d'hommes que de femmes (4,0% de

femmes pour 4,2% d'hommes en 1979, et 3,8% de femmes pour 4,2% d'hommes en 1992) (Tableau 7c).

**Tableau 7c:** Répartition par sexes et par âges de la population de l'Atacora (%) d'après les recensements de 1979 et 1992

Années	1979		1992	
	Masculin	Féminin	Masculin	Féminin
Tranche d'âges				
0-19 ans	28,3	26,9	30,1	27,6
20-44 ans	12,4	16,8	10,8	16,1
45-54 ans	3,2	3,2	2,8	2,8
55-70 ans et +	4,2	4,0	4,2	3,8

Les traditions, les modes de vie et la conjoncture expliquent cette disposition. La surreprésentation masculine dans la tranche de 0 à 19 ans provient de l'émigration massive des filles (surtout entre 9 et 16 ans) vers les villes principales du Bénin, Parakou, Porto-Novo et surtout Cotonou où elles deviennent bonnes ou domestiques en général. Le fait que les femmes sont plus nombreuses dans les classes d'adultes d'actifs peut s'expliquer de deux manières : d'une part le taux de mortalité y est plus fort pour les hommes que pour les femmes; d'autre part et surtout les hommes de ces tranches d'âges alimentent le fort exode des populations atacoriennes vers les régions et les centres économiques plus actifs du Bénin (les grandes villes dont Cotonou et la région de l'Ouémé). Enfin, si les hommes redeviennent majoritaires après 55 ans c'est que bien souvent les femmes, après cet âge et après des années passées près de la famille de leur époux ont bien souvent l'habitude de migrer hors de l'Atacora pour retrouver le lien et des membres de leur famille de sang, clanique aussi. C'est ce qui explique que les femmes âgées soient plus nombreuses en proportion dans les départements de l'Atlantique et de l'Ouémé, alors qu'on retrouve la surreprésentation masculine à ces âges dans les autres régions béninoises.

Ainsi dans bien des cas, les traditions (par exemple : échange de femmes entre famille), les modes de vie (par exemple, les femmes dès leur jeune âge sont destinées aux travaux ménagers) ou la conjoncture (chômage) rendent compte de la structure et de l'évolution démographiques.

Fig.31a Pyramide des âges de la population de l'Atacora  
(recensement de 1979)

hommes

femmes

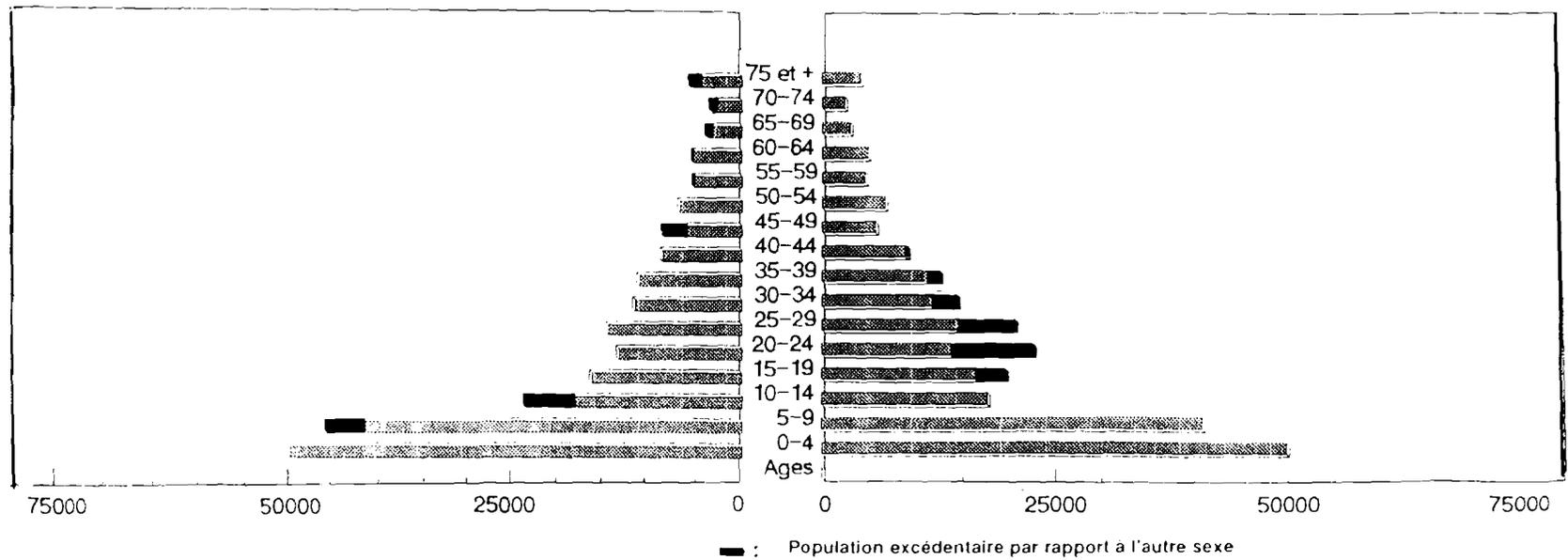
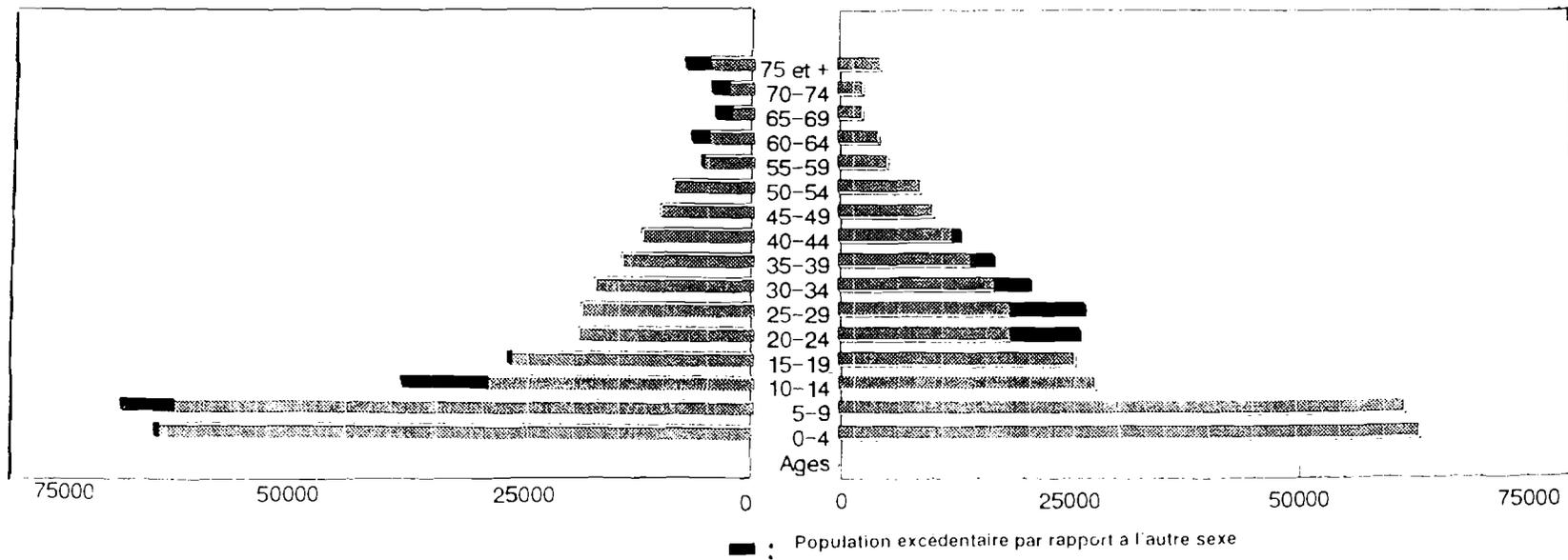


Fig.31b Pyramide des âges de la population de l'Atacora  
(recensement de 1992)

601

hommes

femmes



## **b) Evolution démographique**

Même si globalement la population de l'Atacora augmente, le pays reste faiblement peuplé. La densité démographique qui était de 15,37 habitants au kilomètre carré en 1979 est passée à 20,77 habitants en 1992. Observant l'évolution entre 1979 et 1992 (Fig. 32 a,b), on remarque une nette homogénéisation de la répartition spatiale de la population sur le territoire du département. Des trois sous-préfectures qui avaient moins de 10 habitants au km<sup>2</sup> en 1979, seule celle de Bassila reste dans la même situation (9,5 habitants au km<sup>2</sup> en 1992 contre 6,66 en 1979). Anciennement zone de colonisation agricole, la sous-préfecture de Bassila est devenue vulnérable à cause de l'épuisement des terres lié à leur surexploitation. Ainsi on a constaté des migrations de populations vers le sud et surtout vers Bantè, Savalou, Dassa et Savè. Actuellement, les secteurs de forte densité de population sont les secteurs de Boukoumbé (50,34 habitants au km<sup>2</sup>), de Natitingou ( 52,30 habitants au km<sup>2</sup>), de Djougou (43,41 habitants au km<sup>2</sup>) et de Tanguéta (31,05 habitants au km<sup>2</sup>), villes qui regroupent les activités les plus nombreuses et diversifiées.

Deux phénomènes expliquent cette évolution démographique récente de l'Atacora marquée par une augmentation globale de la population, des flux migratoires intrarégionaux et un exode vers d'autres régions : la fragilité des terres et la mauvaise conjoncture économique et sociale qui se traduisent par la pression sur les terres et l'émigration.

La pression sur les terres agricoles, déjà fragiles, génère dans bien des cas des migrations de population. La densité agricole s'établit dans certaines parties de l'Atacora comme Boukoumbé autour de 240 habitants au km<sup>2</sup>. En 1991, M. Tassou constatait une baisse de la population de certaines communes de la sous-préfecture de Cobly, diminution qu'il attribuait à l'émigration des populations vers de nouvelles terres, en particulier vers la zone cynégétique, le long de la vallée de la Pendjari, vers la sous-région de Bassila ou vers le Borgou, le Zou ou le Nigéria. Cette situation concerne tout le département et le solde migratoire de l'Atacora est négatif. Il est de moins 4872 (INSAE/Bénin, 1994). Ce sont surtout les jeunes de 16 à 30 ans qui s'en vont à cause du manque de bonnes terres cultivables et de la faiblesse des revenus agricoles.

Fig.32a : Atacora : densité de population par district d'après le recensement de 1979 (A. Kouni, 1985)

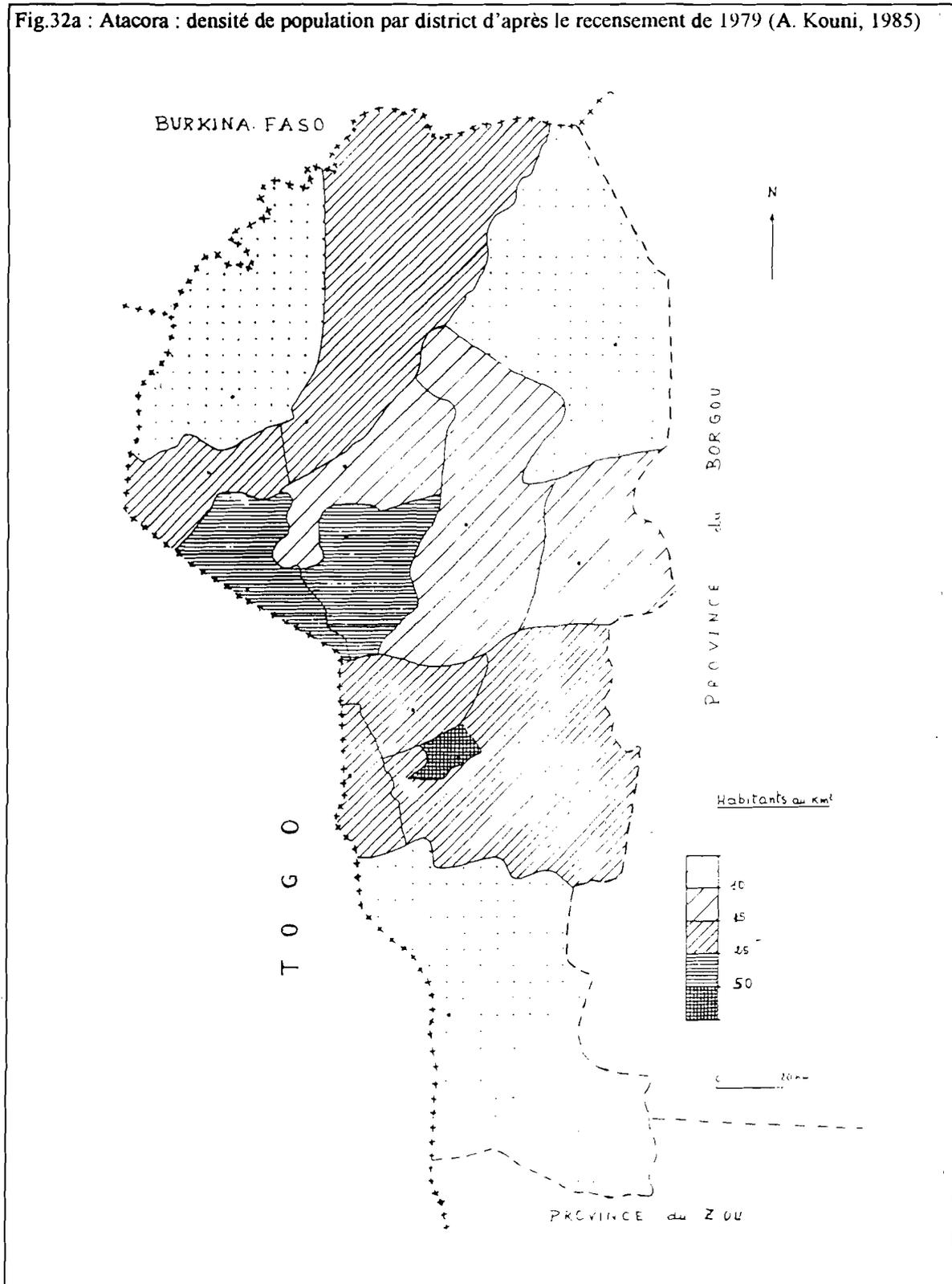
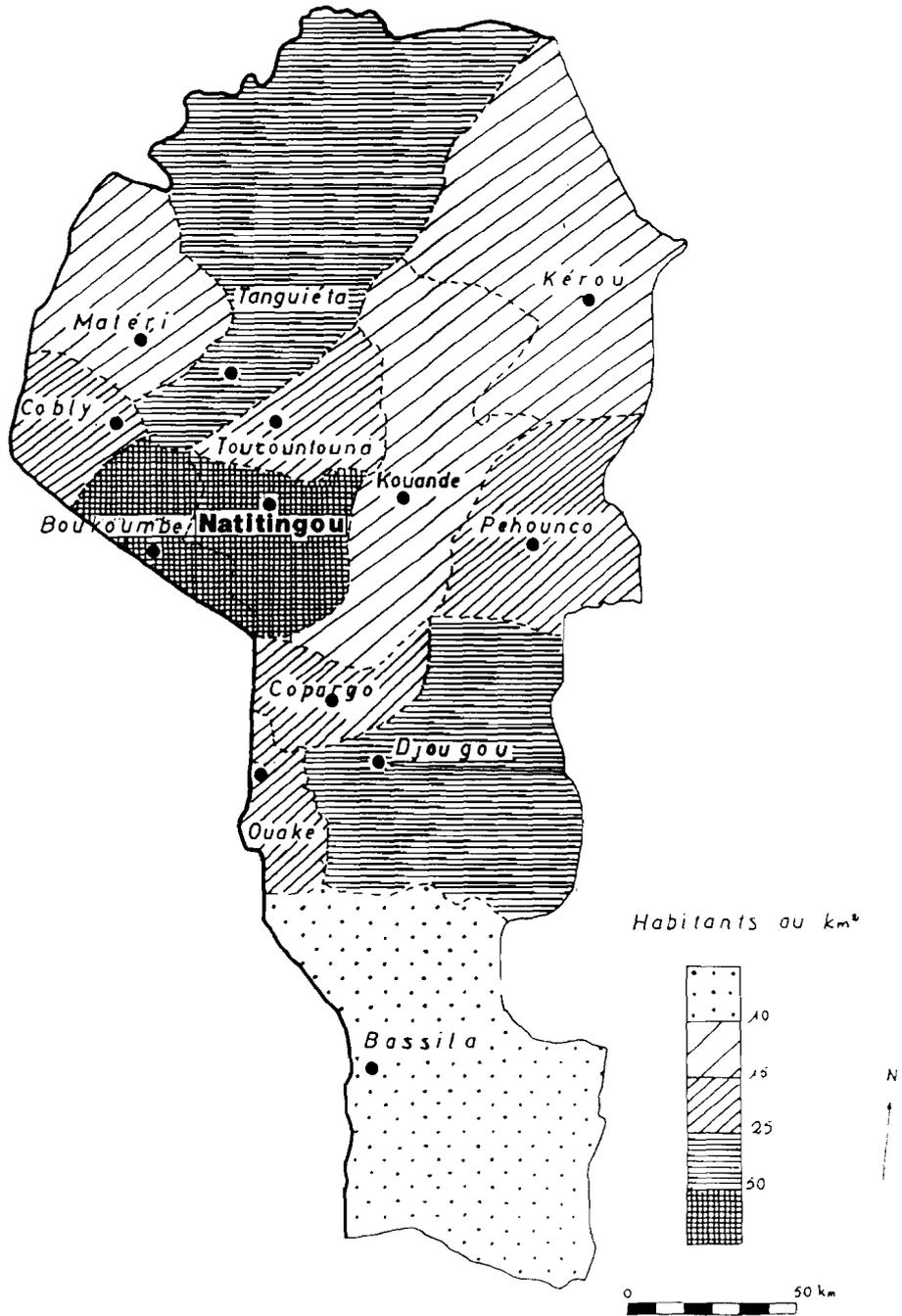


Fig.32b : Atacora : densité de population par sous-préfecture d'après recensement de 1992



## **B) Genres de vie des populations.**

### **1)-Habitat et habitations**

La population de cette région est en majorité rurale : 67% de ruraux pour 33% d'urbains. L'habitat rural est donc prédominant, le tissu urbain étant très lâche. Mais avant d'aborder l'analyse de l'habitat, un rappel sur les notions de structure des villages et de concessions familiales est nécessaire.

Un village est un ensemble de concessions familiales ou "tata". Une concession familiale regroupe les cases des ascendants d'un même grand-père et comporte une cour où se fait le séchage des récoltes et des greniers qui servent à conserver les produits agricoles. L'organisation de la concession est différente suivant les ethnies et les genres de vie. Elle peut avoir une forme rectangulaire comme chez les Baatombu ou circulaire avec les Waaba (Fig. 33b). Un membre d'une concession est lié aux autres membres moralement et obligatoirement par consanguinité ou par mariage.

Administrativement, un village est de même rang qu'un quartier de ville qui est fait de plusieurs "carrés" (carré: un terrain délimité, avec ou sans clôture, où logent un ou plusieurs ménages). Le village (ou le quartier de ville) est dirigé par un délégué élu. Un ensemble de villages ou de quartiers de ville forment une commune rurale ou commune urbaine dirigée par un maire élu. Même si durant le règne du régime dictatorial ces structures à la base pesaient lourd sur les populations, aujourd'hui le citoyen est libre de vaquer à ses activités socio-économiques et culturelle au village comme en ville.

#### **a) Milieu urbain**

L'habitat urbain n'est observable que dans les centres de Natitingou, de Djougou et dans certains chefs-lieux de sous-préfectures, Kouandé, Tanguiéta et Boukoubé. Dans l'ensemble, on y trouve qu'une seule artère principale, le long de laquelle se concentrent les aspects urbains (bâtiments des services administratifs et autres : circonscription urbaine, préfecture, finances, caisse de crédits agricoles, services de

santé, de sécurité, services scolaires, "essenceries", centres de culte, marché local et boutiques privés). A Natitingou, par exemple, de l'entrée sud de la ville jusqu'à la sortie nord (sur 5 km environ), nous pouvons voir, le long de la Route Nationale InterEtat N°4 qui divise la ville en deux, (le plan de la ville n'existant pas encore), les infrastructures suivantes (Fig. 33a) : l'Ecole Normale Intégrée, l'hôpital départemental (Modulmed), la gendarmerie, une auberge, l'évêcher, le Collège d'Enseignement Secondaire, une "essencerie", le service de l'élevage, une salle de cinéma, le stade municipal en face de l'école primaire publique, des boutiques privées; la poste, la caisse de sécurité sociale, le service d'eau et d'électricité. Entre les deux derniers services mentionnés, une voie secondaire traverse l'artère principale et mène à l'ouest vers l'Hôtel Tata Somba, situé à 800 m environ. Et à l'est, cette voie passe devant les bureaux du commandement militaire du nord-ouest (à 150 m environ de la voie principale). Viennent ensuite le tribunal, le centre de santé de la circonscription urbaine en face des bureaux de la Circonscription et de la Perception des finances; puis la police, la Préfecture, la Direction Départementale des Travaux Publics et le Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER).

A l'est comme à l'ouest de la seule artère, au-delà de ces bâtiments des services, la population s'est installée et continue de le faire comme elle peut, aucun plan n'étant préalablement fixé. La brousse et les tas d'ordures rivalisent avec les habitations (aux murs en terre battue et à toiture en tôle pour la majorité), à côté desquelles les eaux usées de douche ou de cuisines que fouillent les porcs posent le problème d'hygiène et de santé des populations. Natitingou et les autres petits centres urbains ont donc besoin d'être aménagés et viabilisés, même si à Natitingou la topographie accidentée reste un obstacle à franchir. Ces centres n'ont pas les moyens de résoudre les problèmes d'aménagement et de satisfaire aux besoins d'une jeunesse toujours grandissante. Les problèmes posés sont liés, entre autres, au chômage et à la scolarisation.

- Le **chômage** se pose surtout en milieu urbain sinon presque exclusivement. Il recrute ses membres parmi les "licenciés" des usines (Usine de tomate et de jus de mangue) et sociétés d'Etat restructurées ou liquidées (Alimentation Générale du Bénin,

AGB; Office National de Pharmacie, ONP; Société des Transports de l'Atacora, STA...) et ceux qui sont à la recherche du premier emploi.

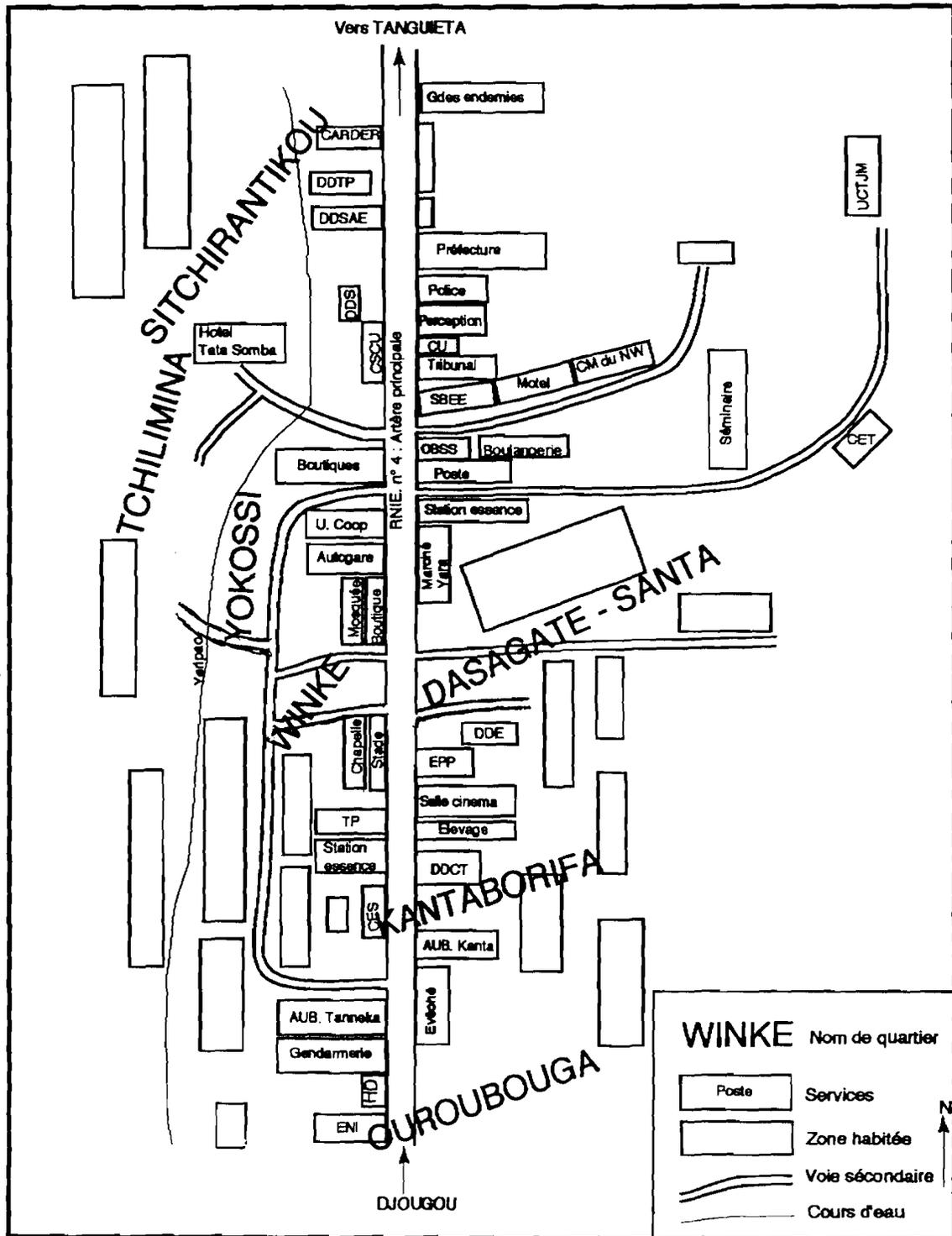


Fig 33a : Croquis de la ville de Natitingou

Dans l'Atacora comme dans les autres départements du pays, l'ampleur du phénomène est masquée par le secteur non structuré (colportage, micro-commerce de détail, apprentissage de la conduite automobile auprès d'un transporteur, fait très répandu chez les jeunes de Natitingou, Djougou et kouandé). Ces jeunes apprentis sont souvent analphabètes ou ont fréquenté à peine l'école.

Le département, comme l'ensemble du pays et comme tous les pays à population jeune, a un taux de scolarisation faible. Le taux brut de scolarisation (qui mesure la pression des scolarisés sur les infrastructures scolaires) est de 29,1% contre 49,7% pour l'ensemble du Bénin (INSAE/ Bénin, 1992). Le taux net de scolarisation (qui concerne uniquement les enfants de 6 à 11ans et qui mesure l'intensité de la scolarisation dans cette tranche d'âge) est de 20,3% pour l'Atacora contre 33,3% pour l'ensemble du pays (INSAE/Bénin, 1992). Il apparaît que 79,7% des enfants d'âge scolarisable sont encore en marge de l'école dans l'Atacora. Les faibles taux de scolarisation seraient liés au pouvoir d'achat et au fait que les enfants constituent une main-d'oeuvre pour le travail agricole. Malgré ces faibles taux de scolarisation, les infrastructures scolaires sont nettement insuffisantes voire inadéquates. L'insuffisance de mobilier et de salles de classe est générale. Quand il y en a, surtout dans les villages, ces salles sont dans un état défectueux. C'est le cas, par exemple, des bâtiments délabrés sans fenêtre qui exposent les enfants aux intempéries comme celui d'un village de Boukoumbé (photo 2).

Photo2 : Une salle de classe à l'école primaire publique de Tabota (Boukoumbé). Des ouvertures jouent le rôle de porte d'entrée et de fenêtres. Toiture en tôles et plancher non cimenté



## **b) Milieu rural**

Dans l'Atacora, les habitats et les habitations sont différents (Fig. 33b) suivant les particularités et les genres de vie de divers groupes ethniques comme d'ailleurs nous l'avons dit au sujet des concessions familiales.

Dans le nord-est de l'Atacora, les habitations baatombu sont groupées en gros villages. Le village est fait d'un ensemble de concessions familiales individualisées et clôturées. La concession est rectangulaire et rassemble tous les membres de la famille. Il n'existe pas de cultures de case autour des concessions. La case rectangulaire, sans une fenêtre, a deux portes en feuille de tôle contrairement aux Yowa et groupes apparentés qui n'en utilisent pas.

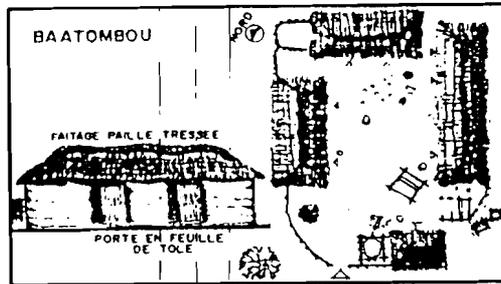
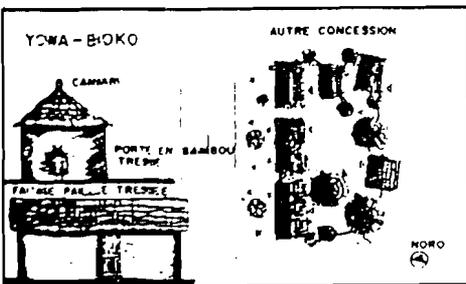
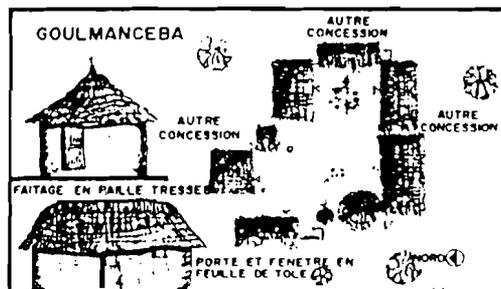
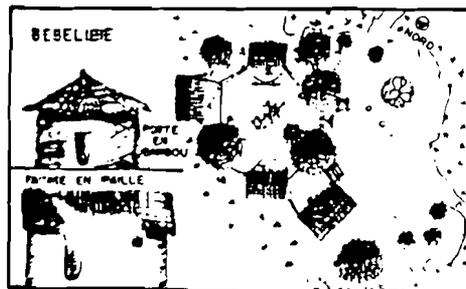
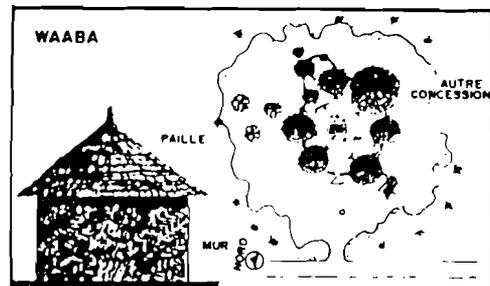
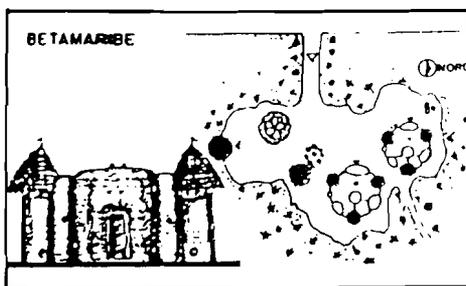
Dans le sud-est du département, les villages Yowa sont composés de concessions familiales de forme quasi rectangulaire. La concession est organisée de sorte que la disposition des cases laisse une cour au milieu. La case ronde à toit conique en paille est coiffée d'un canari. Quand elle est rectangulaire, la case a un faitage en paille tressée et une porte en bambou tressé. Autour des concessions, on remarque quelques cultures de case, mais la différence avec les Tanneka est nette. Sur le piémont sud-oriental des chaînons de l'Atacora autour de Copargo (NW de Djougou), les Tanneka ont construit des villages groupés en tas au pied des reliefs (villages Tanneka-Koko et Tanneka-Béri). A la différence des Baatombu et des autres peuples Yowa, il n'existe pas de concession. Les cases rondes, parfois rectangulaires, sont construites les unes à côté des autres, et parfois séparées par des cultures de case faites sur billons.

Contrairement aux Tanneka, les villages gulmance sont constitués de concessions familiales sans clôture avec une entrée principale. Les concessions sont séparées par des champs. La case ronde ou rectangulaire a un toit de paille tressée, une porte en feuille de tôle et même une fenêtre, chose peu courante dans ce milieu.

Quant aux Peulh transhumants, instruits à se déplacer fréquemment, ils vivent en campements souvent à l'écart des villages ou des autres peuples. Ces campements sont faits de quelques cases rondes en branchages. En face et à l'entour immédiat des cases disposées en demi-lune est parqué le bétail (le boeuf étant attaché à un pieu) qui

engraisse le sol pour les seules cultures de case. Aucune orientation n'est privilégiée dans cette disposition qui aide à mieux surveiller le troupeau de boeufs. Ainsi, nous ne pensons pas que ce plan ait été dicté par une symbolique religieuse du fait également de la croyance islamique des Peulh. Pendant la transhumance, les personnes âgées, les femmes et les jeunes enfants restent au campement. Les déplacements permanents ou temporaires exposent les bergers peulh à toutes sortes de stress et les empêchent également de fréquenter les centres de santé et même les écoles.

Fig. 33b: Types d'habitat liés aux groupes sociolinguistiques dans l'Atacora (d'après SERHAU, 1990)



Chez les Bètammaribè et les Waaba, l'habitat est éparpillé en nébuleuses de minuscules "tatas somba", sortes de châteaux forts éloignés les uns des autres de quelques dizaines de mètres. Ces "tatas" abritent tous les membres d'une même famille et leurs biens. La structure du tata et des maisons chez les Bètammaribè est différente de celle des Waaba. Chez les Waaba, le tata est un ensemble de cases rondes disposées en cercle, reliées les unes aux autres par un mur laissant une entrée. Plus loin, on trouve une autre concession. Les tatas sont au milieu des champs et des arbres utiles (karité, néré, baobab) comme chez les Bètammaribè. C'est avec ces derniers que le terme "château fort" prend son sens réel. C'est une maison à étage avec un rez-de-chaussée qui abrite les animaux d'élevage. L'étage comprend la chambre à coucher, le foyer pour la cuisine et un espace sur la terrasse pour le séchage des produits de récolte (photo 3a,b). Ces "tata somba" sont plus conçus pour la défense, mais ils sont moins adaptés au contexte climatique surtout en période fraîche. Sans chauffage, les occupants subissent le refroidissement nocturne de l'harmattan. Ce fait s'ajoutant à la promiscuité est sans doute cause de fréquentes épidémies, notamment de méningites. La promiscuité est, en effet, un fait courant dans les habitations et particulièrement lors des grandes cérémonies (circoncision, mariage, funérailles) et des enterrements. Il est fréquent que plusieurs personnes couchent sur une même natte. Les enquêtes nous ont révélé un effectif moyen de 3 personnes par chambre. Mais l'éventail va de 1 à 9 personnes. Environ 37% des habitations enquêtées abritent plus de 3 personnes par chambre, dans des conditions d'hygiène évidemment très précaires. Ce qui précède montre la grande diversité des habitats ruraux et des habitations du fait des genres de vie : Chez les Yowa, la cour intérieure sert de séchoir et de lieu de rassemblement des membres de la famille, le soir, après les travaux champêtres. Par contre, les Bètammaribè se retrouvent au rez-de-chaussée et font sécher les récoltes sur la terrasse.

Cette structure des habitations tend à évoluer au cours des années récentes . Ainsi d'année en année le nombre des tata somba traditionnel tend à se réduire, victime de la modernité.

La couverture de paille est de plus en plus remplacée par la tôle ondulée. Dans le département, les tôles l'emportent aujourd'hui à 57% contre 43% pour la paille. La

couverture de paille, même si elle rafraîchit la chambre en temps de chaleur, est le gîte des insectes nuisibles (guêpes), des scorpions, des grosses araignées, voire des serpents. La couverture de tôles offre plus de sécurité contre les incendies, fréquents pendant la saison sèche à cause des feux de brousse, mais elle ne résiste pas toujours aux grands vents liés aux perturbations tropicales, surtout du fait de la fragilité de la charpente. Ajoutons la chaleur torride dans les cases couvertes de tôles pendant le jour, alors que la nuit, la fraîcheur est grande, du fait de l'absence de plafond.

Dans la sous-préfecture de Coby, la case ronde traditionnelle est destinée à la femme ; elle sert à la fois de chambre à coucher et de cuisine, et la couverture est en paille de sorgho. La chambre ainsi réchauffée peut aider à mieux supporter le refroidissement nocturne de l'harmattan, mais elle est peu confortable en temps de chaleur. La case rectangulaire, recouverte de tôles, à plancher en ciment (certainement signe d'évolution et de richesse) et destinée au chef de famille, est de plus en plus répandue, tandis qu'on assiste également au recul des cases rondes. L'adoption de ces rectangulaires par la population serait due aux apports extérieurs : contact avec l'Islam, et surtout conséquence de l'émigration des jeunes vers le Ghana (surtout jusqu'aux indépendances), le sud du Bénin, le Togo méridional et le Nigeria. A leur retour, les émigrés construisent souvent des cases rectangulaires qui apparaissent ainsi comme un signe de modernité et de richesse. Il en est également du mobilier dans les maisons.

On constate une évolution dans le mobilier issue de ces apports exogènes. Traditionnellement le mobilier est souvent sommaire. Il comprend fauteuil, chaise et lit, mais le plus important dans cette étude est le lit qui doit permettre un repos nocturne réparateur. Le ratio lit/personne est de 0,24. Ce qui veut dire qu'en moyenne on dénombre moins d'un lit pour 4 personnes. L'insuffisance constatée est suppléée par la natte, qui constitue l'essentiel du mobilier dans les familles les plus pauvres. 88% des chefs de famille interrogés affirment posséder au moins un lit. Il n'empêche que les 78% des enfants enquêtés dorment sur des nattes, et à peine 16% se couchent sous une moustiquaire. La natte ne permet pas un sommeil réparateur car, sur le sol dur, elle occasionne des courbatures. Elle expose aussi les enfants au refroidissement nocturne et autres nuisances évoquées plus haut.

photo3a : "Tata somba" vers Perma (vue de face)



Photo3b : "Tata somba" vers Perma (vue de dessus). La seule ouverture, la porte d'entrée, est très petite.



### **c) Caractéristiques des habitations**

Au-delà de leur diversité, les habitations des peuples atacoriens ont des traits communs qui ont une incidence certaine sur le confort et la santé des populations.

Les habitations sont le plus souvent en terre pétrie ou en adobe, de forme ronde ou rectangulaire, à toit conique ou rectangulaire recouvert de paille ou de tôles, et au sol en terre battue. Les matériaux sont donc en grande partie tirés du milieu. C'est le cas de 80% des concessions qui ont fait l'objet d'enquête. Seulement 12,2% des maisons sont en parpaings de ciment et 7,3% en branchages. Ces maisons en terre et surtout celles en branchages n'offrent pas une sécurité suffisante contre les intempéries, même si dans certains cas, elles protègent mieux de la chaleur que celles construites en matériaux modernes avec notamment une couverture de tôle.

Par ailleurs, les maisons sont directement posées sur la surface. A ce titre, P. Deffontaines (1972) écrit : "Souvent le contact est direct avec le sol, ce qui comporte plusieurs inconvénients : l'humidité du sol remonte par capillarité et entretient pourriture et moisissure. De plus, les habitants sont exposés à l'attaque de nombreux micro-organismes nocifs vivant dans le sol : parasites, vers, tiques, puces... La santé des populations s'en trouve gravement affectée."

Dans l'ensemble, les maisons sont presque sans ouverture d'aération, à l'exception des portes d'entrée qui sont elles-mêmes très petites. Quand il y a une fenêtre, elle est très étroite. C'est ce que constatait P. Gourou (1973) : "Bien des maisons d'Afrique Noire sont étouffantes par temps chaud ; elles ne sont pas aérées, n'ayant souvent d'autre ouverture que la porte minuscule". Le cas du tata somba est assez parlant : pour entrer dans la chambre à coucher du Bètamaribè, il faut s'accroupir totalement (photo 3b). Tout cela laisse à penser que les préoccupations d'ordre climatique ou thermique n'ont guère été prises en compte dans l'architecture, même si les maisons en terre battue ont la réputation d'être un "excellent isolant contre le froid et aussi contre la chaleur" (P. Deffontaines, 1972).

Enfin, certaines habitations sont placées au milieu des arbustes, ou au milieu des champs (Photo 4), parfois non loin des immondices. Ces tas d'ordures ménagères que retournent les animaux de basse cour comme les chèvres et dont les enfants font

parfois leur terrain de jeu sont, bien souvent, peu éloignés des points d'eau où les familles vont s'approvisionner! Les tas d'ordures et les brousses sont des lieux de défécation des habitants du fait de l'absence de latrines dans les habitations.

Photo4 : Maison au milieu des arbres et des cultures à Natitingou. Au premier plan, quelques pieds de mil et de papayer. A l'arrière plan, des manguiers.



Ces habitudes de vie pèsent lourd sur la santé des populations exposées ainsi aux moustiques, à d'autres vecteurs de maladies et à des germes pathogènes variés. Malgré tous les défauts de ces maisons, il semble que leurs conceptions répondent à quelques unes des contraintes du climat.

Ainsi, les matériaux utilisés au Bénin ont, en général, un grand pouvoir isolant; il en est de l'argile ou de la paille (*Imperata cylindrica*, *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*). Pourtant, on a l'impression que ce sont moins les considérations d'ordre thermique que les autres aspects climatiques (comme la pluie et le vent) qui ont conditionné l'architecture traditionnelle.

Les Bètamaribè, par exemple, préfèrent que la porte unique soit épargnée par les pluies. Ainsi, le dos du "tata" est face à l'est, ce qui suppose que, pour eux, la majorité des pluies viennent de l'est. De même, ils auraient également adopté cette orientation en fonction de la direction du vent sec et frais de l'harmattan. La hauteur des cases est réduite (3 m environ) et permettrait aussi d'éviter les dégâts dus aux vents orageux. C'est le cas des cases waaba ou peulh ou des maisons en terrasse en

vigueur à Malanville (Borgou). Chez les Flamands, les toits descendent très bas du côté des vents dominants (P. Gourou, 1973). Ainsi, comme l'écrit M. Boko ( 1988) le souci majeur des peuples serait d' "offrir une moindre surface au vent".

## 2) Habillement et Alimentation

L'habillement et l'alimentation sont des faits culturels qui sont propres à chaque peuple ou à chaque groupe socio-linguistique. Ces faits de civilisation participent aussi au bien-être des populations tant du point de vue climatique que sanitaire. Ils trouvent donc leur place dans cette étude.

Les populations de l'Atacora sont vêtues légèrement du fait de la chaleur constante et de leur culture. Dans les campagnes de l'Atacora, il n'est pas rare de rencontrer des chasseurs vêtus du seul étui pénien. Et d'une manière quasi générale les hommes sont torse nu et les jeunes enfants totalement nus (Photo 5). Toutefois l'habillement est de règle dans les petits centres urbains mais pas toujours dans les villages. Pour 60,8% des personnes interrogées lors de nos enquêtes de terrain, les enfants ont l'habitude des vêtements à la maison mais pour 39,2% c'est le contraire. Ces enfants, après s'être amusés dans le sable ou la terre toute la journée, vont se coucher sans se laver. Cela pose un problème d'hygiène qu'on peut retrouver dans le domaine de l'alimentation.



### **a) Problèmes liés à l'alimentation et à l'approvisionnement en eau**

Au Bénin en général et dans l'Atacora, c'est la femme qui doit préparer les aliments et faire le ménage. Ainsi tous les matins, avec les enfants, elle approvisionne la maison en eau. L'eau est puisée dans les marigots, les puits ou les fontaines publiques. Les eaux des marigots et puits sont loin d'être saines et potables, à cause des ustensiles utilisés qui ne sont pas toujours propres, de la manière dont l'eau est prise au marigot et de la position de ce dernier souvent proche des sources de pollution (les femmes mettent les pieds dans l'eau du marigot). Les marigots sont, en effet, des réceptacles des eaux de ruissellement qui y drainent toutes sortes de déchets. Ainsi, nous avons affaire à des eaux souvent polluées. Tout ce qui précède pose **le problème d'hygiène et de pollution et contribue certes, avec le fait d'aller pieds nus, à l'endémicité de la diarrhée dans l'Atacora**. L'eau entreposée dans des jarres (qui servent aussi à recueillir l'eau pluviale) à côté des cases ou dans les cuisines, sert à la boisson et à la préparation des aliments.

La base alimentaire des populations de l'Atacora est constituée de pâte de sorgho, de petit mil et d'igname (igname pilée ou *Tchokuru*). La pâte est accompagnée de sauces faites souvent de moutarde de nété, de beurre de karité ou d'huile (d'arachide, de palme ou de palmiste), de gombo, de tomates, de piment, de fruits du faux acajou, de tamarinier, des feuilles de baobab, de kapokier, de haricots et d'autres composants auxquelles on ajoute de la viande, du poisson et du fromage. D'autres aliments viennent en complément. Ce sont les légumineuses (niébé, voandzou), la patate douce, le manioc, le pois d'angole, le maïs et le riz. La disponibilité des céréales de base n'est pas toujours garantie toute l'année. En conséquence, la pâte d'une seule céréale (ou d'igname) est dominante pendant une grande partie de l'année : la pâte de sorgho est consommée surtout de décembre à mai-juin, celle du petit mil de juillet à septembre et le *tchokuru* en octobre-novembre. Ce régime est bien sûr lié au calendrier des récoltes. Le riz et le fonio sont surtout consommés lors des fêtes et des cérémonies du fait qu'ils sont considérés comme des aliments nobles, voire de luxe. Cependant, de plus en plus, la population consomme le riz, notamment les enfants à l'école, et les

ouvriers sur les lieux de travail, ce céréale étant de préparation facile. Par ailleurs, le pain de blé se propage partout, surtout dans les villes, les villages n'en étant pas privés.

Les céréales (sorgho, mil, voire maïs) servent à faire, outre la pâte, de la bouillie ou de la bière locale, le *tchoukoutou*, très apprécié des Atacorians. Les tubercules (igname, patate douce, manioc..) sont consommés bouillis ou frits, accompagnés d'une mixture d'huile et de piment ou de tomate.

Les légumineuses (haricot et voandzou) servent aussi à préparer des beignets ou une purée assaisonnée dans laquelle on peut mettre de la viande. Mais en général, les fruits sont pratiquement exclus de l'alimentation quotidienne, et la viande est peu consommée. Le boeuf est d'ailleurs réservé aux grandes cérémonies. On entend souvent nos parents dire que la viande ne rassasie pas. En conséquence, un peu dans la sauce lui donne un bon goût, et ce serait suffisant. La même idée a plus ou moins cours dans l'Atacora puisque "la viande est un mets d'honneur et de gourmandise. Un jeune homme ne doit pas s'en servir en présence d'un vieux... La viande n'est pas bonne pour eux.... C'est cela qui rend faibles les hommes aujourd'hui" (P. Mercier, 1968). La logique voudrait donc que soient réservés aux personnes âgées les aliments protidiques d'origine animale. Une telle attitude pénalise très lourdement les jeunes et en particulier les enfants qui en ont besoin (2,5 g par kg de poids et par jour) pour leur développement. Ils sont donc exposés à la malnutrition. Pour nos argumentations, n'ayant pas effectué d'enquêtes spécifiques, nous nous en tiendrons à des constatations. Il est donc courant de trouver dans les villages des enfants avec un ventre ballonné (signe de malnutrition). Et souvent, les enfants durant le sevrage contractent la diarrhée (dite diarrhée de sevrage) du fait des mauvaises conditions d'hygiène. La diarrhée occasionnant la déshydratation met ces enfants dans une position de malnutris. Quand ils arrivent à survivre, ils sont confrontés au retard de croissance ou à une baisse de leur intelligence et sont fragilisés quasi en permanence. **Ces enfants malnutris sont donc mal préparés à résister aux ambiances climatiques nocives et aux maladies.** Une légère baisse de température et les voilà couchés pour cause de refroidissement et de fièvre. Ces problèmes montrent ce que peut être la situation nutritionnelle du département.

## **b) Situation alimentaire de l'Atacora**

L'analyse de trois études faites dans l'Atacora (DANA, 1989; LARES/ONG/GTZ, 1992; M. Tovo, 1995) nous permettra de disposer d'éléments plus précis sur la situation alimentaire de ce département, ne possédant pas de données d'enquêtes personnelles. Elles ont montré que les difficultés alimentaires sont inégales dans la région et suivant les saisons. Les travaux distinguent un secteur fortement excédentaire (Bassila, Djougou), un secteur moyennement excédentaire (Natitingou, Kouandé, Kérou), un autre moyennement déficitaire (Tanguiéta, Cobly, Materi et Boukoumbé) et un secteur fortement déficitaire (Porga, Dassari). Cette géographie de l'alimentation est liée aux conditions naturelles de production et à l'importance de la production vivrière des sous-régions considérées. Deux exemples pris, l'un à Materi et l'autre à Boukoumbé, permettent de préciser la consommation alimentaire et la situation nutritionnelle de l'Atacora.

A Materi, la consommation de mil est en moyenne de 266 g par jour et par individu, celle du sorgho et de l'igname est respectivement de 193 g et de 200 g, à quoi s'ajoutent 47 g pour les légumes et 19 g pour la viande. Il semble que, dans ce cas, les besoins moyens en énergie soient couverts à 102% (DANA, 1989). A Boukoumbé, 301 grammes de sorgho sont consommés par jour et par individu contre 31 grammes de riz, de mil et d'igname, 21 grammes de légumes et 10 grammes de viande. Ici le régime alimentaire fournit 2236 kcal/j/individu (DANA, 1989) et les besoins énergétiques ne seraient couverts qu'à 94%.

Il apparaît donc que globalement la situation alimentaire du département n'est pas désastreuse au regard des besoins énergétiques des populations. Mais c'est plus un problème de balance nutritionnelle qui touche la plupart des populations. La malnutrition se traduit en général par le déséquilibre dans la structure alimentaire et par les déficits pondéraux constatés tant chez les adultes que chez les enfants. Le déséquilibre de la structure alimentaire est dû au fait que la ration alimentaire est constituée presque exclusivement de glucides (céréales, tubercules) et de lipides, l'apport protéique y étant le plus souvent insuffisant. Quant aux déficits pondéraux, on

constate que les poids se situent en moyenne entre 86 et 95% de la norme OMS (DANA, 1989). Cette norme est fixée pour les hommes ~~est~~ à 63,5 kg (entre 56 et 71 kg) et à 53,5 kg (entre 47 et 60 kg) pour les femmes. La période critique de l'année est celle de la soudure pendant la saison des pluies, juste avant la maturation des cultures et leur récolte. Pendant cette période, nous ne pouvons pas parler de manques alimentaires mais plutôt d'insuffisance. Cette insuffisance oblige les populations au rationnement afin de ne jamais en manquer totalement. Une situation préoccupante peut aussi être réalisée, de façon durable, à la suite de mauvaises récoltes récurrentes.

### **3 - Les activités économiques**

#### **a) Une agriculture familiale où dominant les cultures vivrières**

L'agriculture est de très loin l'activité économique dominante comme c'est le cas dans tout le Bénin. Elle emploie environ 75% de la population de la région et est pratiquée sur de petites exploitations familiales. Les cultures dominantes sont l'igname, le mil ou sorgho, le manioc, les légumineuses, les arachides, le coton et le maïs. L'élevage pratiqué est de deux types : l'élevage de case est celle des habitations et dont les bêtes divaguent (ovins, caprins, porcins et oiseaux de la basse-cour); l'élevage transhumant qui est surtout celui des boeufs est entre les mains des Peulh.

Il convient de préciser que le premier bien de production de l'agriculture est la terre. Dans l'Atacora, les surfaces cultivables existent et sont exploitées par des familles. Mais ces surfaces ne peuvent être vraiment productives qu'en combinaison avec d'autres facteurs, naturels et humains.

Les conditions climatiques sont primordiales au développement de l'activité rurale: elles règlent le rythme culturel dans cette région. Le paysan du nord n'a qu'une seule saison agricole alors que le paysan du sud peut s'attendre à une deuxième. En conséquence, tout retard dans l'installation des pluies est très inquiétante. Dans l'Atacora, l'agriculture est souvent confrontée au problème de démarrage et de répartition des pluies, même si en général la lame d'eau annuelle tombée est suffisante

(1000-1250 mm) pour les cultures à l'exception de quelques années où le déficit pluviométrique se répercute sur le bilan d'eau des sols.

Les sols (comme on l'a vu) sont, en général, ferrugineux et peu fertiles. Dans la plaine du Gulma, les sols ferrugineux faiblement concrétionnés sont favorables à l'arachide, au mil, au fonio, et aux légumineuses, alors que les sols argileux sont plutôt consacrés à l'igname et au riz. Dans le sud de la plaine, autour de Boukoumbé, les sols ferrugineux tropicaux sur cônes d'éboulis, très concrétionnés, sont très exploités par les paysans et portent du fonio, du mil et des légumineuses. Mais ils exigent un apport d'engrais, tout comme les sols de la chaîne atacorienne. Les sols minéraux bruts et les sols ferrugineux du piémont nord-oriental, exploités par les Baatombu pour la culture du coton, ou ceux du piémont sud-oriental, surexploités par les agriculteurs Yowa, demandent un apport d'engrais pour un rendement meilleur. La plupart de ces sous-régions fortement exploitées (piémont sud-oriental de la chaîne atacorienne, partie méridionale de la plaine du Gulma) sont aujourd'hui caractérisées par des terres totalement appauvries et perdent une partie de leur population pour exode rural. Ce sont surtout les jeunes qui s'en vont.

### **b) Des pratiques culturelles traditionnelles, peu rentables**

Dans l'ensemble de l'Atacora, la technique du brûlis est la première action; vient ensuite soit le binage soit le billonnage ou le buttage. Le travail des champs est familial. Mais l'on organise aussi une journée où un groupe d'amis généralement de même génération que le propriétaire vient travailler dans le champ de ce dernier. Ce groupe de travail est ce que l'on appelle "association d'entraide". Généralement, on sollicite l'aide de l'association quand on est débordé par les travaux de billonnage, de buttage ou d'entretien des cultures. Le calendrier agricole se caractérise globalement par :

- la préparation du sol (buttage et autres) en décembre-janvier-février-mars, voire avril,
- le temps des semailles en avril-mai-juin,
- l'entretien des cultures en juin- juillet-août,

- et les récoltes débutant en fin octobre-novembre.

Quand des terres vacantes existent, les paysans pratiquent la culture itinérante sur brûlis. Les champs sont soit contigus aux habitations, soit distants de plusieurs kilomètres. Suivant les différents peuples, les paysages agraires varient sensiblement.

\*Ainsi, chez les **Bétammaribè et les Waaba**, les champs s'étendent autour des "tatas" et les terroirs sont occupés en permanence. Il n'existe pas de jachère. A chaque saison, les mêmes parcelles sont utilisées, car les terres cultivables sont peu étendues du fait des affleurements quartzitiques et des nombreuses surfaces cuirassées. L'étendue de ces surfaces reste l'expression des ravages faits par l'érosion pluviale ou éolienne (annuellement, l'Atacora perd 12,3 tonnes de terres cultivables, (PAE, 1993 cité par M.Tovo,1995) et de l'encuirassement du fait du déboisement accru. Le paysage est complètement déboisé, seules survivent dans les champs quelques essences utiles qui procurent un complément d'aliments, de substances médicinales et de matières premières pour l'artisanat (*Bytuospermum parkii* ou *Vitterallia paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Indigofera tinctoria*..).

Les cultures, souvent associées, sont faites sur des soles binées ou sur des billons. Les associations culturales suivantes dominant : mil-arachide; mil-haricot (ou voandzou); maïs-arachide; manioc-arachide; mil-manioc. L'igname, dans les bas-fonds ou les vallons, est plantée sur de grosses buttes afin de mieux conserver l'eau dans le sol et d'éviter les ravages causés par la montée brutale des rivières et des ruisseaux à régime de type torrentiel.

Dans la plaine du Gulma, on note une différence entre le nord et le sud. Dans les sous-préfectures de Tanguiéta, Matéri et Cobly, les champs s'étendent de la cour des concessions jusqu'à une distance de 2 à 5 km. Les cultures en association sont: igname, arachide, mil ou fonio. Le riz et quelques cultures maraîchères occupent les bas-fonds. Sur les pentes des collines de la plaine de Boukoumbé, les labours sont parallèles aux courbes de niveau du bas jusqu'au sommet du relief, de manière à

occuper tout l'espace, tout en luttant contre l'érosion du sol, ici peu épais. C'est le paysage agraire type des Kabyè du Togo que l'on retrouve ici.

\* Chez les **Baatombu**, la pratique du brûlis est généralisée. C'est la phase préparatoire au billonnage et au buttage sur les terres concrétionnées du piémont nord-oriental de l'Atacora, couvert de savane arborée à *Anogeissus leiocarpus*, *Adansonia digitata*, *Lophira lanceolata*, *Bombax costatum*. Les buttes de grande taille portent l'igname, le sorgho et le mil. Les champs, de dimensions moyennes (1 à 4 ha) ne sont pas contigus aux villages, ils sont plutôt dispersés dans la brousse. Les exploitations d'une cellule familiale couvrent une aire continue et regroupent les champs en cultures et les jachères, où le système rotation-assolement semble très rigoureux. Mais les exploitations des cellules d'une même famille ne se juxtaposent pas et l'on a l'impression d'un finage flou..

\* Chez les **Yowa**, le paysage agraire s'apparente à celui des Baatoribu : les champs sont éloignés des concessions (3 à 7 km du village). Les Yowa confectionnent des buttes géantes et pratiquent l'association des cultures avec jachère. Mais le milieu est si dégradé que l'émigration est souvent le seul recours.

. Les Tanneka, sur le même espace sud-oriental de la chaîne atacorienne, aux sols ferrugineux tropicaux, caillouteux mais faiblement concrétionnés, pratiquent une agriculture quelque peu originale : les champs contigus, de surface réduite, s'étendent jusqu'aux abords des maisons et l'association des cultures y est très poussée : chaque billon porte plusieurs cultures à cycles végétatifs différents avec prédominance de l'igname et du mil.

Parmi les cultures pratiquées dans la région, trois ont été introduites dans le second quart du 20<sup>e</sup> siècle : l'arachide a été introduite dans la subdivision de Natitingou en 1935, par le régime colonial afin de faire entrer l'agriculture atacorienne dans l'économie de marché. L'introduction du maïs et du manioc a été réalisée pratiquement à la même période, dans le but de diversifier les cultures vivrières et de conjurer les soudures difficiles et parfois la famine. Ce fut d'ailleurs la famine de 1942, au cours de laquelle on dût importer en masse du maïs en provenance du Dahomey

méridional qui emporta l'adhésion à cette culture nouvelle, tandis que le manioc avait été introduit peu avant la seconde guerre mondiale (P. Mercier, 1968).

Dans l'ensemble, l'agriculture atacorienne demeure très traditionnelle et peut-être beaucoup plus arriérée que dans les autres régions. Les outils aratoires rudimentaires (houe, hache, coupe-coupe), qui exigent du paysan de gros efforts physiques, sont encore dominants, voire exclusifs, malgré l'introduction de la culture attelée au Bénin depuis le Cameroun en 1963 (J. Pérard, 1993) et dans le département vers la fin des années 70.

La culture attelée procure des avantages certains à son utilisateur : Il gagne en temps de travail comme le montre le tableau 8.

**Tableau 8** : Gains en journées de travail à l'hectare par type de culture grâce à l'attelage dans l'Atacora. (*Nota bene* : une journée de travail dure 4 à 6 heures)

Cultures	Journées de travail		Gains (1-2)
	Travail manuel 1	Culture attelée 2	
Sorgho	70	14	56
Arachide	105	14	91
Igname	195	34	161
Coton	119	19	100
Maïs	75	12	63
Niébé, Voandzou	75	14	61
Riz	150	20	130
Fonio	65	20	45
Manioc, Maraichage	230	180	50

Source : Agbo Valentin (1977), modifié

La culture attelée fait gagner au paysan 56 journées de travail pour le sorgho, 91 pour l'arachide, 161 pour l'igname, 130 pour le riz et 100 pour le coton.

Malgré les avantages, ce système est très peu adopté par la population atacorienne. En 1981-1982, seulement 12,08% des superficies étaient travaillées avec un attelage. En 1988 on comptait 3.600 attelages contre 2.084 en 1983, soit une augmentation brute de 1516 attelages en 5 ans (A. Adégbidi, 1992). Cette nette progression en si peu de temps serait liée aux campagnes de sensibilisation organisées par les centres de formation comme Tampégré près de Natitingou et par le

Centre Régional pour le Développement Rural de l'Atacora (CARDER/ Atacora) qui ont déployé des efforts pour introduire de nouvelles techniques de production et de nouvelles semences. Malgré ces progrès, la culture attelée est minoritaire. Cette situation serait due au relief accidenté de l'Atacora, qui rend difficile le travail attelé sur les surfaces sommitales de la chaîne atacorienne aux sols caillouteux et peu profonds et aux pentes abruptes; par ailleurs, c'est un investissement coûteux pour les paysans très pauvres; de plus les traditions, les mentalités paysannes dévalorisent parfois l'utilisation de l'attelage. Dans la plaine du Gulma par exemple, les jeunes paysans traitent "d'incapables" ceux qui acceptent d'adopter la culture attelée pour les labours. Dans cette sous-région, les travaux champêtres sont soutenus par des "associations d'entraide" et cette technique peut désorganiser une pratique séculaire à laquelle est attachée une partie de la population. Enfin, l'attelage induit de nouvelles et contraignantes charges : la culture attelée est très exigeante. Le paysan doit être capable d'entretenir une paire de boeufs et d'accroître la superficie cultivée. Et Il faut apprendre au préalable à conduire l'attelage dans un centre d'apprentissage (par exemple, Tampégré à Natitingou).

### **c) Production et revenu moyen de l'agriculteur**

Compte tenu des conditions naturelles et des pratiques culturelles, le rendement agricole est le plus souvent très faible, même si dans l'ensemble la production s'accroît d'année en année, comme l'atteste le tableau 9 :

La production de céréales est passée de 53.704 t en 1985 à 82.208 tonnes en 1990; celle des tubercules (igname, manioc) de 382.299 à 492.683 tonnes, et celle des légumineuses (haricot, voandzou), de 8.980 à 12.951 tonnes dans la même période.

Au-delà de ce constat d'augmentation de la production, il apparaît que le sorgho, le mil, le maïs, les tubercules, les légumineuses et le coton connaissent une nette progression, alors que le riz, le fonio et l'arachide sont en régression.

**Tableau 9** : Atacora : Production agricole et pastorale (Prod.), et rendement à l'hectare (Rendt) lors de certaines campagnes - (1981 - 1990)

Années Cultures	1981-1982		1985-1986		1986-1987	
	Prod	Rendt	Prod	Rendt	Prod	Rendt
mil	---	---	8.749	541	11.979	665
sorgho	51.336	625	29.374	743	35.758	631
maïs	---	---	12.694	963	---	---
fonio	---	---	2.897	645	3.299	681
igname	---	---	316.611	11.938	395.737	12.958
manioc	336.745	---	65.688	8.971	71.906	9.839
haricot	---	---	---	---	5.545	507
voandzou	---	---	3.764	637	3.435	616
arachide	---	---	5.694	785	7.925	887
coton	4.876	---	7.251	1.137	11.720	1.239
riz	---	---	4.407	1.185	6.050	1.113
bovins	194.272		221.150		230.207	
ovins	107.115		115.110		120.217	
caprins	151.155		154.216		160.926	
porcins	13.210		16.317			

**Tableau 9 (suite)- Atacora : Production agricole et pastorale, et rendement à l'hectare lors de certaines campagnes (1981-1990).**

Années Cultures	1987-1988		1988-1989		1989-1990	
	Prod	Rendt	Prod	Rendt	Prod	Rendt
mil	12.967	623	13.400	575	15.429	687
sorgho	40.538	850	38.880	745	41.404	826
maïs	16.870	850	22.457	1.047		
fonio	3.657	700	3.342	575	2.918	641
igname	425.243	13.000	413.342	12.430	380.688	12.406
manioc	75.680	10.000	111.500	12.770	111.995	11.494
haricot	6.274	500	6.962	490	8.282	595
voandzou	4.389	650	4.105	600	4.669	603
arachide	11.058	800	11.950	913	9.318	966
coton	5.500	1.300	13.382	1.215	10.629	1.138
riz	6.554	1.200	7.277	1.080	6.235	1.289
bovins	239.150		248.115		289.174	
ovins	131.496		142.930		155.359	
caprins	167.725		182.163		198.163	
porcins	25.216		33.215		44.816	

Source : Rapports annuels DEP/MDR/ CARDER Atacora

Légende : Prod = Production en tonnes ou en têtes de bétail

Rendt = Rendements (kg/ha)

--- données manquantes

Cette situation est due à l'enclavement et au découragement des paysans (difficultés d'évacuer la production d'arachide), à la concurrence que livre au riz local le riz importé, souvent mieux fait mais certainement moins nourrissant que le premier.

Très difficile à travailler pour la cuisson, la préparation du fonio est entrée dans les anecdotes.

Avant de se marier, la jeune fiancée doit offrir à ces futurs beaux-parents un plat de fonio cuisiné et un seul grain de sable trouvé dans la nourriture lui fait perdre le fiancé. Cette céréale est donc aujourd'hui de consommation très réduite dans le milieu.

Par ailleurs, le rendement est particulièrement faible pour les céréales et les légumineuses: il est inférieur à une tonne à l'hectare (500 à 900 kg /ha) alors que, dans le Bénin méridional, il atteint 700-1200 kg à l'hectare pour le maïs (V. Pfeiffer, 1988). Le faible rendement entraîne un faible revenu agricole du fait aussi des prix bas.

Nous avons essayé d'estimer le revenu agricole annuel pour l'ensemble du département et pour le paysan (Tableau10), en partant de la production agricole du département, de la population agricole estimée à 327.927 habitants (52% de la population totale de la région) en 1989-1990 et du prix moyen par kilogramme de quelques produits agricoles (prix relevés en décembre 1989 sur les marchés de la région).

Dans l'Atacora, le revenu annuel moyen de l'agriculteur est de 66.309 F.CFA (soit 663,09 FF). Mais tel qu'il est calculé, ce revenu brut ne permet pas d'appréhender le revenu réel du paysan. Il peut le surestimer ou même le sous-estimer parfois. Un seul agriculteur ne peut pas faire en une année toutes ces cultures. C'est pourquoi nous allons envisager quelques combinaisons possibles. Ainsi, le paysan qui aurait fait maïs-arachide-igname-coton pourrait avoir un revenu de 55.288FCFA. Une autre combinaison (fonio-mil-arachide-igname) aurait donné 53.067 FCFA. Mais le paysan qui aurait cultivé sorgho-maïs-arachide-haricot-fonio ne pourrait obtenir que 12.951 FCFA. C'est le plus faible revenu et cela est bien possible.

**Tableau 10:** Revenu agricole annuel moyen en 1989 dans l'Atacora  
(F. CFA = 1 centime= 0,01FF)

Cultures / Revenu	Prix/kg (1)	Atacora (2)=(1)*Production	Agriculteur (3)=(2)/Pop. agricole
sorgho	46 F CFA	1.904.584.000	5808
maïs	35 F	742.000.000	2263
mil	55 F	848.595.000	2588
fonio	68 F	198.424.000	605
arachide	77 F	717.486.000	2188
haricot	80 F	662.560.000	2020
igname	41 F	15.608.208.000	47596
coton		1.062.970.000	3241
Total		20.681.857.000	91.367

Le revenu moyen le plus vraisemblable se situerait vers 55.000 FCFA. Ce chiffre se rapproche du revenu moyen du paysan de la région méridionale du Bénin qui a été évalué à 53.100 F.CFA en 1987 et projeté à 54.400 F.CFA en l'an 2.000 (V. Pfeiffer, 1988). Une étude de la Banque Mondiale a montré qu'en 1987 les dépenses moyennes par habitant dans le nord rural du Bénin est de 47.968 FCFA (M. Tovo, 1995). Ce chiffre ne s'écarte pas beaucoup du revenu moyen du paysan de l'Atacora. Au vu de ces faibles revenus annuels, les atacoriens sont pauvres et l'état de pauvreté a des conséquences certaines sur la santé des populations. Quant à la production agricole, elle n'arrive pas toujours à satisfaire convenablement les besoins des populations et à ravitailler les autres secteurs de l'économie.

#### **d) Les autres secteurs de l'économie**

Le secteur industriel est peu développé. Il est surtout lié à la transformation des produits agricoles, à l'exploitation des richesses naturelles comme les placers aurifères de Perma, ou les ressources hydro-électriques de Yéripao. On compte une usine d'égrenage de riz, une de décorticage d'arachides, surtout des boulangeries et une

petite centrale hydroélectrique sur le Yéripao non loin de Natitingou. L'usine de concentré de tomate et de jus de mangue n'est plus en activité. Elle a fermé après la sécheresse de 1983 non seulement faute d'un approvisionnement suffisant et régulier en matières premières mais aussi et surtout à cause de la mauvaise gestion.

Il existe, par ailleurs, des activités artisanales comme le tissage, la vannerie, les boulangeries artisanales qui alimentent surtout le commerce local.

Au total, ces quelques activités occupent une main-d'oeuvre peu nombreuse qui parfois, comme dans les usines de décorticage et d'épiage ou les boulangeries, travaillent dans des conditions difficiles, avec de faibles salaires.

Dans l'Atacora, le commerce est entravé par l'inadaptation ou l'insuffisance des infrastructures de transport, et par le niveau de revenu très bas de la population. Ce sont surtout les Dendi, les Haoussa, les Yoruba qui s'adonnent à cette activité. Ces groupes socioculturels ont une tradition urbaine du fait de leurs origines liées soit aux grands empires ouest-africains (Mali, Songhaï) soit aux villes yoruba (Oyo, Ifè, Abèokuta) et haoussa (Sokoto) du Nigéria. Dans ces cités-royaumes ou cités-empires, les activités de service étaient déjà développées. Ces peuples ont gardé cet héritage culturel en matière de commerce. Même si on note quelques boutiques dans les chefs-lieux de sous-préfectures, la majeure partie de l'activité commerciale s'effectue sur les marchés locaux où sont vendus les produits agricoles et manufacturés. Tous les chefs-lieux de sous-préfectures ou de circonscriptions urbaines ont leurs marchés qui se tiennent tous les quatre ou cinq jours, ou une fois par semaine sous des hangars ou sous des arbres ou encore à ciel ouvert (photo 6), même par temps de pluie accompagnée de rafales de vent.

Photo 6 : Animation du marché local de Manta



Le marché joue un grand rôle socioculturel, on y vient pour traiter des affaires. Il est un lieu de rencontres entre adultes pour régler tacitement un contrat de mariage entre familles ou pour fixer les dates de cérémonies, et aussi entre les jeunes de différents villages pour nouer des amitiés (Ch. S. Houssou, 1997). Le jour du marché est d'une telle importance qu'on peut parcourir de longues distances (par exemple, Perma-Natitingou : 12km; Toucontouna-Natitingou : 23km) à pieds ou dans des conditions difficiles pour arriver au marché.

Le calendrier des multiples marchés dans l'Atacora relève de la complémentarité des unités d'espace et peut-être aussi de l'enclavement, la région étant à peu près dépourvue de bonnes routes.

La seule route bitumée dans l'Atacora est la voie Parakou-Djougou-Natitingou; tout le reste est en terre. L'état de ces pistes est défectueux, particulièrement pendant la saison pluvieuse: elles sont boueuses, coupées par les eaux de ruissellement, ce qui ne permet pas un déplacement aisé. Il en est ainsi des voies RNIE N°3 (Bassila-Djougou : 90 km), RNIE N°6 (Djougou-Ouaké-Sonahoulou : 45 km), RN N°6 (Djougou-Dongha : 32 km), RN N°7 (Tobré-Kouandé-Natitingou-Boukoumbé-Korontière : 180 km), RN N°8 (Djougou-Péhounco-Kérou : 158 km) et RN N°9 (Tanguiéta-Cobly-Datori : 69 km), malgré le programme de réfection des voies, exécuté chaque année dans le cadre du Projet pour le Développement Rural de l'Atacora (PDRA) (Fig. 34).

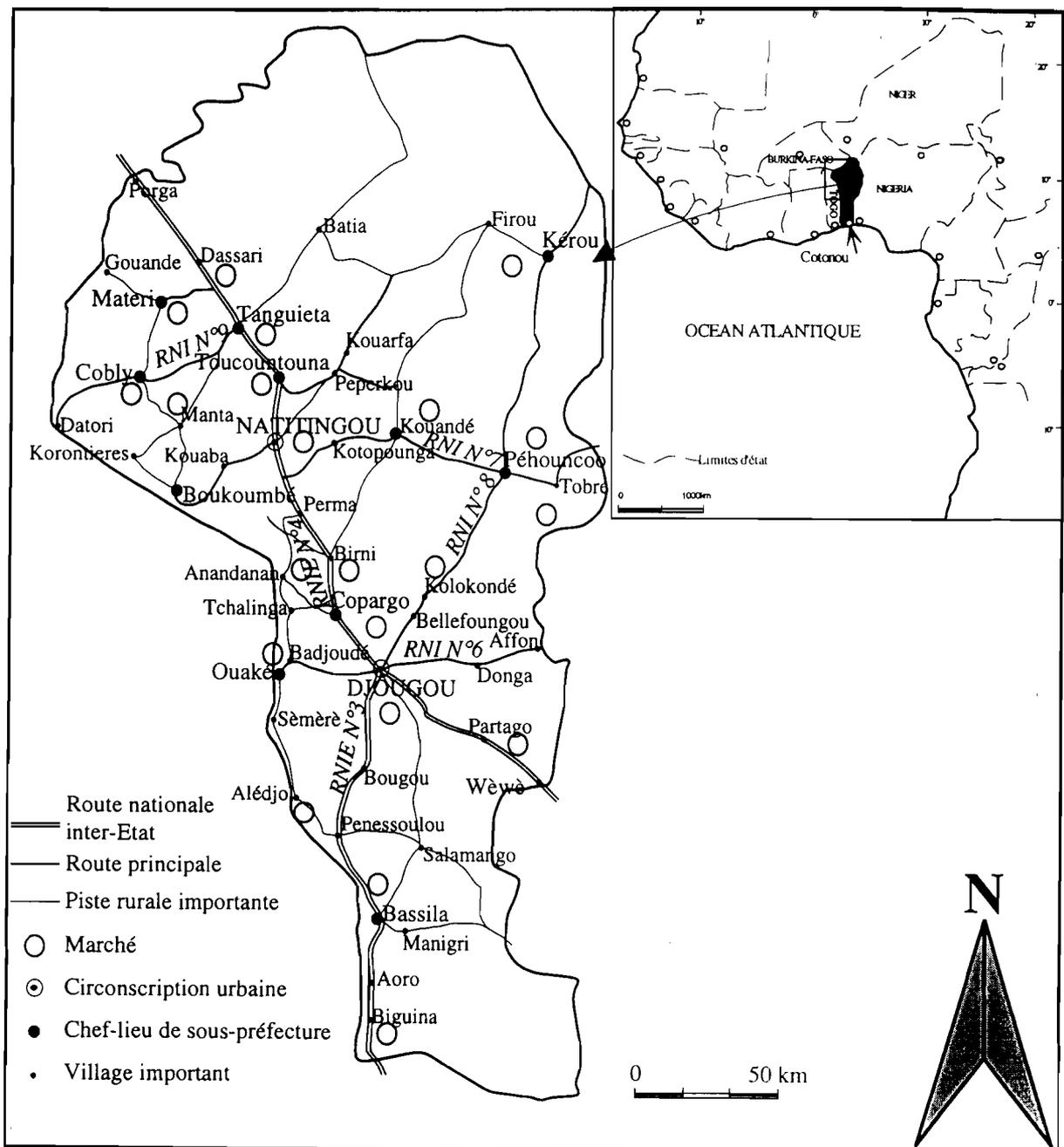
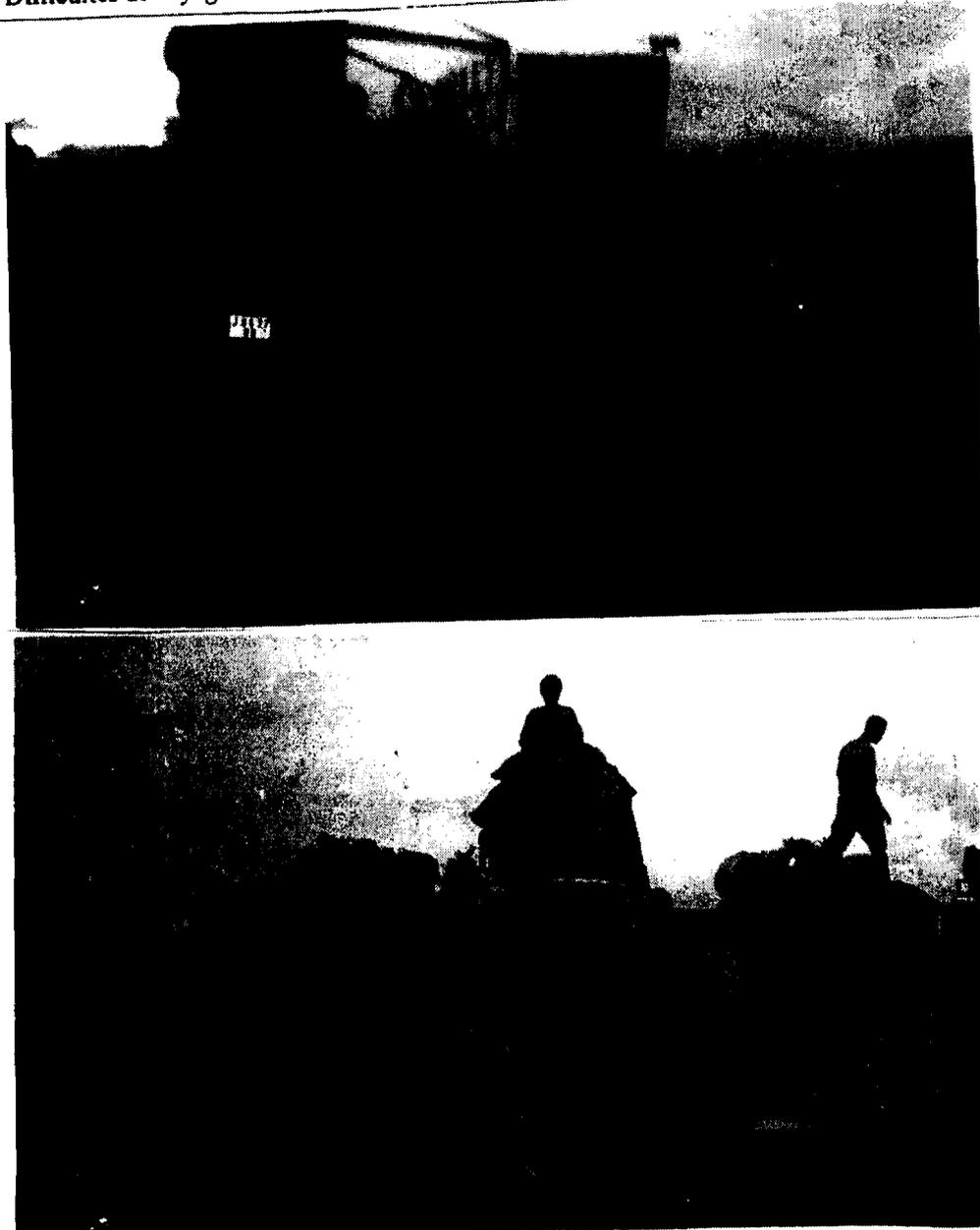


Fig. 26: ATACORA. ROUTES, PISTES RURALES ET QUELQUES GRANDS MARCHÉS

Ajoutons que les véhicules "taxis" sont le plus souvent en état de délabrement et toujours surchargés, tant en passagers qu'en marchandises (Photo 7). une voiture de cinq places a huit voyageurs à bord; celle prévue pour neuf en prend douze et celle qui doit prendre dix-neuf en compte vingt-six, au mépris de la sécurité des passagers et à l'indifférence des agents de sécurité. L'entassement, l'inhalation des poussières et les multiples secousses constituent ici un facteur de risque pour les passagers. Cette déficience des transports aggrave à plus d'un titre la situation sanitaire de la région.

Photo 7: Difficultés de voyage: véhicules défectueux, inadaptés et surchargés en bagages et en passagers



Au vu de l'état critique des différents secteurs de l'économie atacorienne, il serait inconvenant de parler d'évolution favorable malgré les actions des gouvernements successifs et de l'assistance étrangère. Les interventions ont été, en effet, très nombreuses et le secteur privilégié a été celui du développement rural, en tant que secteur dominant de l'économie du Bénin et de l'Atacora. Les actions ont pour but la vulgarisation de nouvelles méthodes culturales et de semences, le maintien en bon état des dessertes rurales, l'accroissement des rendements et la production des cultures

vivrières et de rente. Ce sont les objectifs assignés au Projet de Développement Rural de l'Atacora (PDRA) financé depuis 1984 par la Banque Mondiale, le PNUD, la FAO et la BOAD.

L'élevage a été financé depuis 1987 par la GTZ (Allemagne) dans le cadre du Projet Elevage GTZ /Atacora. L'action du projet a consisté à faire en sorte que l'éleveur adopte de nouvelles habitudes (faire appel au vétérinaire pour les soins ou la vaccination de ses bêtes, ou simplement lui demander des conseils) et à éviter aux éleveurs la longue transhumance en mettant à leur disposition des points d'eau permanents où les bêtes peuvent s'abreuver. C'est dans ce cadre que des retenues d'eau ont été construites par le projet dans les sous-préfectures de Kérou, Kouandé et Wassa-Péhounco. Il semble que le volet "sensibilisation" a porté ses fruits puisque le Peulh fait de plus en plus appel au vétérinaire. Mais les retenues d'eau sont affectées par l'ensablement.

Mentionnons d'autres actions économique, sociale et de formation comme le financement, par le PNUD, du Projet de Développement Rural Intégré (PDRI) dans l'Atacora pour la formation et l'encadrement de jeunes agriculteurs. La GTZ a financé la restauration des ressources forestières dans la sous-préfecture de Bassila dans le cadre du Programme de Gestion des Ressources Naturelles (PGRN). L'Association Française des Volontaires du Progrès (AFVP) a financé le développement de la sous-préfecture de Ouaké. La Belgique a investi dans l'hydraulique villageoise à Djougou, comme la Banque Internationale pour le Développement (BID) l'a également fait dans l'ensemble de l'Atacora. Cependant l'économie atacorienne est toujours dans la léthargie.

L'économie de cette région n'a jamais connu un début de développement depuis l'indépendance en 1960. De 1960 à 1972, cette région était l'une des plus arriérées du Bénin. Très peu d'infrastructures économiques étaient en place (usine de décorticage d'arachide), les routes et pistes en terre, en mauvais état, entretenaient l'enclavement de l'Atacora. Dès l'avènement du régime marxiste en 1972, il y a eu un léger sursaut avec la création de deux usines (usine de concentré de tomates et de jus de mangues et celle d'épiage de riz) qui ont toutes échoué et l'état des routes ne s'est pas amélioré. Il faut attendre l'avènement de la démocratie libérale en février 1990 pour voir entamer

le bitumage de l'axe WèWè-Djougou-Natitingou. C'est un grand progrès qui marque le début du désenclavement économique de l'Atacora qui s'ouvre sur le nord-est. Pourtant à y voir de près, aucun changement positif n'a été observé depuis 38 ans. Cette situation, reflet de l'état économique de la nation, a des répercussions sur les infrastructures sanitaires de l'Atacora.

#### **4 - Une situation sanitaire inquiétante**

L'Atacora recense en moyenne annuelle 110 à 120 mille malades qui souffrent surtout de paludisme (29% de toutes les pathologies enregistrés), d'affections respiratoires (11%), de diarrhée-dysenterie (12%) et de parasitoses intestinales (10%). En regard, l'état des infrastructures sanitaires et celui du personnel sont très déficients.

##### **a) Infrastructures sanitaires et personnel médical**

Le département ne compte que trois hôpitaux (Fig.35), un hôpital public "modulmed" de la coopération belge et deux privés : St Jean de Dieu à Tanguéta des Oeuvres catholiques italiennes et de l'Ordre de Malte à Djougou (soutien de la coopération française).

A un niveau inférieur, on recense différentes catégories de centres de santé, en fonction de l'équipement et de la qualité du personnel. Ce sont les centres de santé de sous-préfecture (CSSP) dont trois seulement disposent d'un bloc chirurgical, les complexes communaux de santé (CCS), les unités villageoises de santé et les postes isolés ou dispensaires.

\* **Un centre de santé de sous-préfecture complet (CSSPC)** dispose des équipements nécessaires à la chirurgie et de quelques spécialistes. C'est le cas des centres de Bassila, de Kouandé et de Natitingou. Ici, le personnel est moins nombreux que dans un hôpital mais plus que dans un **centre de santé de sous-préfecture incomplet (CSSPI)**, comme pour les autres sous-préfectures. Dans ce dernier cas le centre comporte un médecin, un infirmier, une sage-femme pour s'occuper de la

maternité et un (e) ou deux aides-soignants (es), mais rien pour la chirurgie sinon juste pour la petite chirurgie (suture, circoncision...), qui est aussi pratiquée dans les complexes communaux de santé (CCS).

Dans un **Complexe Communal de Santé** (CCS) complet, on compte un infirmier (chef de poste) et une sage-femme. On leur adjoint parfois une aide soignante. Ces CCS étaient au nombre de 49 en 1991, contre 56 en 1989. La baisse de leur nombre en 1991 serait liée à l'insuffisance du personnel. En effet, du fait que depuis 1986 l'Etat ne recrute plus dans la fonction publique (à cause du Programme d'Ajustement Structurel), et lorsqu'un agent demande sa mutation ou part en retraite il n'est pas remplacé. De plus, très souvent les agents affectés dans le nord-ouest du pays refusent de rejoindre leur nouveau poste dans cette région dite déshéritée. Compte tenu de l'accroissement démographique et de l'évolution économique très défavorable, la baisse du nombre de personnel de santé contribue à dégrader la situation sanitaire de l'Atacora.

Aussi quand le CCS est incomplet, on a parfois qu'une infirmerie dirigée par un infirmier et on n'hospitalise pas les malades.

Les **Unités villageoises de Santé** (UVS) dispensent les soins de santé primaires c'est-à-dire les premiers soins ou les soins élémentaires. Dans ces unités, les agents villageois de santé (AVS) initient les paysans à la prévention du paludisme et sont en liaison avec les agents des CCS. Huit des 122 UVS fonctionnelles bénéficient de l'appui néerlandais.

Les **dispensaires** sont au nombre de 13. Ce sont généralement de petits centres médicaux ouverts par les religieuses, par exemple, Perma, Natitingou, Alédjo, Tobré ou Ouansoukou... Ces actions aident à l'amélioration de la couverture sanitaire de la région.

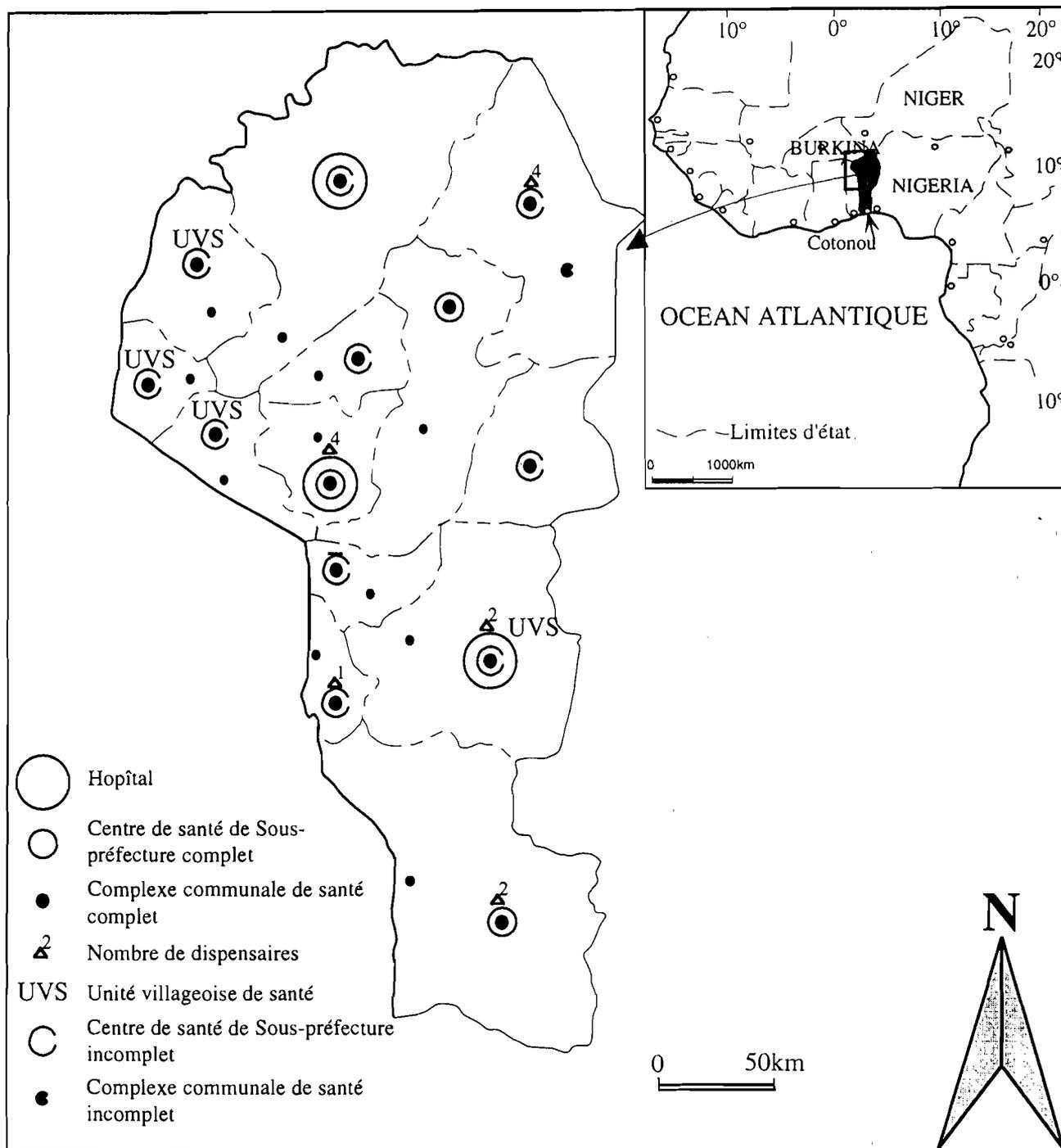


Fig. 35. INFRASTRUCTURES SANITAIRES DE L'ATACORA EN 1991

L'Atacora, comme nous l'avons déjà vu, est essentiellement rurale et mal desservie par communication. Or, les centres de santé sont le plus souvent situés en milieu urbain. Du coup, les populations rurales ont difficilement accès aux soins et aux médicaments. Cette inégalité aux soins n'épargne pas également certaines couches des populations urbaines, tels que les groupes des petits métiers (couturiers, maçons, menuisiers...) et des petits fonctionnaires (agents de bureau, instituteurs, infirmiers ou sages-femmes, garçons ou filles de salle, agents de liaison des services...) qui sont démunis par opposition aux commerçants et aux hauts cadres.

Compte tenu des 649.308 habitants du département, les 904 lits déjà installés en 1989 (687 en secteur public; 217 en secteur privé) paraissent très insuffisants. Ainsi au centre de santé de circonscription urbaine de Natitingou, des malades sont parfois couchés sur des nattes ou sur des pagnes à même le sol, à certaines périodes de l'année (harmattan, en particulier), même si la capacité annuelle du département est de 329.960 journées d'hospitalisation. Cette capacité pourrait être estimée aujourd'hui à environ 340910 journées d'hospitalisation, si l'hôpital islamique de Djougou construite en 1996, grâce à l'aide kowétienne, entrain en activité. L'insuffisance de lits au CSCU de Natitingou, à certaines périodes, serait en partie liée à la recrudescence des affections ou aussi à la préférence que les populations ont à l'égard de certains centres (du fait du coût relativement bas). Par exemple, le Centre de santé de circonscription urbaine de Natitingou est plus fréquenté que l'hôpital départemental de la même ville.

Le personnel médical est trop peu nombreux et souvent aussi la qualification très inégale. Son effectif évalué en 1991 ne dépasse pas 210 agents, dont 106 "bénévoles" qui sont souvent des diplômés sans emploi qui, pour se faire la main et ne pas oublier ce qu'ils ont appris, acceptent de travailler sans rémunération ou pour une modique somme; on recense seulement 15 médecins, 21 infirmiers diplômés d'Etat, 82 infirmiers de santé, 30 sages-femmes, et 62 aides-soignants. En 1993, l'effectif se serait accru d'un certain nombre de médecins et d'infirmiers, augmentation liée certainement au recrutement ponctuel pour un ou deux ans appelé "pré-insertion" et à celui opéré par l'hôpital Saint Jean de Dieu à Tanguiéta. Ainsi, le nombre de médecins est passé de 15 (en 1991) à 27 en 1993 et celui des infirmiers de 103 à 134. De tels changements ne peuvent modifier fondamentalement les conditions sanitaires de l'Atacora, vu l'ampleur des problèmes à résoudre. En effet, l'augmentation du nombre de médecins et d'infirmiers, entre 1991 et 1993, n'a pas pour autant amélioré la couverture sanitaire au niveau du département.

La couverture sanitaire de l'Atacora reste donc faible. En 1991, en moyenne on compte 15 lits d'hospitalisation pour 10.000 habitants, 2 médecins pour 100.000, 2 infirmiers pour 10.000 et 2 sages-femmes pour 10.000 femmes en âge de procréer. La

seule amélioration en 1993 a trait aux médecins : un médecin pour 25.000 habitants au lieu de un pour 50.000 contre 1 pour 5.000 résidents à Cotonou et à Porto-Novo, du fait de la concentration de nombreux cabinets et cliniques privés dans ces villes où se pose, en particulier, la question des médicaments.

### **b) Question des médicaments et coût des maladies**

Le but assigné aux médicaments est le rétablissement de la santé. Mais dans certains cas, on assiste à des intoxications. On ignore la provenance des médicaments et leurs conditions de conservation, s'ils sont achetés en dehors des circuits officiels de distribution. Ces produits sont devenus un enjeu socio-économique important : ils font vivre bon nombre de gens du circuit informel et sont livrés à prix relativement bas, même s'ils sont peut-être moins efficaces. dans ce jeu, l'Etat a un manque à gagner puisque l'informel ne paie pas d'impôt.

Les centres de santé disposent d'une petite pharmacie qui assure la vente des médicaments essentiels sous nom générique. Les officines privées distribuent des médicaments sous marque commerciale et les "bonnes femmes" sur les marchés locaux en vendent également (Annexes: coupures de journal). Les produits vendus par ces femmes sont importés, souvent frauduleusement, du Nigeria ou du Ghana (de marque anglaise), dans des conditions douteuses de transport et de conservation. Plus rarement, il s'agit de produits de marque française venus du Gabon et du Togo ou même achetés au Bénin. Ces produits pharmaceutiques vendus au marché local posent un certain nombre de problèmes: les principes actifs n'y sont pas toujours présents, car ils sont mal conservés et souvent exposés aux rayons solaires. Leur mauvaise qualité retarde la guérison et favorise la chimiorésistance des germes pathogènes (cas de *P. falciparum* à la nivaquine au Bénin, évoqué par G. Neuvy en 1991). Ainsi un mal anodin peut perdurer et pousser les parents vers les tradipraticiens (guérisseurs traditionnels). Ajoutons le coût élevé des médicaments, surtout suite à la dévaluation du FCFA en janvier 1994.

Le coût des médicaments pose le problème de l'accès aux soins médicaux. Le tableau qui suit nous donne une idée du coût de traitement d'une maladie.

**Tableau 11** : Le coût de traitement de certaines affections par malade.

Affections	Nombre moyen annuel de cas	Coût de traitement par cas en fonction des prix pratiqués dans les pharmacies ( F.CFA) en 1995			Dans centres de Santé
		Avant(1) dévaluation	Après(2) dévaluation	2-1	
Paludisme simple	29.098	1350	3.000	1.650	200
Paludisme légèrement compliqué	922	2.500	8.055	5.555	3.465
Affections des voies resp.	12.839	3.015	6.965	3.950	1.865
rougeole simple	1.755	2.890	7.935	5.045	975
malnutrition	838	2.300	5.965	3.665	50
méningite	334	6.500	42.000	35.500	10.000

Sources : CND/MSP; enquêtes de terrain

Comme l'indique le tableau 11, dans l'Atacora, le coût moyen de traitement du paludisme s'élève à 8055 F.CFA en 1995 contre 6.750 F.CFA estimés pour la même période par l'OMS (1996). Le coût des médicaments après la dévaluation du F.CFA de janvier 1994 a connu une augmentation de plus de 100 à plus de 200% pour le traitement du paludisme, de plus de 100% pour celui des affections des voies respiratoires et de la malnutrition et près de 200% pour celui de la rougeole. Le coût après dévaluation fait, dans l'ensemble presque 3 fois ce qu'il était avant. La dévaluation a lourdement grevé le budget déjà très modeste des populations et a accentué du coup leur paupérisation, non seulement dans l'Atacora mais également dans le reste du Bénin et dans les autres pays de l'Afrique francophone au sud du Sahara.

Depuis janvier 1994, le coût des médicaments dans les centres de santé est d'au moins 5 fois inférieur à celui des produits achetés dans les officines privées. Mais souvent, ces centres ne disposent pas des médicaments prescrits. En conséquence, la plupart des achats doivent se faire dans les pharmacies privées. Il est donc souhaitable

que les autorités du ministère de la santé mettent encore plus l'accent sur les médicaments à nom générique et que les centres de santé en soient largement dotés, leur coût étant plus accessible aux populations. A ce coût s'ajoute celui de la consultation et de l'hospitalisation.

L'évaluation de leur coût pose un problème, du fait de l'hétérogénéité des prix pratiqués dans les centres de santé pour ces prestations de service. Ces prix varient de 200 à 700 francs pour les consultations et de 300 à 1000 francs par jour pour les hospitalisations.

Considérant seulement le paludisme et les affections des voies respiratoires d'une part, et une famille moyenne de l'Atacora (7,3 personnes : recensement de 1992) d'autre part, il nous apparaît que le chef de famille devrait prévoir, chaque année, environ 130.000 F.CFA pour frais de médicaments afin de maintenir en bon état la santé des siens. Combien pourrait le faire? Cette somme est environ le double du revenu moyen annuel du paysan de l'Atacora, évalué à 66.309 francs. Aussi, malgré leur faible nombre, les centres de santé sont-ils assez peu fréquentés dans l'Atacora, comme dans le reste du pays.

### **c) Fréquentation des centres de santé, pharmacopée et religion**

Les problèmes économiques, les difficultés d'accès aux centres de santé du fait de l'état défectueux des voies et des moyens de transport amènent les populations à recourir à l'automédication et à la pharmacopée traditionnelle à cause des frais élevés de consultation, de pharmacie et d'hospitalisation (Tableau 12).

**Tableau 12** : Fréquentation des services de santé de l'Atacora (1987-1989) : % de la population totale par tranches d'âge.

âge année	- d'un an	1- 4 ans	5-14 ans	15-44 ans	45 et +	Tous âges
1987	39,68	21,01	8,74	10,87	4,86	13,2
1988	43,49	21,73	9,47	13,38	7,65	19,1
1989	56,16	26,15	11,30	14,45	11,81	23,9

Source : DPS / Atacora service statistiques

Les chiffres du tableau 12, fournis par le service Statistiques de la DPS /Atacora, confirment la faible fréquentation des centres de santé. Celle-ci est plus importante dans la tranche d'âge allant de la naissance à 4 ans, 30 à 40%, contre 10% de 5 à 45 ans et plus, et 13,2 à 23,9% toutes tranches d'âge confondues. Les campagnes de sensibilisation menée par les agents de santé et les services sociaux notamment pour des vaccinations gratuites (surtout pour les enfants de 0 à 5 ans et lors des épidémies), font augmenter la fréquentation des centres de santé qui reste néanmoins très insuffisante. Trop souvent le montant des frais, trop élevé pour le revenu de la famille empêche le recours au centre de soin.

Ces frais sont à la charge du malade. La sécurité sociale en vigueur au Bénin ne concerne que les fonctionnaires, les salariés du secteur privé formel, et leurs ascendants. Elle couvre les 4/5 des frais de consultation et d'hospitalisation pour les fonctionnaires, et 80 % des frais de pharmacie pour les salariés du secteur privé formel. Ainsi pour la majeure partie de la population, la pharmacopée traditionnelle et les guérisseurs sont les seuls recours, d'autant que des considérations culturelles et religieuses poussent aussi à consulter ces tradipraticiens.

En effet, chez les peuples de l'Atacora ( et les autres peuples du Bénin), le sens du sacré est très fort et la religion (animiste ou bien syncrétique mêlant une religion déclarée chrétienne ou musulmane et animisme) très pratiquée : La population a une culture profondément religieuse. Dans la vie courante, chacune de leurs actions est placée sous la protection de Dieu. Il en est ainsi des musulmans (234.024 pratiquants dans l'Atacora) qui invoquent Allah, des chrétiens (79.454 pratiquants) qui prient Dieu

ou Jésus et des "animistes" (287.956 pratiquants) qui implorent Dieu et les mânes de leurs ancêtres. Les Bètamaribè, par exemple, demandent la paix et la santé pour leur famille, et en début de saison agricole, de bons rendements pour leurs cultures.

La religion fait donc partie intégrante de la vie de l'Atacorien et du Béninois en général. Elle a généré en chacun une mentalité fataliste qui fait tout remettre à Dieu en cas de difficultés et supporter les situations les plus précaires. Et toute affection ou tout problème de santé, qui perdure, a une origine mystérieuse.

La maladie est considérée comme un état de déséquilibre entre l'individu et son environnement (par exemple, avec sa famille, son clan, sa hiérarchie). Quand cette disharmonie disparaît après quelques soins élémentaires, on ne s'inquiète pas de ses causes ni d'ailleurs de ses conséquences (par exemple, la contagion). Quand elle perdure, malgré tous les soins, la maladie est interprétée comme la malédiction d'un sorcier ou une punition (des mânes des ancêtres) consécutive au manquement à un interdit du clan. Il en est ainsi d'une anémie qui persiste, de la lèpre, du tétanos, de la tuberculose ou d'une plaie qui se gangrène, d'une maladie mentale, et jadis de la variole. On a alors recours au guérisseur (ou tradipraticien) c'est-à-dire celui qui connaît et applique la valeur médicinale des plantes pour soigner les malades. Il faut remarquer que contrairement aux régions du culte vodoun, on ne retrouve pas, dans l'Atacora de maladies liées aux divinités comme la variole est attachée au Sakpata, déesse de la terre.

Le guérisseur est souvent réputé pour sa connaissance des vertus médicinales des plantes. Ses méthodes de guérison relèvent aussi de rites magico-religieux (sacrifices d'animaux, incantations, libations) qui font de lui un membre du groupe des "sorciers". Même s'il est consulté, on le craint beaucoup car la marge entre ses pratiques thérapeutiques et sa capacité de nuisance n'est pas toujours facile à établir. Parfois dans certaines circonstances, il peut se comporter en escroc. L'état désespéré du malade et l'urgence nécessitée par les soins le poussent parfois à profiter du désarroi des familles en leur demandant un montant exorbitant. Mais il faut bien distinguer ici tout ce qui peut relever de pratiques de guérisseurs-charlatans des bienfaits évidents et de plus en plus reconnus actuellement de la pharmacopée traditionnelle utilisant plantes et produits naturels qui peuvent remplacer certains

médicaments inaccessibles à la population. Remarquons d'ailleurs que des chercheurs en pharmacologie ou en médecine viennent de plus en plus nombreux en missions et séjour au Bénin pour connaître et exploiter cette pharmacopée. Le tableau 13 établi à partir de nos enquêtes de terrain en offre quelques exemples de cette "médecine" traditionnelle.

**Tableau 13** : Quelques recettes provenant de la pharmacopée traditionnelle béninoise

SOINS	AFFECTIONS	PREVENTIF	CURATIF
Méningite		Consommer assez de piment *	
Varicelle, Rougeole			boire et se laver avec l'infusion de feuilles de pois d'angole ( <i>Cajanus cajan</i> ).
Diarrhée, Dysenterie			bouillir des feuilles de goyavier et boire la tisane. Sucrer les fruits de <i>Vitex doniana</i> **
Paludisme		eau de noix coco non mûre	tisane de feuilles de neems + citron : prendre un bain et boire. Infusion de feuilles de papayer: boisson et bain
Toux			feuilles d'eucalyptus: boire la tisane sucrée
Maux de ventre			écorce de <i>Morenga oleifera</i> en tisane ***
Hypertension			consommer de la moutarde de nété ou d'arachide; boire du jus d'ail écrasé
Parasitose intestinales			Consommer des pépins de papaye écrasés, consommer de l'ail écrasé : A prendre à jeûn le matin
Cataracte			poudre de cauris : en mettre quelques gouttes sur l'oeil
Insomnie			feuilles de citronnier ou d'oranger : faire bouillir et boire la tisane après le dîner

*sources : \* = informateur gulmanceba; \*\* =Adjanooun E.J. et coll., 1989*

*\*\*\* = B. L.Bio-BIGOU (1987)*

Face aux situations économiques et sanitaires très mauvaises, l'assistance étrangère a toujours été au côté de la population, aussi bien pour le soutien social que pour les actions de santé.

### **C) L'assistance étrangère dans les domaines sanitaire et scolaire**

L'un des problèmes, on l'a vu, des centres de santé officiels est leur difficulté d'accès. Très souvent l'aide médicale étrangère de proximité, par exemple, les missions les ONG, les volontaires de pays développés.. tente de répondre plus efficacement aux attentes des populations atacorienne, parfois très enclavées. Cette aide prend plusieurs formes.

Dans le domaine sanitaire, les actions visent surtout l'amélioration de l'état de santé de l'enfant et de la mère, la prévention des maladies et de la malnutrition. Ce soutien peut consister à fournir, à bas prix ou gratuitement, des doses de vaccin (contre la coqueluche, le tétanos, la poliomyélite, la rougeole, la méningite, la fièvre jaune...) ou à équiper des services de Protection Maternelle et infantile (PMI) et les Programmes Elargis de Vaccination (PEV) par l'OMS, la FAO, l'UNICEF et le PNUD. Ces appuis vont également à la formation des agents de santé en octroyant des bourses d'étude et de stage de spécialisation, à l'équipement des centres de santé. Les représentations diplomatiques (ambassades d'Allemagne, de France, des Pays-Bas et des Etats-Unis d'Amérique, par le biais de leur service des volontaires) sont aussi présentes en apportant leur aide aux lépreux, au centre des ambliopes et malvoyants de l'Atacora, en aidant à l'équipement ou à la construction de centres de santé. L'ONG américaine Cathwel/Bénin oeuvre particulièrement dans le cadre de la nutrition en organisant des séances d'éducation nutritionnelle, aspect dont s'occupe également, en plus de l'alphabétisation des femmes, l'ONG Développement Intégré de Péhounco (DIP), financée par le PNUD. Les ONG béninoises ne sont pas en marge de ces activités. C'est ainsi que Humanité-Bénin et Lions Club/Bénin fournissent lits et

médicaments aux centres de santé. A côté de ces actions sanitaires, l'assistance étrangère cherche à promouvoir des actions d'éducation.

Ces actions visent la mise en place de conditions meilleures d'étude pour les enfants. Cela implique la lutte contre la malnutrition, mais pour des infrastructures adéquates et des enseignants compétents. Contre la malnutrition, ces actions consistent à doter les écoles primaires et secondaires des zones défavorisées en cantines scolaires grâce au PAM/Natitingou. Ce fut le cas des Collège d'Enseignement Secondaire (CES) de Matéri et de Toucountouna. En ce qui concerne les infrastructures, le PNUD participe au financement de la construction des écoles, de la réfection des salles de classe (avec la participation des ambassades d'Allemagne et de France au Bénin). Ces actions devraient aider à l'amélioration des conditions de vie et de travail des populations, facteur favorable à l'épanouissement de la santé.

### **Conclusion partielle**

L'Atacora possède un climat soudanien à rythme unimodal des pluies, caractérisé par une variabilité pluviométrique et des extrêmes thermohygro-métriques. Ces caractéristiques climatiques influencent le rythme de vie des populations. La population atacorienne, jeune, à accroissement rapide, est confrontée aux problèmes de santé, de scolarisation, de chômage, de pression sur les terres agricoles, de migrations rurales et d'exode.

La fertilité du sol travaillé avec des moyens rudimentaires, ne permet pas un rendement et une production élevés, d'où un revenu faible, un problème de malnutrition, facteur de fragilisation de l'organisme et d'éclosion de maladies que favorisent, par ailleurs, les habitudes de la population comme celle d'aller pieds nus.

L'Atacora se trouve donc dans un contexte général de sous-développement dans tous les domaines de la vie socio-économique, situation aggravée par les Programmes d'Ajustement Structurel et par la dévaluation du franc CFA de janvier 1994. Recherchons le rôle qu'ont pu jouer dans cet état de sous-développement les bioclimats humains de l'Atacora.

**DEUXIEME PARTIE :**  
**AMBIANCES BIOCLIMATIQUES, RYTHMES**  
**CLIMATIQUES ET RYTHMES PATHOLOGIQUES**  
**DANS L'ATACORA**

Une ambiance climatique ou bioclimatique est une atmosphère caractérisée (chaude, froide, humide, sèche, venteuse....) qui baigne un lieu ouvert ou clos (G. Beltrando et L. Chemery, 1995) et qui peut être confortable ou inconfortable. L'intensification ou la persistance d'une ambiance d'inconfort peut occasionner la défaillance du système immunitaire de l'individu et favoriser les infections ou les infestations. Ces dernières, dans un contexte de faibles revenus comme dans l'Atacora, peuvent s'aggraver et déboucher malheureusement sur des décès. On enregistre, en effet, 35 cas en moyenne mensuelle. Le rythme moyen des décès est caractérisé dans ce milieu par deux pics, l'un centré sur juin-juillet, l'autre sur novembre-décembre. Il aurait été intéressant de poursuivre l'étude des décès par leur évolution interannuelle, mais les données dont nous disposons ne nous permettront pas de le faire. C'est un aspect que nous aborderons ultérieurement dans d'autres travaux. Cet événement douloureux dont la cause première est la maladie fonde aussi l'étude des pathologies dans ce travail de recherches.

Ainsi, cette deuxième partie s'articule autour des points suivants.

- Concept et évaluation des bioclimats humains de l'Atacora
- Complexes pathogènes, rythme global des pathologies et conditions de développement des agents-vecteurs et germes dans l'Atacora.
- Et dynamique des affections.

## **CHAPITRE TROISIEME- LE CONCEPT ET L'EVALUATION DES BIOCLIMATS HUMAINS DE L'ATACORA.**

L'être humain, comme tous les êtres vivants, est lié au milieu environnant par un ensemble de relations d'échanges physiques. Ces échanges tentent de maintenir, en toutes circonstances, l'équilibre du milieu interne de l'organisme. Selon le contexte, ces échanges peuvent être d'une ampleur excessive. C'est pour évaluer l'intensité de ces échanges qui peuvent induire des stress bioclimatiques, c'est-à-dire l'ensemble de perturbations physiologiques et métaboliques provoquées dans l'organisme par des agents agresseurs climatiques, que les physiologistes ont défini des indices bioclimatiques. Telle quelle, cette notion de stress a un sens restrictif, n'incluant pas le fait psychique qui peut résulter, dans certains cas, des ambiances ou d'événements climatiques. C'est ce que confirme J. Battan (1983) quand il écrit que le temps affecte le comportement de l'homme et son bien-être psychique mais que ce n'est pas facile à montrer.

De nombreux spécialistes ont écrit des traités sur la bioclimatologie humaine et sur son concept. Les milieux climatiques les plus étudiés sont le domaine tempéré et le domaine subpolaire, c'est-à-dire ceux où a commencé l'analyse bioclimatique, même si le milieu intertropical n'a pas été totalement oublié.

Le traité de M. Piéry (1934), en collaboration avec de nombreux géographes sur la climatologie biologique et médicale, qui est un recueil de nombreux travaux relatifs à tous les milieux climatiques du globe, a fait date et demeure un ouvrage de référence. Parmi ceux qui ont suivi, nous pouvons citer : A. Missenard (1946, 1969) qui a étudié les échanges thermiques entre l'organisme et le milieu ambiant; J. Gentilli (1958) a indiqué que l'équation biothermique de l'homme est fonction de la constitution physique, du tempérament, de la taille, du poids, de l'état de santé, de la fonction glandulaire, de l'hérédité biologique ou de l'acclimatation; W. H. Terjung (1967) a étudié les stress physioclimatiques annuels et leurs régimes aux Etats-Unis; H.E. Landsberg (1969) a mis l'accent sur le rôle du climat dans l'attitude mentale des populations; P.M. Lowry (1970) a montré que l'énergie requise pour le

maintien de la constante de température chez un homéotherme est proportionnelle à sa surface corporelle mais approximativement proportionnelle aux 2/3 de sa masse; R. E. Munn (1970) a travaillé sur les méthodes d'expérimentation et d'études biométéorologiques; R. Dubos (1973) a étudié les conditions nécessaires à la mesure des paramètres climatologiques dans les habitations; B. Givoni (1978), le confort dans les habitations (lié au temps qu'il fait) et comment isoler les maisons; G. Olivier (1980) a indiqué que c'est le rapport poids-surface corporelle qui est défavorable aux obèses, une des raisons pour lesquelles ils supportent mal la chaleur. Enfin, Ph. Mairiaux et J. Malchaire (1990) se sont intéressés aux conditions de travail en ambiance chaude.

Cependant, en France, la bioclimatologie est restée longtemps peu étudiée et depuis 1987, malgré des réticences, J.P. Besancenot se bat pour la développer, la vulgariser grâce au Groupe de Recherches du CNRS "Climat et Santé" qu'il dirige et qui publie les "cahiers de biométéorologie et de bioclimatologie humaines" du même nom. Les nombreux travaux de cet éminent chercheur (1972, 1984, 1991, 1992, 1995, 1996, 1997) sont surtout consacrés aux milieux méditerranéen et tropical pluvieux.

Nombre de publications ont concerné ce dernier domaine, même si elles sont insuffisantes en comparaison avec celles qui concernent les moyennes et hautes latitudes. Mais ce sont surtout les **déserts chauds** et les **régions équatoriales** qui ont été privilégiés. Ainsi, J. Despois (1961) a étudié l'écologie humaine au Sahara; G. Lambert (1962) a étudié la bioclimatologie d'un site industriel à Fort-Gouraud (Mauritanie); J.P. Nicolas (1958) a écrit les climats africains en biogéographie humaine; F. Bultot (1966) les climats congolais sous l'angle de l'effort imposé à l'organisme humain; J. P. Besancenot (1972) la bioclimatologie humaine dans les petites Antilles et en façade guyano-amazonienne; P. Pagney et J.P. Besancenot (1982) la bioclimatologie humaine en zone intertropicale. Application à la ville de Brazzaville; J.P. Besancenot (1985) a écrit sur le froid et la santé en zone intertropicale; O. Ojo (1985) les réponses physioclimatiques aux conditions thermiques dans les tropiques, expérience de Lagos; V. Diata (1987) la bioclimatologie humaine de la République populaire du Congo; J. Pérard et J.P.

Besancenot (1997) ont étudié les rythmes climatiques et les rythmes pathologiques aux Philippines etc.

Sur les régions tropicales stricto sensu, D.h.k. Lee (1951) a réfléchi sur le logement dans les tropiques humides; R.E. Lemaire (1951) a étudié les réactions thermo-régulatrices en climat tropical et l'influence du climat tropical sur le comportement biologique de l'homme; E. Rosini (1966) a mis au point un indice de désagrément climatique dans les régions chaudes; W.H. Terjung (1967,1968) a appliqué à l'Afrique quelques indices physioclimatiques; M. Boko (1988, 1989) a étudié les bioclimats de la région soudanienne du Bénin; J.P. Besancenot (1997) a étudié, en collaboration avec M. Boko et P.C. Oké, l'harmattan et la méningite dans la région soudanienne du Bénin. Les travaux antérieurs ont défini des périodes de confort et d'inconfort qui ne sont pas toujours compatibles avec ce que ressentent les populations du fait de l'harmattan. La présente thèse de bioclimatologie sur l'Atacora pourra, nous l'espérons, apporter une contribution dans ce débat..

Les éléments que nous présentons se rapportent essentiellement aux échanges thermiques et hygrométriques entre l'homme et son milieu et à la thermorégulation.

## **A- ECHANGES THERMIQUES ET HYDRIQUES ENTRE ORGANISME HUMAIN ET MILIEU AMBIANT**

En milieu tropical, l'élément météorologique le plus important pour les ambiances et le stress climatiques est la température surtout si elle est élevée. Un niveau élevé d'humidité ne permet pas une thermolyse aisée, surtout que les vents sont souvent faibles.

### **1 - Les échanges thermiques**

Les échanges s'effectuent d'une part par la surface cutanée, et d'autre part par les poumons grâce à l'air inspiré. Ils ont pour but le maintien à un niveau acceptable de la température interne du corps et cela en dépit de la production de

chaleur par l'organisme humain. Cette production de chaleur est appelée métabolisme.

### **a - Processus d'échanges thermiques**

Ces échanges se font par conduction, convection, rayonnement et évaporation. Les définitions qui suivent sont empruntées à J.P. Besancenot (1987).

- **La conduction** est la transmission calorifique du corps humain aux différentes surfaces avec lesquelles il est en contact direct. Elle est souvent négligeable pour un homme en position debout du fait que la surface de contact direct avec le sol est très réduite et en raison de la mauvaise conductibilité thermique de l'air. Mais elle joue un rôle plus important quand l'homme est en position couchée, en particulier sur la natte à même le sol par temps d'harmattan et de saison pluvieuse où le plancher est froid comme c'est le cas dans l'Atacora. Elle s'obtient par la formule :

$$C_k = A_k - k_k (t^{\circ}i - t^{\circ}p), \text{ où}$$

$A_k$  = Surface de contact,

$k_k$  = coefficient de conduction (résistivité du corps),

$t^{\circ}i$  = température du solide en contact avec le corps

et  $t^{\circ}p$  = température de la peau.

- **La convection.** Lorsque de l'air froid est mis au contact de la peau, se déclenchent par échange des courants de convection (ascendances) et le flux de chaleur est dirigé de l'intérieur du corps vers la périphérie. Mais dès que la température de l'air est supérieure à celle de la peau nue ( $33^{\circ}\text{C}$ ), le flux calorifique se dirige de l'extérieur vers l'intérieur et il y a gain de chaleur par l'organisme. Nous nous en tenons à  $33^{\circ}\text{C}$  comme température de la peau nue (J.P. Besancenot, 1972), même si selon X. Berger et F. Grivel (1989) la température de la peau varie en fonction de la température ambiante, entre  $33$  et  $35^{\circ}\text{C}$ ..

La convection (C) se calcule par la formule :

$$C = k (t^{\circ} - 33) \text{ avec}$$

$k$  = constante de convection

et  $t^{\circ}$  = température de l'air.

On peut obtenir K grâce à l'abaque de la Fig. 36. Ainsi, un vent de 4 m/s (donnant k = 16,5 sur l'abaque) et une température de 30°C induiraient une déperdition par convection de 49,5 kcal/m<sup>2</sup>/h (16,5x3). Les échanges par convection jouent un grand rôle dès qu'ils sont considérablement accélérés par le vent. Dans l'Atacora, nous sommes dans une région où les vents sont faibles. Par conséquent, les vents violents sont considérés par la population comme défavorables (cf infra).

- **Le rayonnement** : Le corps humain émet des radiations sous forme d'ondes électromagnétiques dans l'infra-rouge (de 0,7 - 1,5 micromètre). On évalue les échanges radiatifs entre l'organisme et le milieu soit à partir d'un abaque basé sur la température de radiation (T°r) mesurée par solarigraphe (**Fig.37a**) soit grâce à l'abaque d'évaluation de la température de radiation (**Fig.37b**). Cet abaque est construit à partir de la quantité de chaleur Q. On obtient Q par la formule suivante :

$$Q = (T^{\circ}g^4 \times 10^{-9}) + 0,103\sqrt{v} (T^{\circ}g - T^{\circ})$$

où T°g = température lue au thermomètre à globe (résultante des échanges par convection et radiation). T° = température de l'air et v = vitesse du vent.

A partir de la figure 37a, on a R en fonction de T°r. Quand T°r = 100, R = 380 kcal/m<sup>2</sup>/h

A partir de la figure 37b, on a T°r en fonction de Q. Ainsi, quand Q = 100, T°r = 40°C. Cette T°r induirait un rayonnement de 100 kcal/m<sup>2</sup>/h. Même s'il est avéré que le rayonnement est important dans nos latitudes entre 10 h et 16h, les stations atacoriennes ne possèdent pas l'équipement nécessaire pour le déterminer.

Les échanges thermiques se réalisent aussi par l'évaporation.

- **L'évaporation** concerne l'eau qui imprègne les couches superficielles de la peau (et des muqueuses respiratoires), même simplement avec la perspiration insensible (diffusion permanente et invisible de l'eau à travers les couches superficielles de l'épiderme).

Fig. 36, 37a et 37b

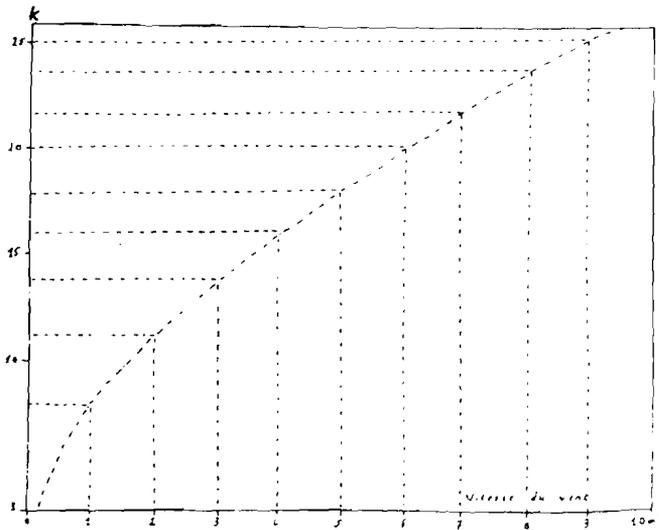


Fig. 36 La constante de convection  
En abscisse, les vitesses du vent  
En ordonnée, les valeurs de la constante K (J.P. Besancenot, 1972)

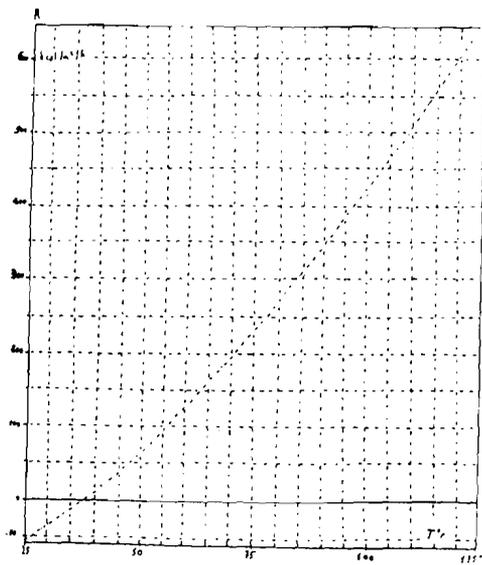


Fig. 37a Charge ou déficit thermique par radiation  
En abscisse, Tr, la température de radiation (en °C)  
En ordonnée, la charge ou le déficit thermique par radiation, R (en kcal/m²/h)  
(J.P. Besancenot, 1972)

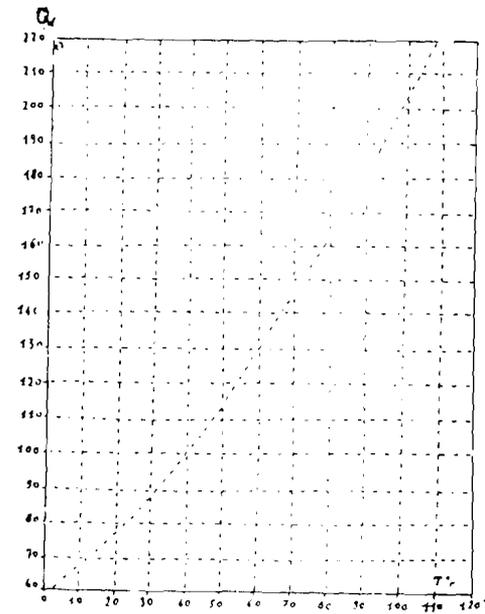


Fig. 37b Evaluation de la température de radiation (Tr) en fonction de la température  
lus au thermomètre à globe.  
En abscisse, la température de radiation (Tr) en °C  
En ordonnée, les valeurs de Q  
 $Q = (T_g^4 - T_r^4) + 0,103 \sqrt{V}(T_g - T_r)$  (J.P. Besancenot, 1972)

L'évaporation produit un refroidissement de la peau (chaque gramme d'eau absorbe 0,585 kcal  $\approx$  0,6 kcal, la chaleur latente de vaporisation) qui est la conséquence d'une perte de chaleur de même quantité au niveau du corps.

Elle est fonction de l'ambiance anémo-hygrométrique du milieu. L'évaporation maximale permise par le milieu ambiant (ou quantité maximale de chaleur que le

corps peut éliminer par évaporation) est appelée pouvoir évaporant de l'air ( $E_p$ ) ou déficit de saturation.

$$E_p \text{ (kcal/h/m}^2\text{)} = (2,1 + 5,4 \sqrt{v}) (51,3 - T_{vap})$$

2,1 = surface évaporante.

5,4 = coefficient de transfert par évaporation.

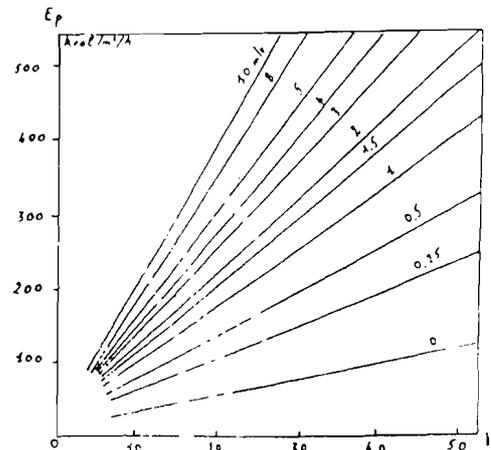
51,3 hpa =  $T_{vaps}$  = tension de vapeur saturante à la température de la peau (33,5°C),

$T_{vap}$  = tension partielle de vapeur d'eau dans l'air.

$E_p$  peut être obtenue grâce à l'abaque de Haines et de Hach (**Fig. 38**).

Fig.38

**Intensité de l'évaporation maximale  $E_p$**  (d'après Haines et Hatch).  
 En abscisse, la différence de tension de vapeur entre la peau (moyenne : 56) et l'air (en hectopascals). Sur les lignes transversales, la vitesse du vent ( en mètres par seconde).  
 En ordonnée, le maximum de chaleur ( $E_p$ ) qui peut être éliminée par évaporation, compte tenu des conditions ambiantes (J.P. Besancenot, 1972)



Ainsi, à partir de la figure 38, si on a une différence de tension de vapeur de 20 hPa entre la peau et l'air et un vent de 2 m/s, le maximum de chaleur qu'on peut éliminer par évaporation doit être d'environ 210 kcal/m²/h.

La déperdition (par évaporation) par voies cutanée et respiratoire est donnée par la formule ( J.P. Besancenot, 1972) :

$$N = N_c + N_e \text{ où}$$

$N_c$  : estimation d'évaporation par voie cutanée

$N_e$  : estimation de l'évaporation par voie respiratoire

$N_c = 1,2 \text{ kcal/h/m}^2$  (une constante).

et  $N_e = 0,17 (62 - T_{vap})$  avec

62 = tension de vapeur saturante à la température des voies respiratoires à 36°C.

T<sub>vap</sub> = tension partielle de vapeur dans l'air ambiant.

A Natitingou, en janvier, avec une tension de 8 hPa, la déperdition par voies cutanée et respiratoire est de 10,38 kcal/m<sup>2</sup>/h; elle est de 7,15 kcal/m<sup>2</sup>/h en mai avec une tension de vapeur de 27 hPa. Il apparaît que plus la tension de vapeur de l'air ambiant est élevée, plus faible est la déperdition par voie respiratoire. A ce niveau, il y aura risque de dilution du sang. C'est l'inverse quand la tension de vapeur est faible, il y a risque de déshydratation du plasma sanguin par forte élimination.

Ces processus d'échanges thermiques participent à l'équilibre calorique de l'organisme humain et réalisent la thermorégulation si les conditions ambiantes le permettent.

### **b) Au niveau de la voie cutanée**

Quand l'air atmosphérique est saturé de vapeur d'eau, la peau élimine difficilement l'eau absorbée par les alvéoles pulmonaires. Elle garde son élasticité. Comme nous l'avons vu, la peau ruisselle de sueur et le refroidissement cutané ne s'opère pas. Dans le cas, au contraire, où l'air ambiant est sec, l'organisme est menacé de déshydratation. Ce risque sera d'autant plus accentué que la siccité de l'air et le vent favorisent une évaporation intense au niveau cutané. Aussi la surface cutanée perd-elle de plus en plus son élasticité et peut se craqueler, lorsque la situation se prolonge, dans le cas de situation climatique extrême.

### **c - La thermorégulation**

C'est l'un des fondements de l'ambiance climatique vécue. L'organisme humain normal a une température centrale quasi constante de 37°C. Cette température constante, même si elle a une fluctuation 0,5-0,7°C, fait de l'homme un homéotherme. Dans des ambiances thermiques extrêmes (0°C ; 39°C), l'organisme humain tente de maintenir cette température interne grâce à des mécanismes de régulation et de maintien de l'homéothermie, par compensation entre production et déperdition de chaleur. Mais dès que certains seuils thermiques sont franchis, les mécanismes de régulation sont perturbés et deviennent inefficaces; il peut en résulter des troubles graves susceptibles d'aboutir à la maladie, voire à la mort. Les

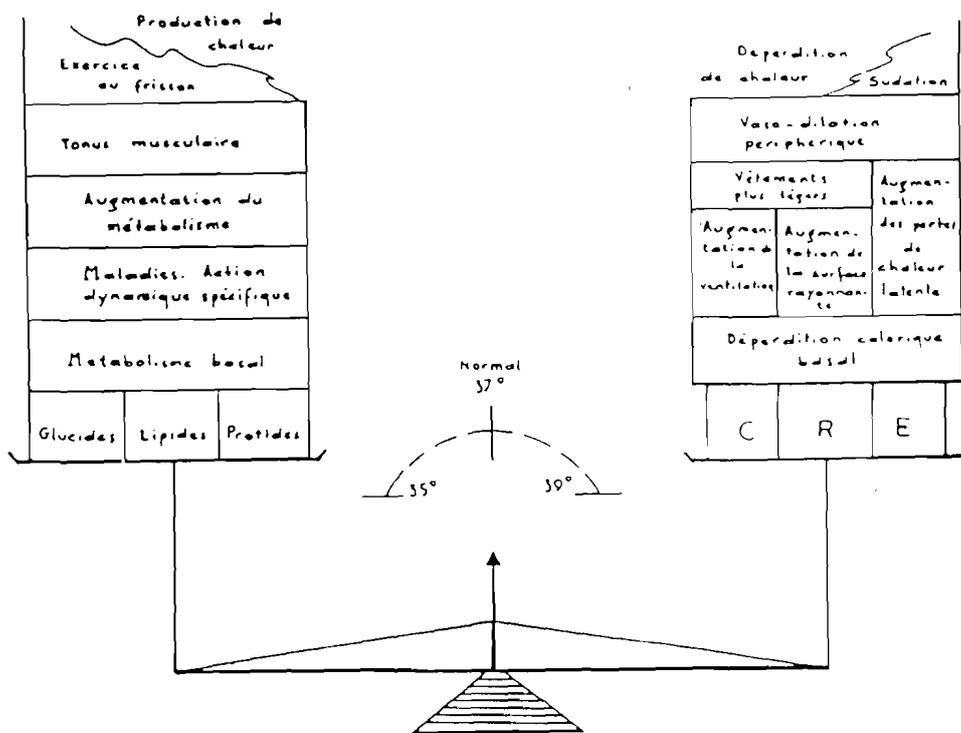
éléments de l'équilibre thermique sont résumés sur la fig.39 (J.P. Besancenot, 1972).

Le but de la thermolyse et de la thermogenèse est de mettre l'organisme dans un état de confort thermique ou de réaliser en permanence l'homéothermie, donc d'équilibrer les pertes et les gains de chaleur. Cet état de confort thermique suppose que les mécanismes de thermorégulation ne sont pas mis en jeu ou le sont très peu.

Parmi les sources de chaleur, nous distinguons les sources externes (la radiation solaire directe, la radiation atmosphérique, la radiation solaire diffuse, les rayons réfléchis, le rayonnement de l'environnement et le rayonnement émanant des autres humains) et les sources internes (le métabolisme de l'individu, le frisson, le tonus musculaire et l'activité physique) : la radiation solaire joue un grand rôle dans ce bilan calorique quand on est exposé aux rayons solaires.

Il en est de même de la radiation solaire diffuse. Par contre, la radiation atmosphérique et celle de l'environnement qui se font dans l'infra-rouge sont permanentes. Il en est de même de la radiation émanant des autres être vivants (quand on est en groupe). Le métabolisme de l'individu est la production de chaleur par l'organisme grâce à certains phénomènes permanents en temps normal comme l'activité physique qui regroupe l'activité des viscères, la respiration et aussi les activités musculaires (dont l'intensité dépend de l'effort fourni et des types d'activité). Les muscles sous tension (tonus musculaire) quand ils sont excités produisent de la chaleur. Enfin, les frissons, ces secousses musculaires rapides et de faibles amplitudes ne se manifestent qu'en cas de froid ou de fièvre. Ils sont donc exceptionnels dans le bilan calorique du corps.

Quant aux pertes de chaleur, elles résultent du rayonnement émis par le corps, de la convection, de la conduction, de la vaso-dilatation périphérique (dilatation des vaisseaux sanguins), de la déperdition calorique basale (baisse de production de chaleur par l'organisme en cas de forte chaleur), du flux de chaleur par la respiration (évaporation de vapeur d'eau) et du flux de chaleur latente (évaporation de la sudation). En fait, la thermorégulation permet de lutter contre le froid ou contre la chaleur.



**Fig. 39** Les éléments de l'équilibre thermique  
(cf. J.P. BESANCENOT, 1972)

La régulation thermique est le résultat d'une égalité entre la production calorifique de l'individu et ses pertes de chaleur. Toute variation de la charge, dans un sens ou dans l'autre, apportée à un des plateaux de la balance, doit être compensée par une variation de même grandeur et de même sens sur l'autre plateau.

- C : Convection
- R : Radiation
- E : Evaporation.

On appelle "action dynamique spécifique" la chaleur péçogée par l'ingestion des aliments et leur utilisation pour la restauration des tissus.

Nous analyserons brièvement les mécanismes de lutte contre le froid qui sont peu sollicités (par rapport aux mécanismes de thermolyse) en région tropicale et notamment dans l'Atacora, avant de nous attarder sur la lutte contre l'échauffement, phénomène régulier aux basses latitudes.

" De quoi ont-ils à se plaindre, fit demander un jour par son interprète le gouverneur du Bengale oriental aux indigènes des collines de Chittatong rongés par la maladie, la sous-alimentation... Ils réfléchirent longuement, et dirent: "Du froid" (Cl. Lévi-Strauss, cité par J.P. Besancenot, 1986). Dans le domaine tropical reconnu pour sa chaleur permanente, certaines baisses de température peuvent être fortement ressenties et même à l'origine de quelques indispositions. C'est ce qu'on observe dans l'Atacora pendant l'harmattan, la nuit et le matin ou en cas d'intrusions polaires. J. P. Besancenot (1985) a montré qu'une température de 10°C à Ouagadougou au Burkina-Faso fait des hécatombes chez les enfants à bas âges. Ces enfants paient parfois un lourd tribut au froid.

Pour lutter contre le froid, le corps humain diminue sa déperdition de chaleur par la vasoconstriction cutanée (chair de poule, frissons) qui fait baisser le transfert de chaleur de l'intérieur du corps vers la périphérie et en accroissant le mécanisme de thermogenèse par augmentation du métabolisme de base.

Le métabolisme de base (déjà défini au chap.1) sert à couvrir les dépenses liées au fonctionnement de l'organisme. La valeur moyenne du métabolisme de base est de 44-45 kcal/h/m<sup>2</sup>. Mais elle est variable suivant les activités : pour un homme adulte, elle est en moyenne de 40 kcal/h/m<sup>2</sup> pendant le sommeil, de 60-80 au cours d'un travail de bureau, de 100-120 lors d'un travail manuel et de 200-230 à l'occasion d'un travail de force.

L'effort physique entraîne donc une production calorifique, supérieure au métabolisme de base et proportionnelle à l'effort fourni.

Aussi le métabolisme augmente-t-il parallèlement à la baisse de la température ambiante : selon G. Bresse (1968), dans un bain à 30°C l'homme produit deux calories à la minute contre dix-huit dans un bain à 5°C. Notons aussi l'augmentation du tonus des muscles et les frissons comme moyens naturels de lutte contre le froid.

En milieu tropical et notamment dans l'Atacora, l'organisme humain doit lutter presque tous les jours contre la chaleur. L'organisme réagit par une baisse de la production calorique métabolique, par une augmentation de la perte de chaleur et par une évaporation cutanée et pulmonaire accrue.

L'augmentation de la perte de chaleur se fait par la vasodilatation cutanée c'est-à-dire l'accroissement du calibre des vaisseaux capillaires par relâchement des parois des fibres musculaire lisses. Cette vasodilatation a pour corollaire un débit sanguin cutané plus important. Selon Bargeton (1959) rapporté par H. Hermann (1971), le débit sanguin cutané est minimal quand la température ambiante est égale à 15°C. Au-dessus de 35°C, la vasodilatation est à son maximum, et le débit sanguin est 30 fois supérieur à ce qu'il était à 15°C. Mais la vasodilatation cutanée a des effets négatifs sur l'irrigation en sang des autres organes ou des autres parties du corps. Ainsi le sang circule moins activement dans les muscles dont le tonus diminue; et l'on observe également une baisse du débit cardiaque et une hypotension (V. Diata, 1987).

Le mécanisme vasodilatatoire n'est efficace que si la température ambiante ne dépasse pas 33°C. Sinon, le milieu apporte de la chaleur au corps, la transpiration devient active et la thermolyse sensible (par rayonnement, convection et conduction) est remplacée par la thermolyse latente avec forte évaporation des tissus si l'air est peu humide. La thermolyse latente est la perte de chaleur par évaporation de la sueur. Si l'air est très humide, voire saturé de vapeur d'eau, la sueur ruisselle sur le corps et ne s'évapore que difficilement. C'est à cela qu'on assiste régulièrement pendant la saison pluvieuse ou pendant la période de forte chaleur dans l'Atacora chez le paysan travaillant au soleil.

Selon G. Bresse (1968), en climat tempéré l'homme adulte émet 600 à 800 cm<sup>3</sup> de sueur par 24h. Mais cette quantité atteint 3 litres et même 10 litres (cas d'un travail musculaire important) dans une région tropicale aux heures chaudes. La sudation est reconnue comme le moyen de dissipation calorique le plus efficace de l'organisme. Son efficacité est liée à l'évaporation de la sueur à la surface de la peau, donc à l'état hygrométrique de l'air et à la vitesse du vent. : donc plus fort est le vent, plus grande est l'évaporation et plus efficace est la thermorégulation.

En milieu tropical et notamment dans l'Atacora, l'organisme humain doit lutter presque tous les jours contre la chaleur. L'organisme réagit par une baisse de la production calorique métabolique, par une augmentation de la perte de chaleur et par une évaporation cutanée et pulmonaire accrue.

L'augmentation de la perte de chaleur se fait par la vasodilatation cutanée c'est-à-dire l'accroissement du calibre des vaisseaux capillaires par relâchement des parois des fibres musculaire lisses. Cette vasodilatation a pour corollaire un débit sanguin cutané plus important. Selon Bargeton (1959) rapporté par H. Hermann (1971), le débit sanguin cutané est minimal quand la température ambiante est égale à 15°C. Au-dessus de 35°C, la vasodilatation est à son maximum, et le débit sanguin est 30 fois supérieur à ce qu'il était à 15°C. Mais la vasodilatation cutanée a des effets négatifs sur l'irrigation en sang des autres organes ou des autres parties du corps. Ainsi le sang circule moins activement dans les muscles dont le tonus diminue; et l'on observe également une baisse du débit cardiaque et une hypotension (V. Diata, 1987).

Le mécanisme vasodilatatoire n'est efficace que si la température ambiante ne dépasse pas 33°C. Sinon, le milieu apporte de la chaleur au corps, la transpiration devient active et la thermolyse sensible (par rayonnement, convection et conduction) est remplacée par la thermolyse latente avec forte évaporation des tissus si l'air est peu humide. La thermolyse latente est la perte de chaleur par évaporation de la sueur. Si l'air est très humide, voire saturé de vapeur d'eau, la sueur ruisselle sur le corps et ne s'évapore que difficilement. C'est à cela qu'on assiste régulièrement pendant la saison pluvieuse ou pendant la période de forte chaleur dans l'Atacora chez le paysan travaillant au soleil.

Selon G. Bresse (1968), en climat tempéré l'homme adulte émet 600 à 800 cm<sup>3</sup> de sueur par 24h. Mais cette quantité atteint 3 litres et même 10 litres (cas d'un travail musculaire important) dans une région tropicale aux heures chaudes. La sudation est reconnue comme le moyen de dissipation calorique le plus efficace de l'organisme. Son efficacité est liée à l'évaporation de la sueur à la surface de la peau, donc à l'état hygrométrique de l'air et à la vitesse du vent. : donc plus fort est le vent, plus grande est l'évaporation et plus efficace est la thermorégulation.

L'évaporation pulmonaire ne permet qu'une faible déperdition thermique qui, à Natitingou, est de 5,9 kcal/m<sup>2</sup>/h en mai ( $N_e = 0,17$  [62-27]) et de 9,18 kcal/m<sup>2</sup>/h en janvier ( $N_e = 0,17$ [62-8]).

L'humidité joue, en effet, un rôle important dans la sensation de la chaleur : une température de 28°C associée à une humidité relative de 80-90% est oppressante; en revanche la même température, à 45% d'humidité relative sera mieux supportée. Les températures élevées avec des taux élevés d'humidité rendent donc l'ambiance très insupportable; par exemple, la combinaison 30°C de température et 85% d'humidité relative est inconfortable donnant la sensation d'une très forte température. Une telle ambiance est fréquente en saison pluvieuse dans l'Atacora (cf chap.2). En effet, ces échanges thermiques sont étroitement liés aux échanges hydriques qui s'opèrent par les voies respiratoires et par la peau.

## **2- Les échanges hydriques par voies respiratoires**

La surface de contact entre le sang et l'air, celle des alvéoles pulmonaires, atteint environ 70 m<sup>2</sup>. A travers cette surface, s'échangent l'oxygène, le gaz carbonique et la vapeur d'eau selon le principe de l'osmose. Le plasma sanguin a une teneur en eau de 90% environ. Ainsi pour maintenir l'homéostasie, l'organisme doit lutter contre la déshydratation, si l'air inspiré est sec, ou contre la dilution du sang si l'air est saturé de vapeur d'eau. En effet, quand l'humidité atmosphérique est inférieure à celle du sang, c'est l'eau du plasma sanguin qui s'échappe dans l'atmosphère. Et dès que la vapeur d'eau de l'air est plus importante que celle contenue dans le plasma, l'eau atmosphérique passe dans le sang. L'eau en supplément est éliminée par voie cutanée. En fait, la perte évaporatoire par voies respiratoires est inférieure à celle opérée par voie cutanée, surtout en situation thermique extrême,

## **3- Situation climatique extrême**

Dans les situations climatiques extrêmes, les mécanismes naturels de régulation thermohygro-métrique sont inopérants ou peu efficaces surtout quand il s'agit de personnes plus âgées ou d'individus ayant des déficiences et des problèmes de santé.

Dans le cas d'une chaleur très élevée, la température corporelle et l'activité respiratoire augmentent comme d'ailleurs le volume du sang en circulation tandis que s'accélère le rythme cardiaque; il peut en résulter une évacuation anormale du gaz carbonique du sang qui donne de l'alcalose (trouble de l'équilibre entre les acides et les bases de l'organisme (sang), consécutif à une perte ou à une élimination excessive d'acides ou à un apport de bases). De plus, la forte sudation liée à la chaleur (souvent d'ailleurs humide au Bénin) entraîne une grande perte d'eau et du sel du sang et, en conséquence, une déshydratation qui peut conduire à la tétanie. Cette déshydratation a pour conséquences la réduction du volume du sang, le trouble des fonctions cellulaires, la baisse des sécrétions humorales et du tonus musculaire, la perte d'appétit et une mauvaise irrigation en sang des organes profonds. Toutefois, contrairement à ce qu'en pense O. Ojo (1977), on a pu montrer, que le cerveau n'est pas concerné par cette mauvaise irrigation en sang du fait de la vasodilatation des vaisseaux sanguins (J.P. Besancenot, communication personnelle; M. Cabanac et M.C. Bonniot-Cabanac, 1997). Les coups de chaleur dont les symptômes sont les céphalées, les vertiges, les malaises, la paresthésie des mains et des pieds, les fortes sudation, les frissons...) peuvent provenir de ces extrêmes. Les coups de chaleur sont possibles dans les cas où on a une forte humidité physiologique (rapport tension de vapeur réelle sur tension saturante à 35°C) soit 90-95%. Or dans l'Atacora, ces valeurs sont comprises entre 17,4 et 46,5% (M. Boko, 1988). Ainsi, les symptômes (malaises et vertiges), souvent observés lors des grands rassemblements ne sont peut-être pas liés à des coups de chaleur, mais ils lui ressemblent fort bien. Toutefois même si la chaleur peut causer, surtout dans les situations extrêmes, des troubles et des pathologies parfois sérieuses (accident vasculaire cérébral, urémie, hypotension), en situation normale les fortes températures sont assez bien supportées par les populations, du moins par les individus jeunes et en bonne santé, accoutumés aux heures et jours de touffeur.

Paradoxalement dans l'Atacora, c'est le froid qui semble être le plus mal supporté et un des éléments dramatiques dont se plaignent plus volontiers les paysans. Le froid provoque la vasoconstriction ("la chair de poule") qui limite l'afflux

de sang vers les périphéries et augmente la chaleur métabolique afin de maintenir la température interne du corps au niveau normal et d'en éviter la baisse.

Dans l'Atacora, le froid ne correspond pas comme dans d'autres régions à de très basses températures. Il s'agit pratiquement de températures supérieures à 10°C le plus souvent même comprises entre 15 et 20°C. Ainsi, le temps froid et sec qui caractérise la période d'harmattan en Afrique Occidentale, surtout pendant les nuits proches du solstice d'hiver, et qui survient pendant quelques heures de la nuit, cause des troubles plus ou moins marqués comme une perte de chaleur de l'organisme, la constriction des vaisseaux sanguins périphériques (doigts, orteils, oreilles, talons et nez), et des douleurs dans les extrémités.

Bien sûr, ces troubles liés à la forte chaleur ou au froid varient selon l'âge, l'état nutritionnel et sanitaire des populations. On l'a vu plus haut, la plupart d'entre elles vivant dans l'Atacora dans des conditions économiques et d'hygiène très difficiles ont bien souvent, indépendamment des conditions climatiques, certaines déficiences de santé. Les personnes âgées surtout ont du mal à supporter les efforts de réajustement nécessités par la mise en oeuvre des mécanismes de régulation en cas de forte chaleur ou de froid. Les mécanismes régulateurs s'atténuent du fait du vieillissement des organes qui ne répondent plus correctement aux sollicitations des ambiances climatiques. Cette faible résistance aux ambiances extrêmes se retrouve aussi chez les très jeunes enfants dont certains organes fonctionnels restent fragiles. Ainsi une personne âgée ou un enfant exposés à un soleil ardent sont livrés à la déshydratation et dans le cas d'un enfant malnutri, la mort peut s'ensuivre.

Les enfants en bas âge et les nourrissons parfois, à la suite d'une légère exposition au soleil, se déshydratent et contractent la diarrhée. F. Sutour (1996) a souligné les dangers, surtout pour les jeunes enfants, les malades et les vieillards, de l'air chaud et très sec et de l'air chaud et très humide en rappelant qu'un air chaud et très sec rend la respiration difficile, déshydrate les jeunes enfants et perturbe le rythme cardiaque des individus fatigués, qu'un air chaud et chargé de beaucoup de vapeur d'eau détermine un temps lourd, accablant, qui sollicite à l'excès le système cardio-vasculaire.

Dans le cas de la vague de chaleur de juillet 1987 à Athènes qui a enregistré une température maximale variant entre 38 et 40°C avec des pointes à 41, 43 et même 44,7°C, J.P. Besancenot (1996) a démontré qu'il existe **une surmortalité générale avec une surreprésentation des personnes âgées et une certaine surmortalité masculine chez les enfants et les jeunes adultes (petits handicapés et internés mentaux)**. Les causes de ces décès furent : d'abord, la **déshydratation et/ou le coup de chaleur**, ensuite, les **affections cardiovasculaires** (dont surtout **accidents vasculaires cérébraux**) enfin les cas de **diabète** et des **affections des voies respiratoires**. Ce type de conséquence peut se retrouver dans l'Atacora, même si les maxima thermiques sont moins excessifs en général. Certains décès (dont l'origine est souvent mal expliquée) peuvent être causés par la chaleur.

Et à l'opposé, dans l'Atacora, la presse béninoise a fait état de décès de personnes âgées liés au froid, au cours de l'harmattan 1991-1992. Et les enfants en bas âge paient souvent un lourd tribut au froid dès que des températures de 10°C sont enregistrées pendant plusieurs jours successifs. On peut penser que, dans de tels cas, les besoins énergétiques du corps pouvant réduire les conséquences du froid sont supérieurs aux possibilités d'adaptation de l'organisme et prennent en défaut les défenses naturelles du corps. Ainsi certaines infections peuvent s'aggraver. Les conditions socio-économiques difficiles de ces populations font que l'organisme ne dispose pas de calories nécessaires à la lutte contre le froid du fait de la malnutrition quasi généralisée et de l'insuffisance de protections artificielles.

Tous ces exemples montrent la nécessité de procéder à l'évaluation des bioclimats atacoriens à partir d'indices pertinents.

## **B- EVALUATION DES BIOCLIMATS HUMAINS DANS L'ATACORA**

### **1) Choix des indices bioclimatiques**

Les indices bioclimatiques couramment utilisés sont de deux types : les indices d'évaluation d'ambiances thermiques incluant pouvoir réfrigérant de l'air (K), indice thermohygrométrique (THI), enthalpie de l'air (E), seuils de température

l'inconfort thermique quand K est inférieur à 150 kcal. Enfin il y a danger dès que K est inférieur à 0 kcal.

Cet indice ayant été d'abord appliqué pour les moyennes et hautes latitudes, on avait l'impression qu'il ne donnerait pas un bon résultat aux basses latitudes. Il n'en est rien et il est utilisable à toutes les latitudes (J.P. Besancenot, 1984). Pour des températures supérieures à 33°C, K prend des valeurs négatives, ce qui traduit le fait que les ambiances font gagner de la chaleur au corps. A partir de cet instant, l'air n'a plus un pouvoir réfrigérant mais un pouvoir "réchauffant"

Utilisé à Pointe Noire (Rép. du Congo) par V. Diata (1987), K a pris des valeurs inférieures à 150 kcal/m<sup>2</sup>/h (exprimant le mode de refroidissement atonique) à 12h de décembre à mars. A Natitingou, la même situation a été décrite en avril, septembre et octobre (M. Boko, 1988). A cette valeur, les dispositions ambiantes ne pourraient pas réaliser l'équilibre homéothermique du corps humain.

**L'indice de confort** (Discomfort Index, DI) mesure le confort hygrothermique, combinant température et humidité de l'air et permettant de mesurer la chaleur humide comme l'indice thermo-hygrométrique (THI). Mais le THI pose un problème : quand l'air ambiant est sec, la chaleur et le froid sont sous évalués. Alors les températures élevées semblent plus fraîches, et les températures basses plus chaudes (P. Escourou, 1989). L'indice de confort n'offre pas un tel inconvénient et quand il est à 85, "la sueur commence à "mouiller" toute la surface du corps" (T. Iwakuma et al., 1994). Il apparaît comme un bon indice thermo-hygrométrique et s'obtient grâce à la formule de H. Arakawa (1960) telle que :

$$DI = 0,81 T + 0,01 U \% (0,99 T - 14,3) + 46,3 \quad \text{où}$$

T est la température

et U%, l'humidité relative.

Les plages de confort et d'inconfort sont définies comme suit:

l'ambiance très froide est réalisée si DI est inférieur à 55 mais elle est tout simplement froide quand DI est compris entre 55 et 60. Le confort thermique est vécu lorsque DI est compris entre 60 et 75 alors que l'inconfort thermique s'installe si DI est supérieur à 75. Enfin au-delà de 80, on parle de chaleur torride et il y a possibilité de malaises.

T. Iwakuma et al. (1994) l'ont appliqué à l'Afrique tropicale (longitude Côte-d'Ivoire-Burkina-Faso) et ont identifié une ambiance très pénible (voire torride) de mai à septembre (DI = 85) à l'heure du maximum thermique du fait de l'air humide et même très humide lié à la mousson..

**Les seuils biocritiques de température peuvent fournir de repères intéressants.** Les températures utilisées sont celles mesurées sous abri météorologique. Elles tiennent lieu de températures ambiantes, c'est-à-dire celles vécues par les populations. En fait, il s'agit d'une approximation mais ce type de donnée permet de comparer entre elles les différentes stations. J.P. Nicolas (1958) a proposé le premier ces seuils et J.P. Besancenot (1972; 1986) a précisé ces seuils qui mesurent l'inconfort par la chaleur ou par le froid en proposant des valeurs de température inférieures à 18°C (ou supérieures à 33°C).

A propos du seuil de 18°C (retenu ici), nous en avons débattu dans le premier chapitre de cette étude (paragraphe sur l'étude des éléments du climat), mais mentionnons en complément que les températures optimales requises pour la vie et pour le travail se situeraient entre 18 et 22°C et que le métabolisme basal est au point le plus bas à 18°C (J.P. Besancenot, 1972). Mais comme les populations des tropiques "grelottent" déjà à 20-21°C de température, nous considérons comme éprouvante toute température comprise entre 18 et 21°C. En conséquence, toute température inférieure à 18°C est considérée comme étant très inconfortable.

Appliqué à l'Atacora le seuil de température minimale a révélé des ambiances éprouvantes à très éprouvantes dans l'Atacora de novembre à février (température minimale) en période d'harmattan (Ch. S. Houssou, 1991) du fait de l'air sec qui favorise la déperdition thermique et donc les faibles températures de la nuit et du matin. Des ambiances éprouvantes peuvent être aussi dues à l'hygrométrie de l'air

**Les seuils d'humidité relative** expriment l'inconfort par de l'air très sec (surtout au niveau de la peau) ou par de l'air très humide (au niveau des bronches) (G. Plaisance, 1985; Ch.S. Houssou, 1991). Ainsi quand les valeurs d'humidité relative sont inférieures à 40% ou supérieures à 80%, on parle d'inconfort hydrique.

En effet l'humidité de l'air agit à la fois sur la peau et sur les voies respiratoires. Des travaux antérieurs (Ch.S. Houssou, 1991) ont montré à propos de l'Atacora qu'on peut avoir une agression d'égale nocivité quoi que de nature différente en présence d'un air très sec ou d'un air très humide, aussi bien au niveau cutané qu'au niveau respiratoire. Si l'unanimité s'est faite au sein de la communauté scientifique pour considérer comme nocives des humidités relatives supérieures à 80%, il est anormal qu'aux basses latitudes, on ne prenne pas conscience qu'une faible humidité relative constitue un risque et soit même reconnue comme un avantage (M. Boko, 1991). Certes, une faible humidité relative facilite l'évaporation de la sueur et rend la chaleur plus supportable. Mais comme on l'a déjà évoqué, la siccité de l'air a aussi des effets défavorables. Elle menace la peau de déshydratation; et en même temps, elle provoque des craquements voire des ulcérations cutanées. Les bronches et les muqueuses des voies respiratoires se dessèchent parfois jusqu'à se fissurer (saignement du nez), ouvrant aussi la porte à l'infection.

Nous avons utilisé ces seuils d'humidité relative pour l'Atacora (1991) et il est apparu que l'ambiance est très inconfortable en période d'harmattan ( $U\% < 40\%$ ) en raison de la siccité de l'air qui éprouve la surface cutanée et les voies respiratoires comme en saison pluvieuse, d'avril à octobre ( $U\% > 80\%$ ) du fait de la forte humidité qui éprouve les bronches.

**La tension de vapeur** ( $T_{vap}$  en hPa) exprimée par J.P. Nicolas (1958), mesure en bioclimatologie l'intensité et le sens des échanges hydriques respiratoires entre le milieu intérieur et l'extérieur, l'échange se déroulant selon la loi de l'osmose (le gaz passant du milieu le plus concentré vers le moins concentré). Pour une tension de vapeur de 7,5 à 11,7 hPa, les conditions optimales sont remplies pour la respiration. Au-dessous, le plasma court le risque de déshydratation; et au-delà de 11,7 hPa, l'excès de vapeur d'eau tend à passer dans

le sang. Dès 31,3 hPa, le plasma sanguin est dilué. La tension de vapeur permet donc d'évaluer certains risques liés à ces échanges entre les voies respiratoires et le milieu ambiant. Ces risques sont aujourd'hui bien pris en compte grâce aux travaux de J.P. Nicolas (1958). Une gamme de valeurs exprime des situations qui soumettent l'organisme à une fatigue croissante :

le confort hydrique est connu quand  $T_{vap}$  est comprise entre 7,5 et 19 hPa alors que le type peu confortable apparaît avec  $T_{vap}$  comprise entre 19 et 21,2 hPa. Ensuite le type fatiguant se manifeste lorsque  $T_{vap}$  prend des valeurs de 21,2 à 26,4 hPa et le type hydratant (affaiblissant) est présent dès que  $T_{vap}$  est supérieure à 26,4 hPa. Enfin le mode est déshydratant si  $T_{vap}$  est inférieure à 7,5 hPa.

L'ambiance due à la tension de vapeur passe de confortable (période d'harmattan) à déprimant-débilisant pour le reste de l'année dans l'Atacora (M. Boko, 1988), le milieu étant sous l'influence de la mousson et l'eau atmosphérique ayant tendance à passer dans le sang.

Le tableau 14 donne les périodes de confort et d'inconfort à partir de ces différents indices. Rappelons qu'une période est dite confortable quand les mécanismes de thermorégulation de l'organisme ne sont pas sollicités par le climat pour rétablir l'équilibre homéostatique, en d'autres termes, n'induisant aucune agression pour l'organisme humain. Dans le cas contraire, il y a inconfort pour les différentes raisons rappelées plus haut.

**Tableau 14** : Echelle de confort bioclimatique suivant les indices utilisés

AMBIANCES INDICES	CONFORTABLE	EPROUVANTE	TRES EPROUVANTE
K (kcal/m <sup>2</sup> /h)	300 <K <600	300 >K >150	K <150
DI	60-75	55-59 ; 75-79	DI >80 ; DI < 55
T (°C)	21-25	18-21; t >25	T < 18; T >33
HR (%)	60-79	40-59	HR <40; HR >80
Tvap (hPa)	7,5-19	21,2-26,4	Tvap <7,5 Tvap >26,4

Pour réaliser cette synthèse des ambiances nous avons utilisé la grille suivante :

Les valeurs des différents indices sont données de (0 à 2), de confortable à très éprouvant. Pour y arriver, nous avons fait la sommation des valeurs des indices correspondant à un jour. Cette somme est rapportée au nombre de valeurs. Ce quotient nous donne l'ambiance moyenne vécue par les populations dans l'après-midi (à l'heure du maximum thermique) ou dans la matinée (à l'heure du minimum thermique). Il permet l'évaluation du stress thermique et l'évaluation du stress hydrique (tableau 15)

Le choix du paramètre thermique comme repère temporel est lié au fait que tout se joue dans le nyctémère, marqué par deux périodes permanentes, les maximum et minimum thermiques quelle que soit la saison. Ce choix répond bien à l'un des objectifs de cette étude, celui de proposer des calendriers et horaires d'activités et de travail en fonction des ambiances bioclimatiques moyennes définies tout au long du nyctémère. Un repère temporel centré sur le minimum et le maximum pluviométrique et donc axé sur les saisons nous semble inadapté au pas de temps nyctéméral.

**Tableau 15** : Méthode de Synthèse des ambiances bioclimatiques

VALEUR DES COTES	AMBIANCES
Zéro ( 0 )	Confortable
Demi ( 0,5 )	Légèrement éprouvante
Un ( 1 )	Eprouvante
Deux (2)	Tres éprouvante

Nous avons, par la suite, procédé à la synthèse globale des ambiances bioclimatiques moyennes dans une année en pourcentage par station.

### **3 - Analyse des résultats**

Les figures 40 à 47 définissent les différentes plages de confort et d'inconfort d'après nos indices pour les quatre stations de Natitingou, Djougou et Kérou-Tanguiéta au pas de temps journalier. Elles soulignent les points suivants :

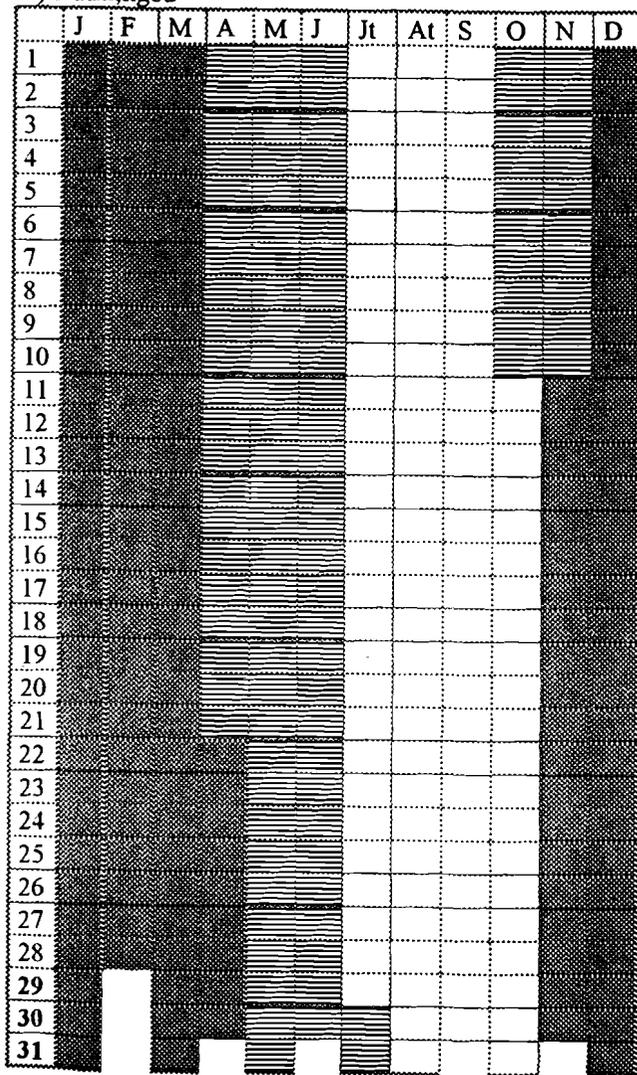
**a/ A l'heure du maximum thermique**, les valeurs du **pouvoir réfrigérant de l'air, K**, (Fig. 40 a, b, c) révèlent une ambiance très éprouvante, donc d'inconfort total dans l'Atacora pendant toute l'année : les valeurs de K se situent entre 126 et -170 kcal/m<sup>2</sup>/h, situation liée à la forte insolation de l'après-midi et à l'absence de vent .

Les valeurs de l'**indice de confort, DI** (Fig. 41a, b, c), confirment l'ambiance très inconfortable par la chaleur humide (80-85). Elle est prédominante et axée sur les mois de fin février à novembre voire décembre à cause des températures élevées de l'après-midi et du vent humide du sud-ouest qui fait parfois des incursions dans la région pendant l'harmattan. L'ambiance simplement inconfortable (76-79) couvre tout ou une partie de janvier, de février, de juillet-août (sauf à Kérou-Tanguiéta), de septembre, d'octobre (sauf à Natitingou et à Djougou), de novembre et de décembre (excepté Natitingou). L'ambiance confortable (60-75) n'est connue que pendant quelques jours de janvier (16 à 23% du mois) à Djougou et à Kérou-Tanguiéta du fait de la siccité de l'air sec du nord-est.

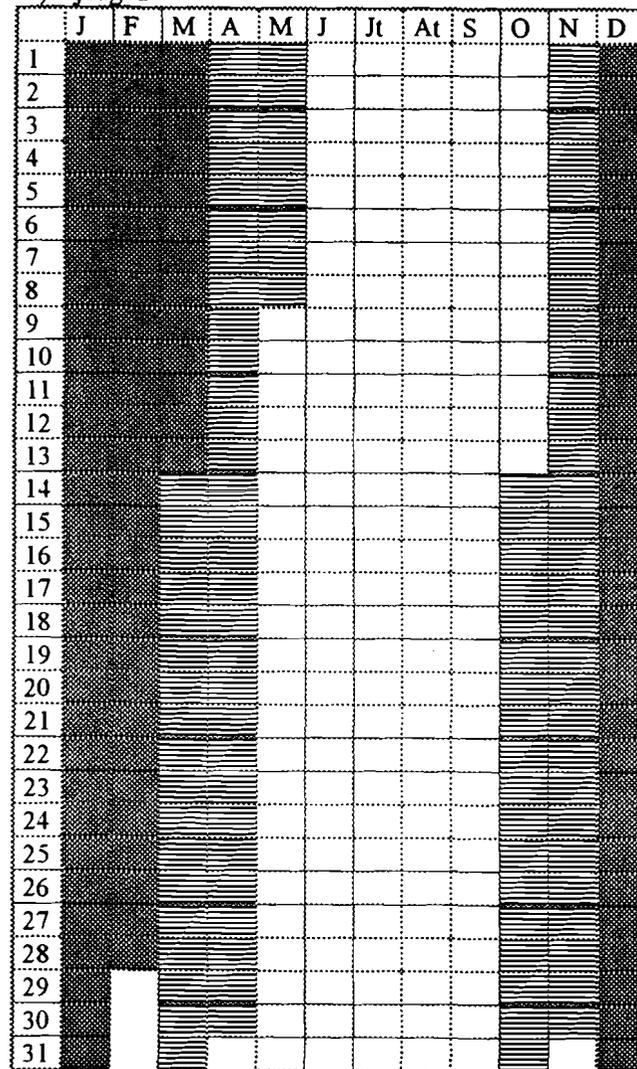


Fig.42 L'humidité relative minimale dans l'Atacora au pas de temps journalier (moyenne 1971-1990)

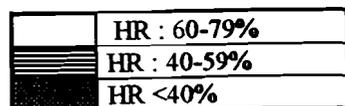
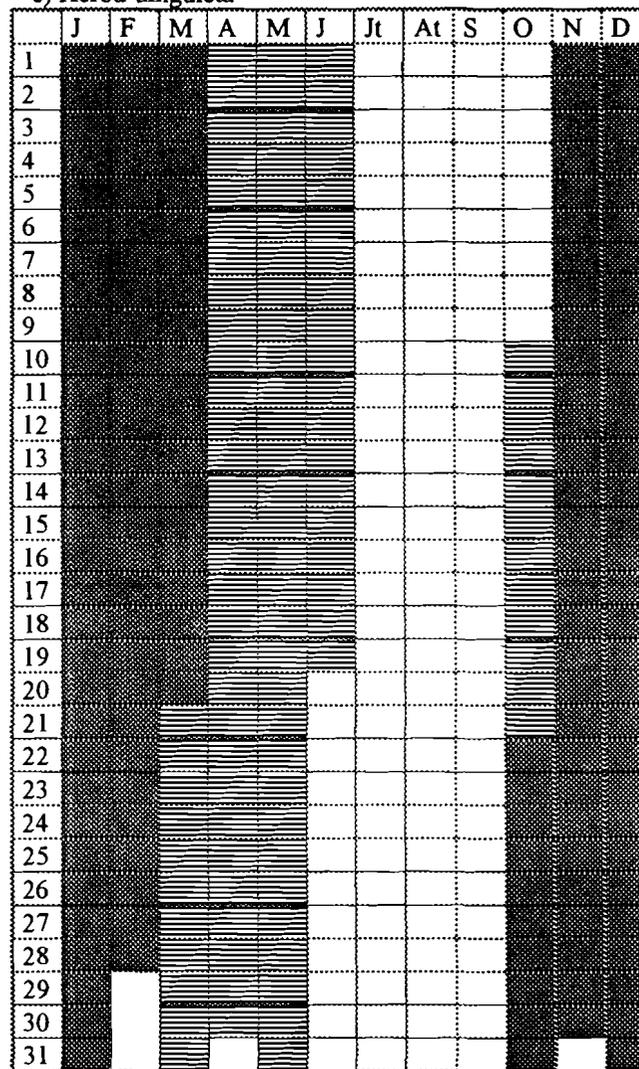
a) Natiti,ngou



b) Djougou



c) Kérou-tanguiéta





Les valeurs de l'**humidité relative minimale** (Fig. 42a, b, c) montrent que le mode très sec donc très éprouvant (13 à 39%) s'observe de novembre (parfois octobre) à mars, voire avril du fait de l'harmattan et de la forte insolation qui réduit l'humidité atmosphérique. L'ambiance éprouvante (43-57%) se concentre sur les mois de pré-saison pluvieuse (avril, mai, juin) et l'ambiance confortable (60-79) est centrée sur la période des grandes pluies (juillet à septembre, voire octobre) mais concerne parfois juin et une partie de mai (à Djougou), situation liée à la forte humidité apportée par la mousson.

*b/* A l'heure du **minimum thermique** (en fin de nuit ou tout début de matinée), les valeurs du **pouvoir réfrigérant de l'air, K**, montrent qu'à Natitingou (Fig. 43a), du fait des conditions défavorables à la thermolyse (207-280 kcal/m<sup>2</sup>/h), l'ambiance chaude, inconfortable est concentrée sur les mois de février à octobre, parfois novembre, l'ambiance confortable (300-365 kcal/m<sup>2</sup>/h) couvre les mois allant de novembre à janvier et une partie (entre 6 et 39%) de février et des mois d'août à octobre.

- A Djougou (Fig. 43b), l'ambiance confortable fondée sur les valeurs de K (304-416 kcal/h/m<sup>2</sup>) prédomine et concerne les mois de juin à janvier, avril et une partie de février (36%). L'ambiance chaude (214-298 kcal/m<sup>2</sup>/h), éprouvante, couvre mars, mai et une bonne partie de février (64%).

- A Kérou et à Tanguiéta (Fig. 43c), l'ambiance éprouvante (199-296 kcal/m<sup>2</sup>/h) du fait des conditions défavorables à la thermolyse l'emporte sur le confort (303-388 kcal/m<sup>2</sup>/h) observé de décembre à février et sur une partie des mois d'août à novembre (23 -90%).

L'inconfort s'explique par le fait que le vent ne permet pas suffisamment la déperdition thermique pendant les mois concernés (mars, avril, mai) alors que durant l'harmattan surtout, le vent peut assurer l'équilibre homéothermique de l'organisme humain dans la matinée, du fait de la siccité de l'air et des faibles températures enregistrées

Les valeurs de l'**indice de confort, DI** (Fig. 44a, b, c) donnent toute l'année une ambiance confortable (60-75) à Natitingou et à Djougou du fait des

températures non élevées dans la matinée. A Kérou et à Tanguiéta, on a la prédominance de l'ambiance confortable qui couvre les mois de mars à octobre et une partie de février et de novembre (50%). L'ambiance éprouvante du fait du froid (DI : 55 -59) concerne décembre et une partie de novembre, de février et de janvier (42-50%). Ce dernier mois enregistre en outre 18 jours très éprouvants par un sévère froid (DI<55). Le froid constaté est lié à la forte déperdition thermique du fait de la siccité de l'air.

Les mesures de la **température minimale** (Fig. 45a, b, c) font état d'ambiances très éprouvantes par le froid (10-18°C), surtout pendant les mois d'harmattan (novembre, parfois octobre, à février-mars, voire avril). Toutefois on observe des nuances selon les stations. Cette ambiance est, en effet, moins fréquente à Natitingou (du fait, comme nous l'avons vu au chapitre un, de l'effet de cuvette et d'advection qui provoque une augmentation de température) qu'à Djougou, à Kérou et à Tanguiéta. L'ambiance éprouvante (18-21°C) coïncide avec la période des grandes pluies (mai-octobre) mais <sup>elle</sup> se retrouve aussi à d'autres périodes (harmattan, forte chaleur, pré-saison pluvieuse) du fait de la variabilité interannuelle des phénomènes climatiques. Enfin, l'ambiance confortable (21-25°C) se concentre sur les mois de forte chaleur (mars-avril) et même en février (Natitingou) et concerne parfois mai-juin-~~juillet~~ <sup>(Natitingou)</sup> à cause surtout du faible rayonnement infra-rouge du fait de l'humidité atmosphérique.

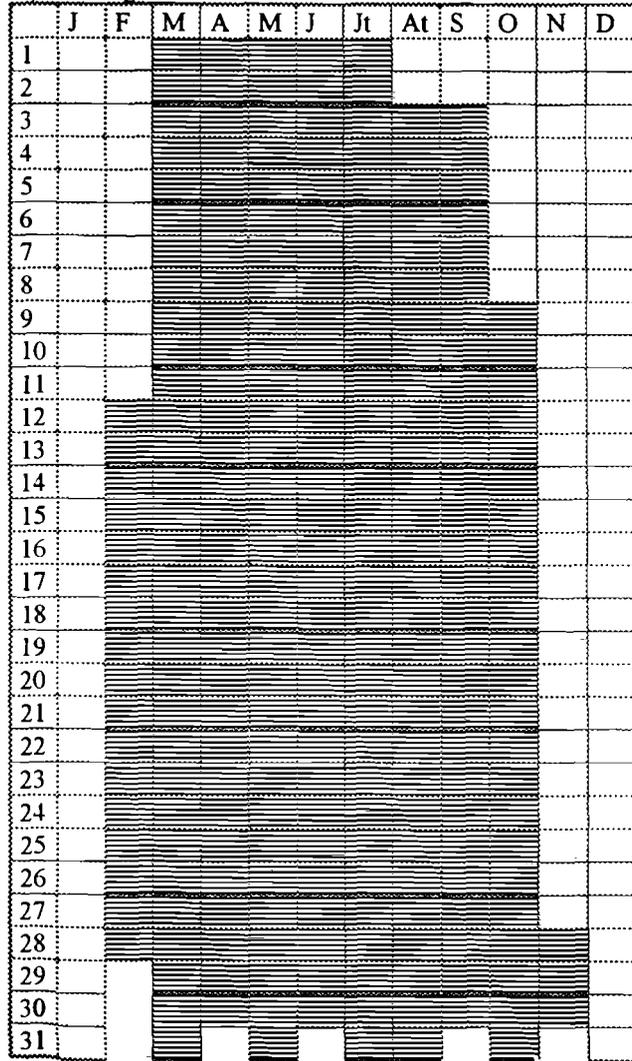
Si on prend en compte l'**humidité relative maximale** (Fig. 46a,b,c), l'ambiance très éprouvante se situe entre les mois d'avril à novembre (80-97%). L'ambiance éprouvante placée pendant la période d'harmattan (entre décembre et mars) à Natitingou et à Djougou (40-59%) où l'ambiance confortable (60-79%) couvre une partie de mars-avril et de novembre-décembre. A Kérou et à Tanguiéta, il n'existe pas en moyenne de période à ambiance éprouvante; l'ambiance confortable s'étend de décembre à mars et sur une partie d'avril-mai et de novembre-décembre, le reste du temps très éprouvant correspond globalement à la saison des pluies..

Les valeurs de **tension de vapeur**,  $T_{vap}$  (Fig. 47a, b, c) montrent une disposition des ambiances calquée sur celle de l'humidité relative maximale. Les ambiances très éprouvantes (hydratante :  $T_{vap} > 26,4$ ) et éprouvante (fatigante :  $T_{vap} = 21,2-26,4$ ) vont d'avril parfois mars à octobre et même novembre. Le type "fatigant" est dominant; le type "hydratant" n'est observé qu'une partie de mai (Natitingou), d'avril-mai (Djougou) et des mois d'avril à septembre (Kérou, Tanguiéta) (17-37%). Enfin, l'ambiance confortable s'étend de novembre, parfois d'octobre jusqu'à février-mars (Djougou, Kérou-Tanguiéta) et parfois avril (Natitingou).

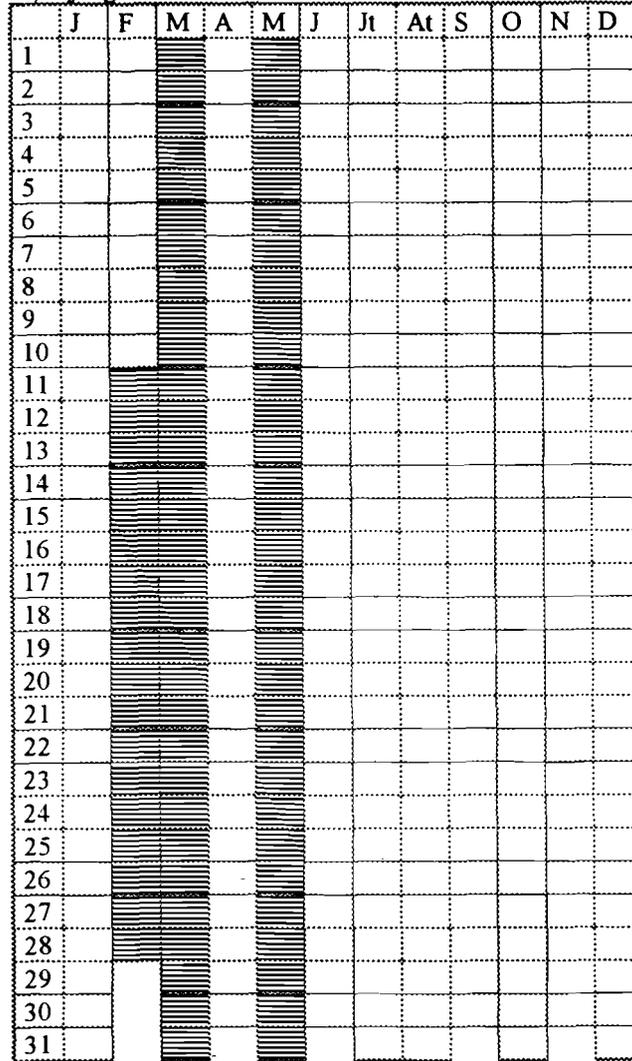
La multiplicité des indices ne permet pas une vue rapide des ambiances relatives à chaque type de stress. C'est pourquoi nous passons à la phase de synthèse. Elle concerne chaque stress au pas de temps journalier et au pas de temps mensuel. Cela permet de mieux faire ressortir les périodes où chaque stress prédomine avant d'aborder la synthèse globale au pas de temps mensuel d'une part et en pourcentage dans l'année, d'autre part.

Fig.43 Le pouvoir réfrigérant de l'air (K) dans l'Atacora au pas de temps journalier à l'heure du minimum thermique (moyenne 1971-1990)

a) Natitingou



b) Djougou



c) Kérou- Tanguéta

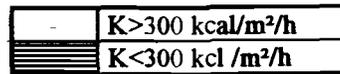
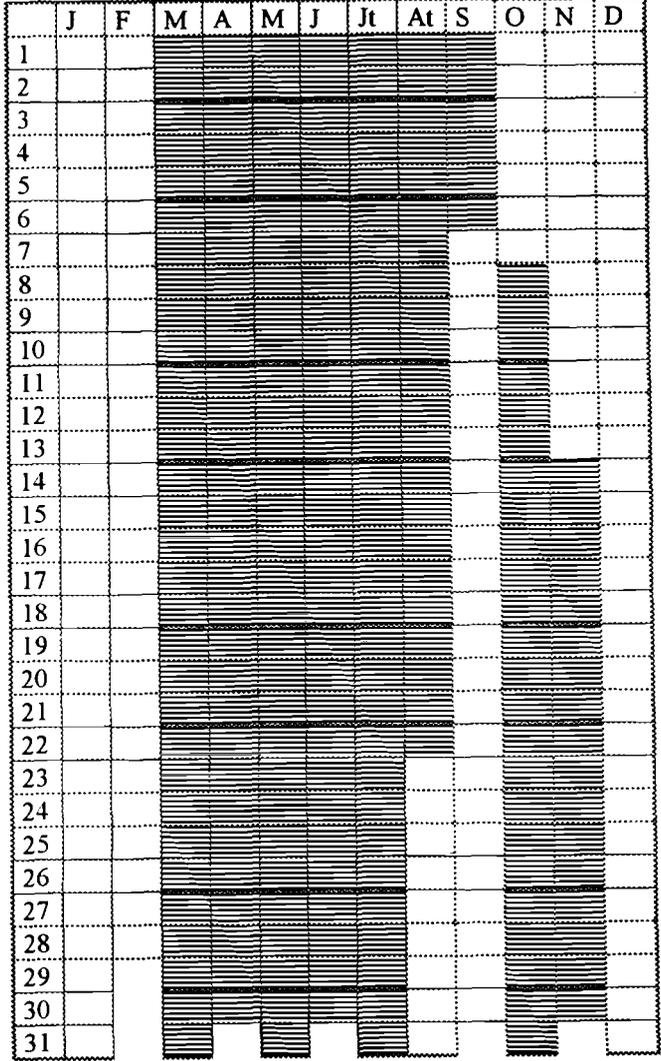
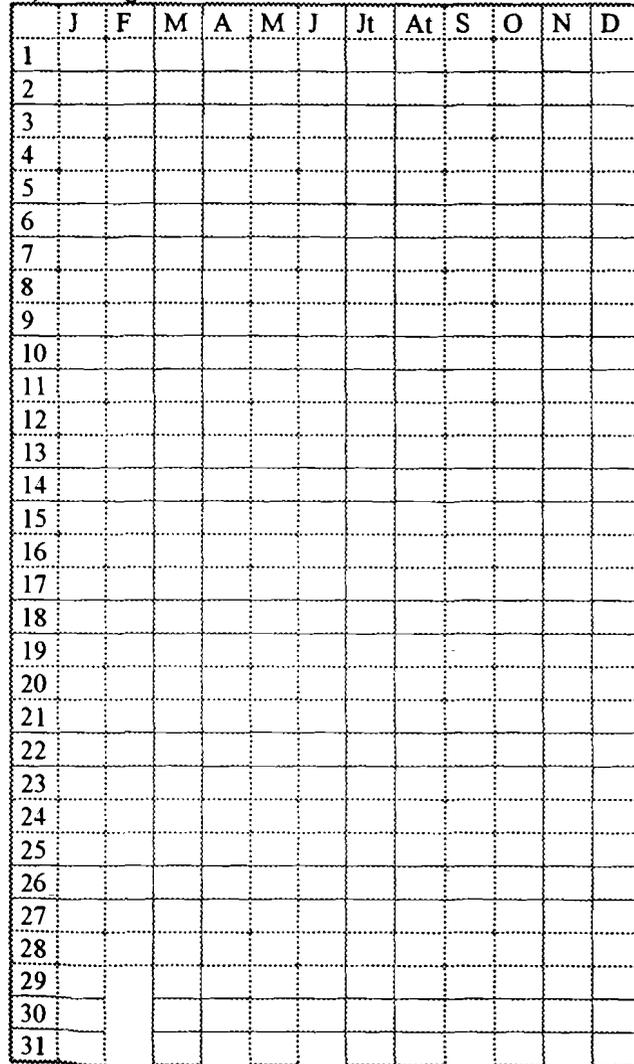
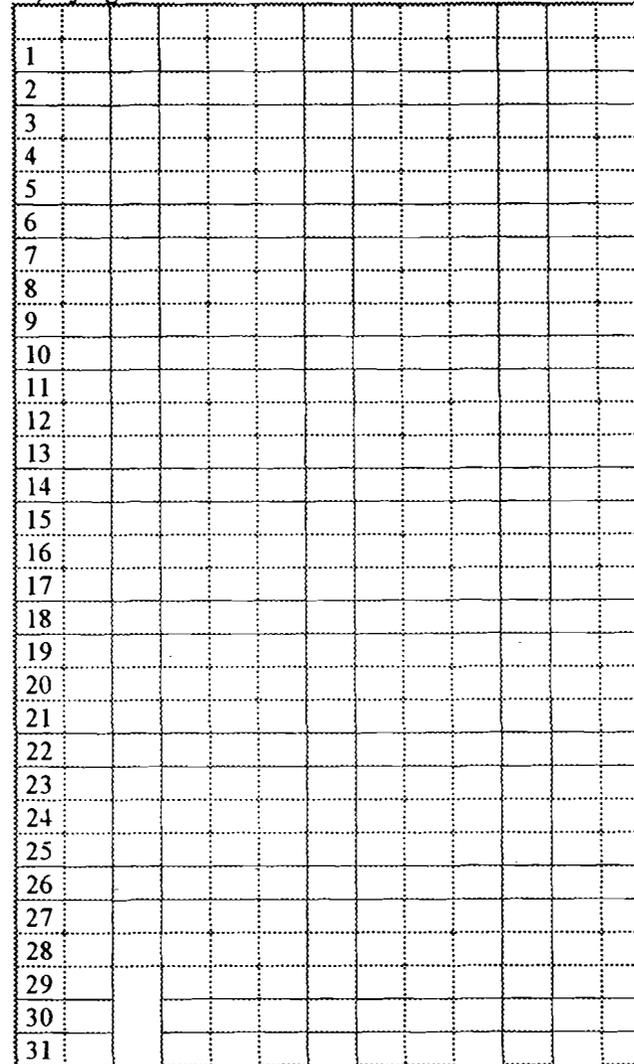


Fig.44 L'indice de confort (DI) dans l'Atacora au pas de temps journalier à l'heure du minimum thermique (moyenne 1971-1990)

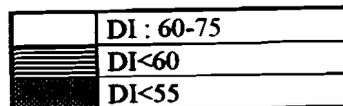
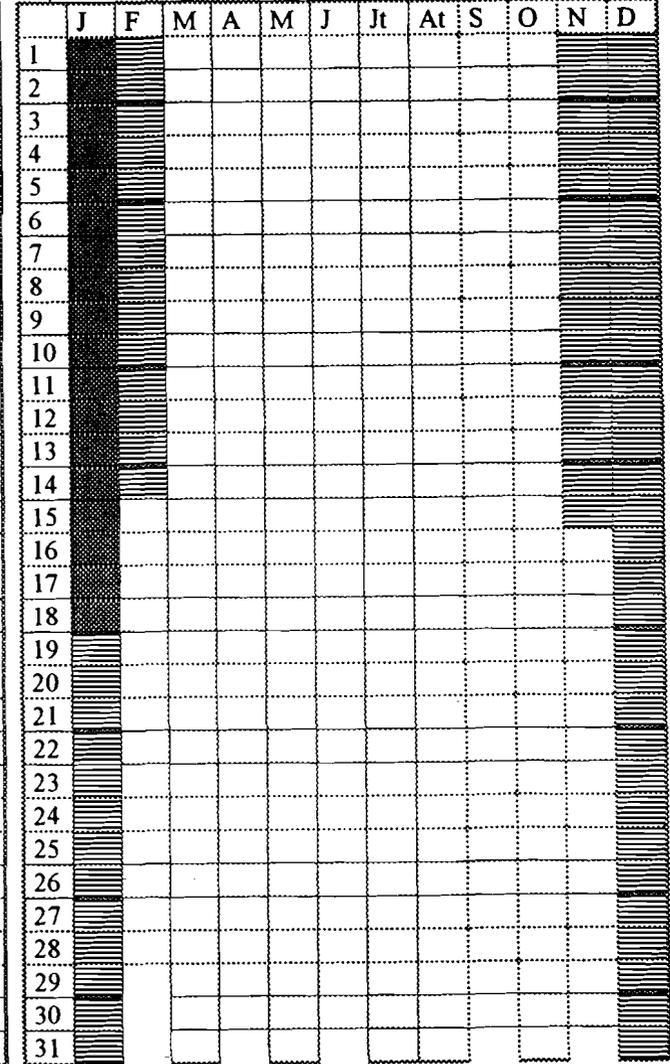
a) Natitingou



b) Djougou



c) Kérou-Tanguiéta



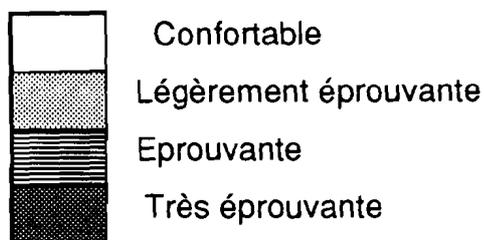






### c) Synthèse des ambiances bioclimatiques au pas de temps journalier

Légende des figures 48 à 54 des ambiances bioclimatiques humaines de l'Atacora



**A l'heure du maximum thermique**, sur le plan thermométrique (Fig. 48 a, b, c), l'ambiance est très éprouvante toute l'année dans l'Atacora à l'exception de 5-7 jours éprouvants en janvier (Djougou, Kérou-Tanguiéta) et d'un jour en février (Djougou).

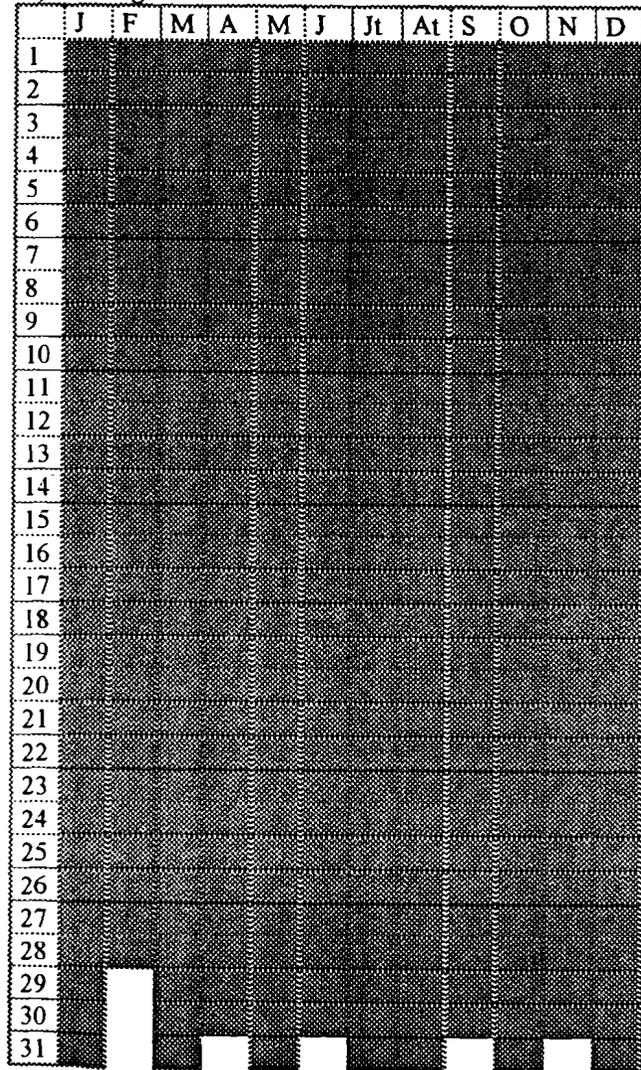
Sur le plan hydrique (Fig. 49 a, b, c), à Natitingou et à Djougou, l'année se partage entre les ambiances l'éprouvante et légèrement éprouvante, la plus grande partie étant caractérisée par celle dite éprouvante qui s'étend globalement d'octobre à juillet. A Kérou et à Tanguiéta, on a la prédominance de l'ambiance éprouvante, vient ensuite l'ambiance légèrement éprouvante centrée sur une partie des mois de mai à novembre (10- 76%), l'ambiance très éprouvante ne couvrant que quelques jours en avril et en octobre (9-17%). Nous assistons à la conjugaison des pluies et de l'humidité : faible température et forte humidité mais faible variation de température et d'humidité atmosphérique.

**A l'heure du minimum thermique**, du point de vue thermométrique (Fig. 50a, b, c), l'ambiance légèrement éprouvante est présente dans l'Atacora presque tout au long de l'année, à l'exception de quelques jours confortables (10 en février à Natitingou et 18 en mars à Djougou) et de l'ambiance éprouvante qui, à Kérou et à Tanguiéta, couvre les mois de novembre à janvier et quelques jours en février et en mars (19 -50%). Les températures minimales montrent que les valeurs de février sont inférieures à celles de mars, il y a inconfort par défaut.

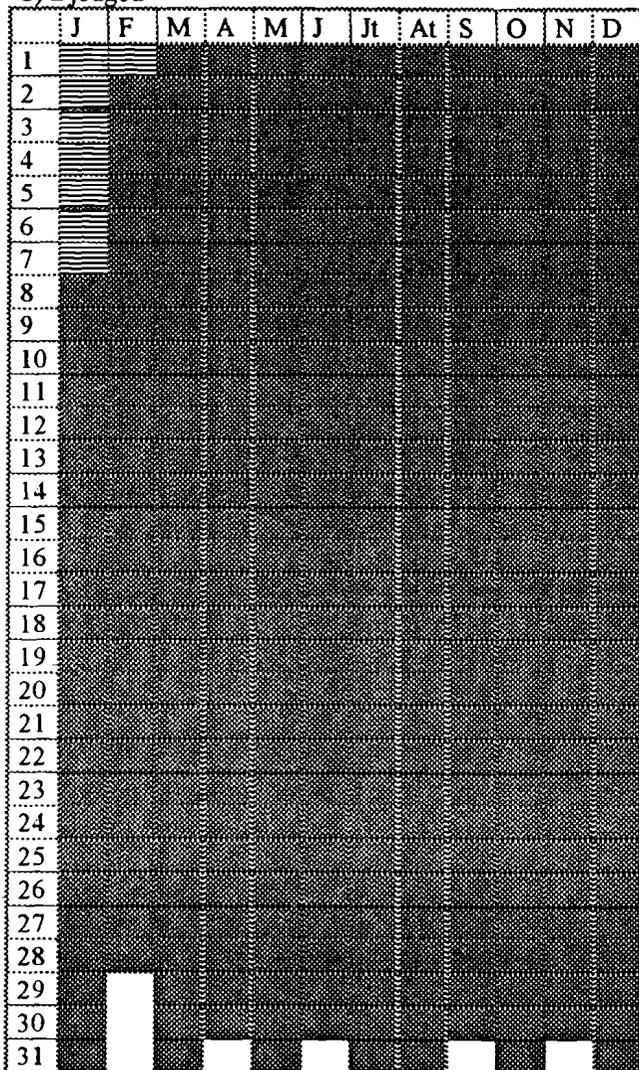
Du point de vue hydrique (Fig. 51a, b, c), Natitingou connaît une ambiance éprouvante d'avril à novembre, exceptés 14 jours très éprouvants en mai. Le reste du temps est soit légèrement éprouvant (décembre à février) soit confortable (une partie de novembre-décembre, de mars-avril: 16 à 81%). Djougou vit une ambiance éprouvante de mars à octobre avec quelques jours très éprouvants d'avril à juin (4 à 57%), l'ambiance légèrement éprouvante s'étendant de décembre à février, voire mars. Kérou et Tanguéta enregistrent une ambiance éprouvante en mars et de mai à novembre, même si, une partie des mois d'avril à octobre (24 à 67%) est très éprouvante. Le reste de l'année est partagé entre les ambiances légèrement éprouvante et confortable.

Fig.48 Diagramme de synthèse des ambiances thermiques dans l'Atacora au pas de temps journalier à l'heure du maximum thermique

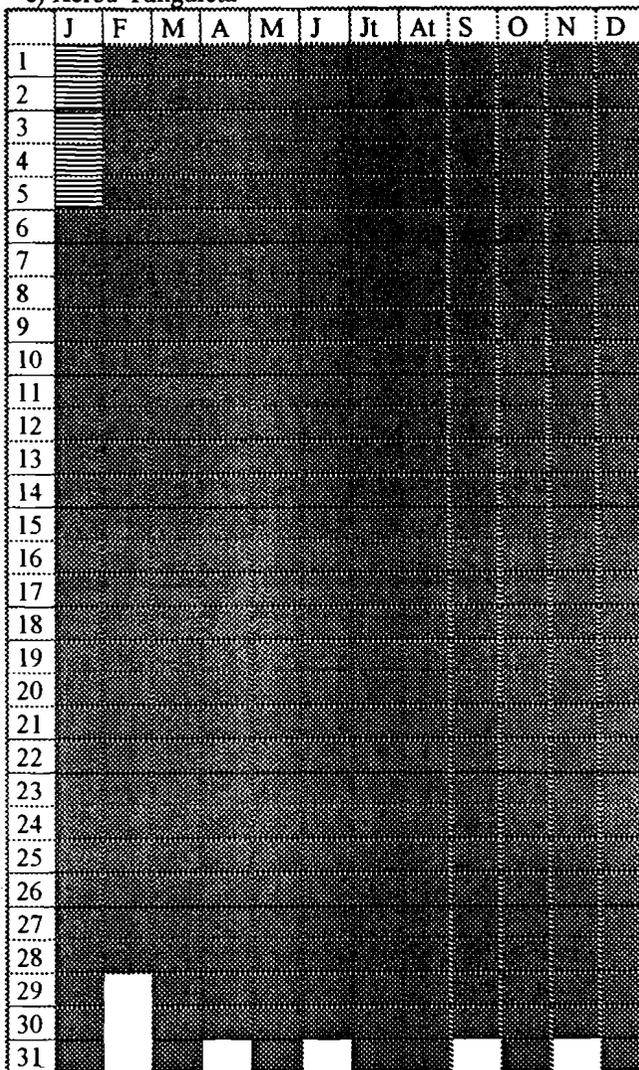
a) Natitingou



b) Djougou



c) Kérou-Tanguiéta

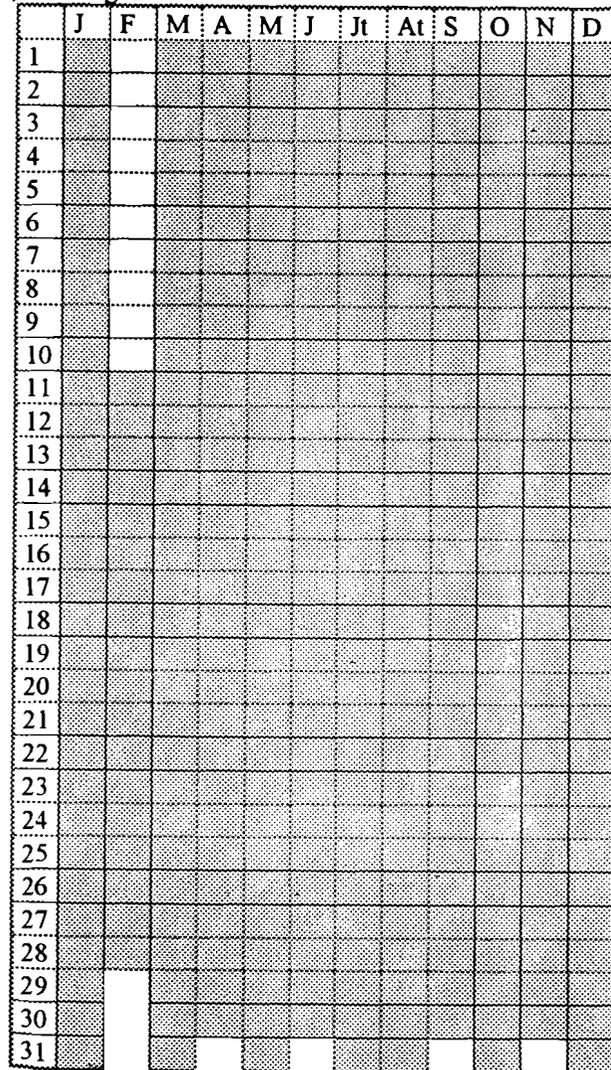


	Eprouvante
	Très éprouvante

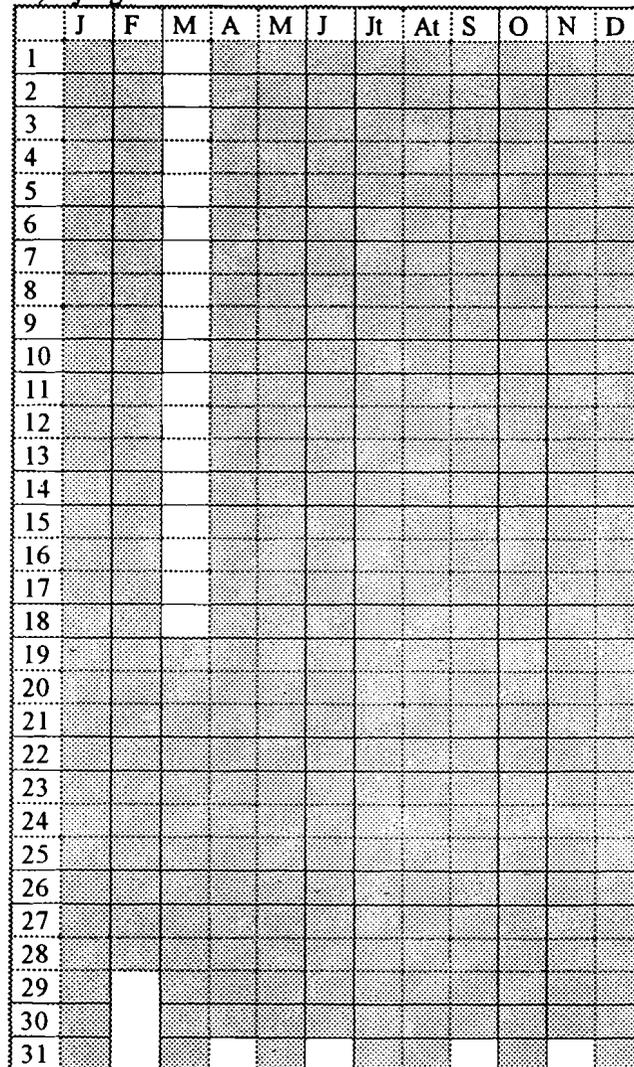


Fig. 50 Diagramme de synthèse des ambiances thermiques dans l'Atacora au pas de temps journalier à l'heure du minimum thermique

a) Natitingou



b) Djougou



c) Kérou-Tanguiéta

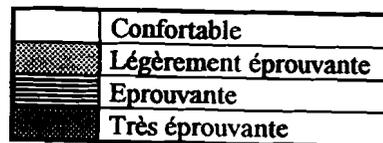
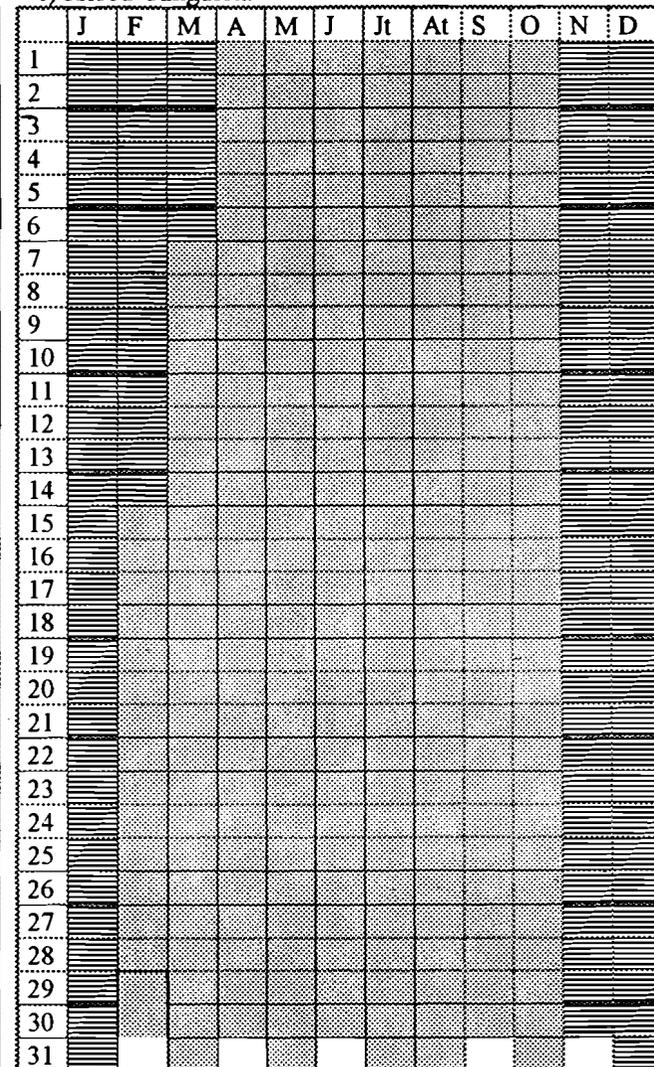
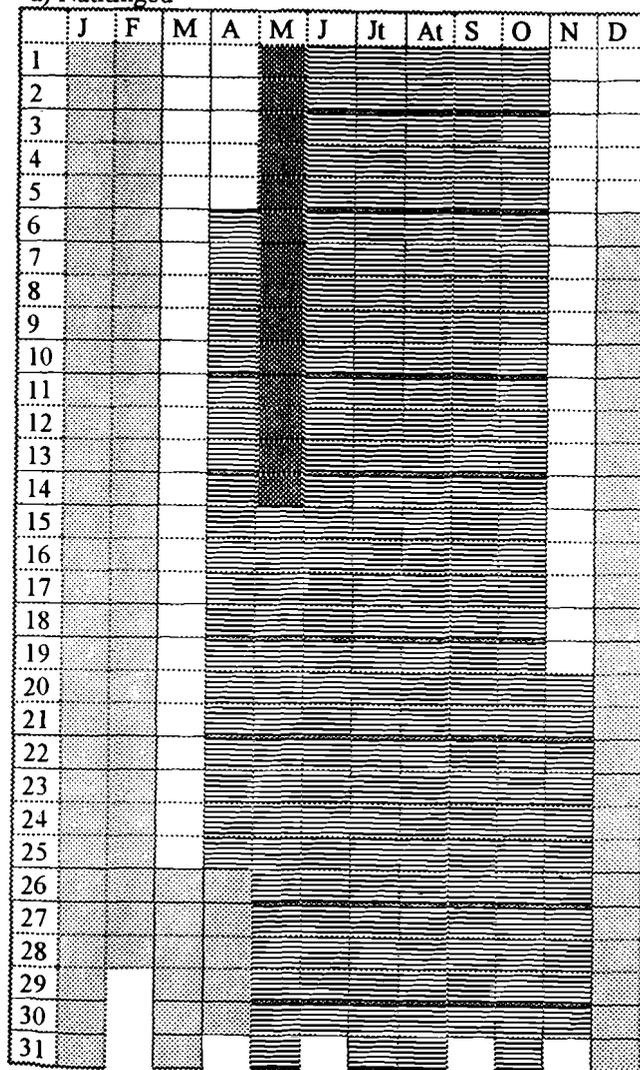
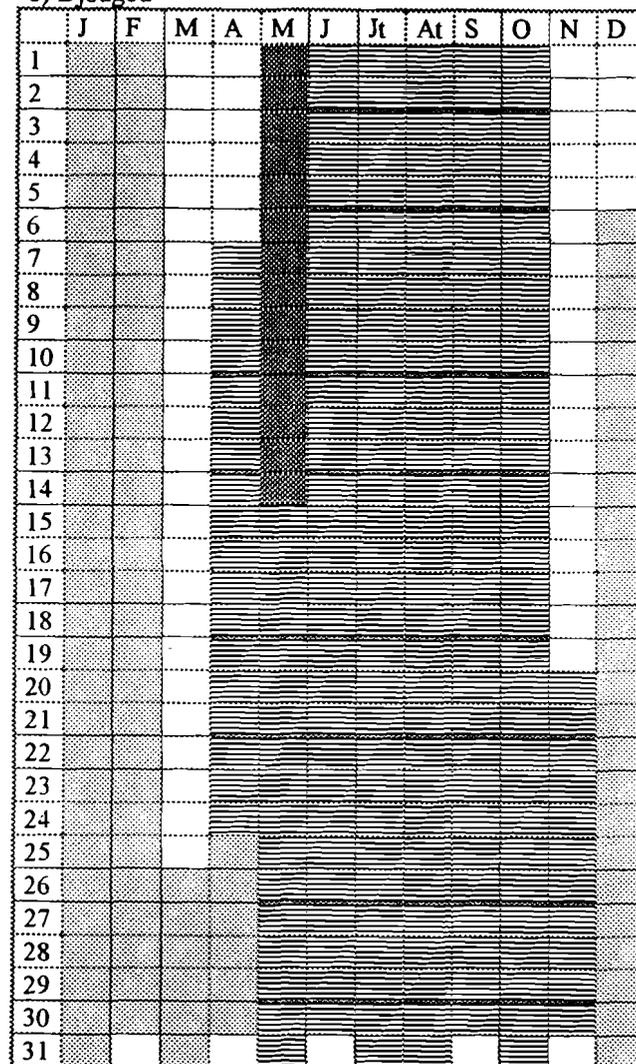


Fig. 51 Synthèse des ambiances hydriques dans l'Atacora au pas de temps journalier à l'heure du minimum thermique (situation moyenne)

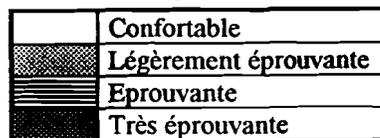
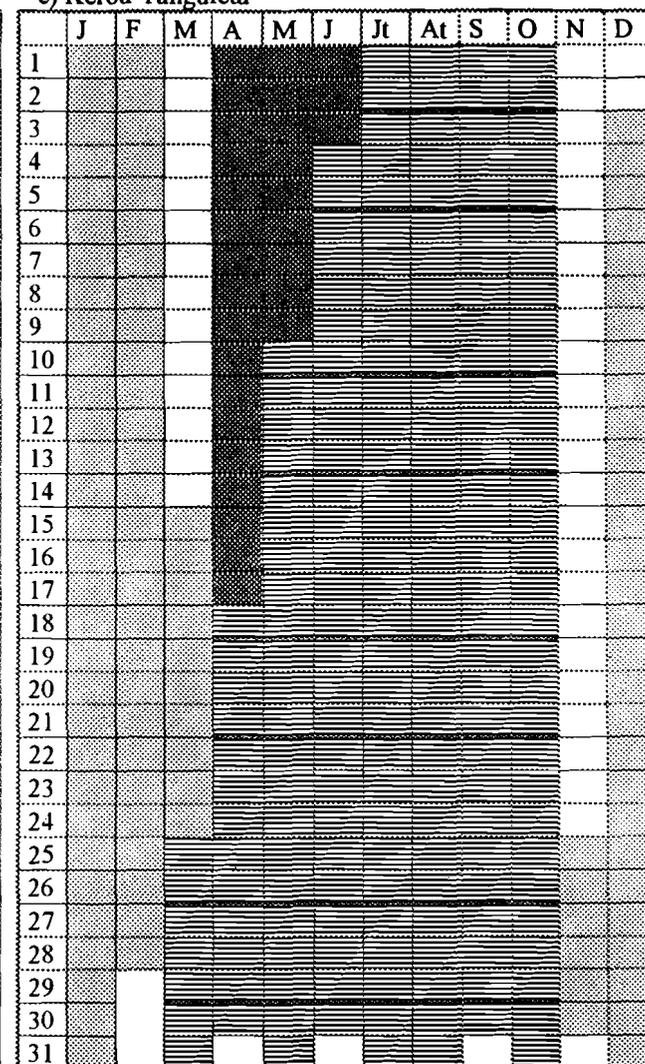
a) Natitingou



b) Djougou



c) Kérou-Tanguiéta



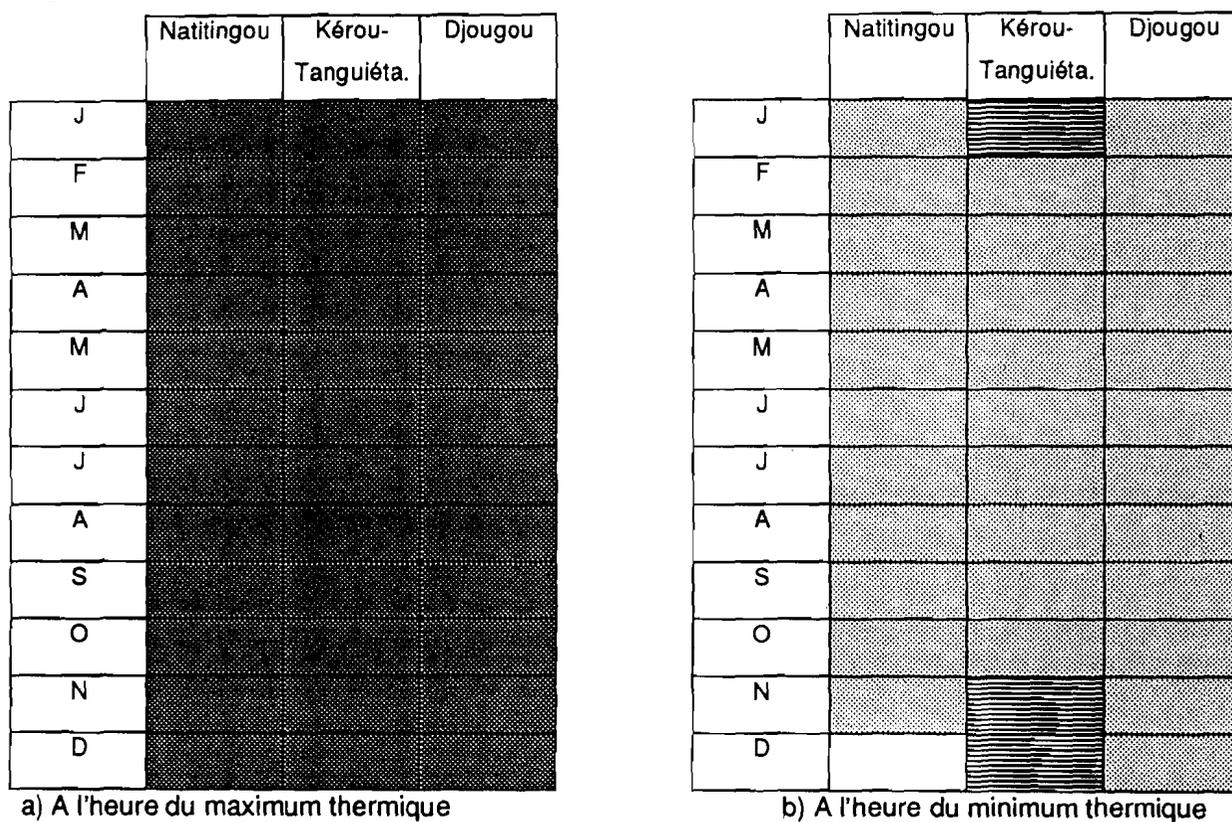
#### d) Synthèse des ambiances bioclimatiques au pas de temps mensuel

##### Ambiances thermiques (Fig. 52a,b) et hydriques (Fig.53a,b)

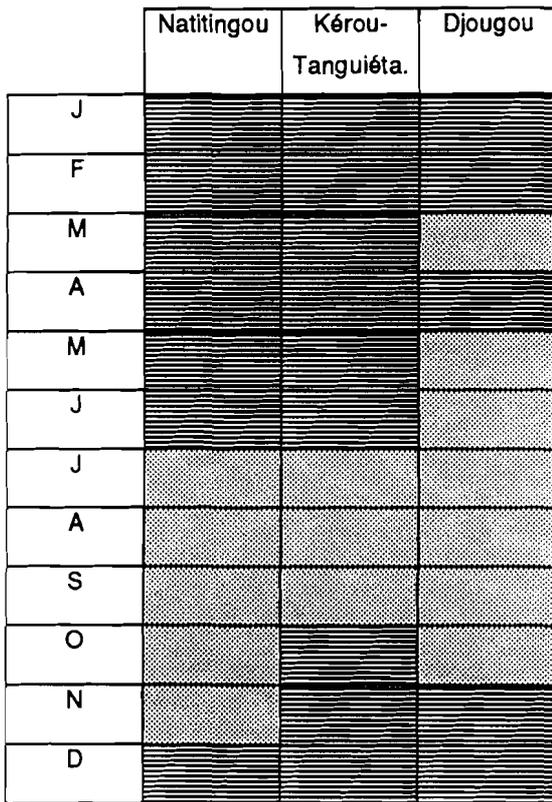
A l'heure du maximum thermique, l'ambiance thermique est très éprouvante tout au long de l'année dans le département (Fig. 52a). Par contre, l'ambiance hydrique est éprouvante de décembre à juin à Natitingou, de novembre à février et en avril à Djougou, et d'octobre à juin à Kérou et à Tanguiéta. Le reste de l'année connaît une ambiance légèrement éprouvante (Fig.53a).

A l'heure du minimum thermique, l'ambiance thermique est en général légèrement éprouvante excepté en janvier, novembre et décembre qui sont éprouvants à Kérou et à Tanguiéta et décembre qui est confortable à Natitingou (Fig. 52b). Quant à l'ambiance hydrique, elle est éprouvante de mai à octobre à Natitingou, Kérou et à Tanguiéta et d'avril à octobre à Djougou. Le reste de l'année est, dans l'ensemble, légèrement éprouvant à l'exception de novembre-décembre-janvier à Kérou et mars à Natitingou qui sont confortables (Fig.53b).

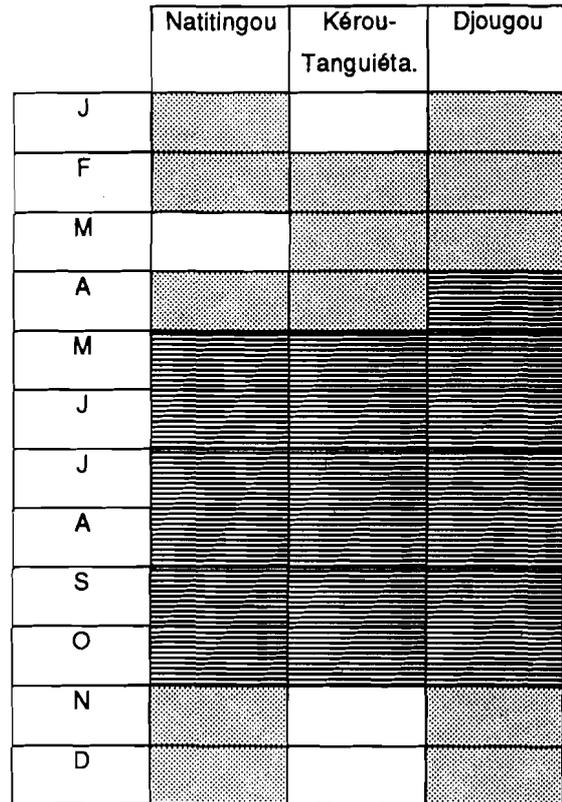
Fig.52 : Synthèse des ambiances thermiques dans l'Atacora au pas de temps mensuel



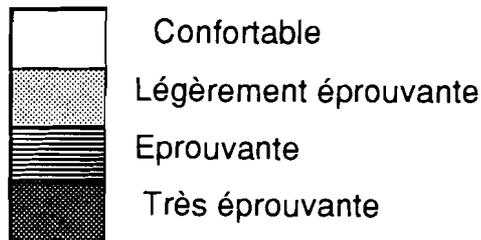
**Fig.53 : Synthèse des ambiances hydriques dans l'Atacora au pas de temps mensuel.**



a) A l'heure du maximum thermique



b) A l'heure du minimum thermique



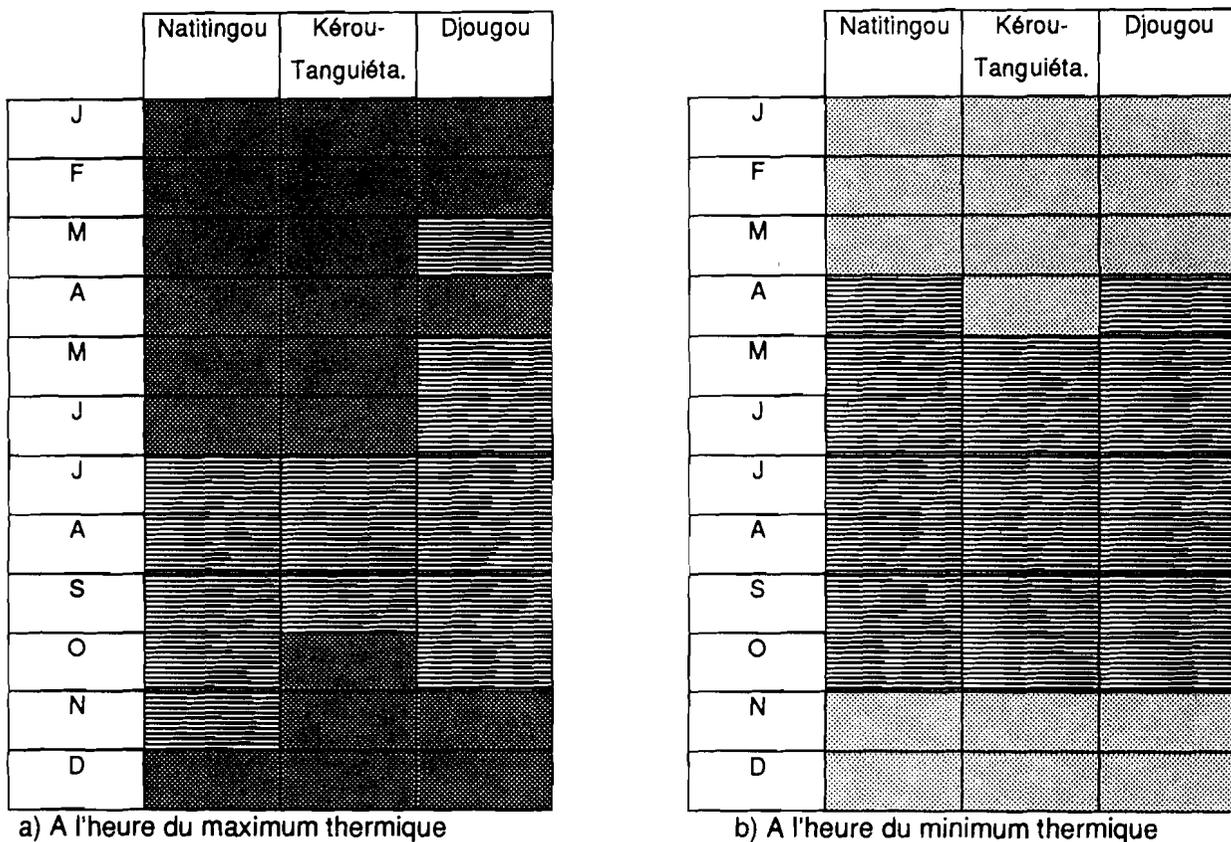
La synthèse globale (tous stress confondus) (Fig.54a, b) présente la situation suivante :

Aucune période de confort n'est pratiquement enregistrée dans l'Atacora en situation moyenne dans le nycthémère et pendant toute l'année.

Aux heures les plus chaudes de la journée, les ambiances sont très éprouvantes pendant l'harmattan (novembre à mars) et durant la période de forte chaleur (avril à juin). Cette situation serait due à la forte chaleur du fait de la forte insolation. Mais les conditions thermiques seraient plus éprouvantes entre avril et juin et en octobre (par forte humidité atmosphérique, la mousson étant suffisamment établie dans la région) que de novembre à mars (du fait de la siccité du vent d'harmattan).

Aux heures les plus fraîches de la journée, les conditions bioclimatiques sont légèrement éprouvantes entre novembre et mars (à cause de l'air sec qui rend plus supportable la chaleur et de la fraîcheur matinale). Mais elles sont éprouvantes de mai à octobre. La forte humidité atmosphérique de la saison pluvieuse ne facilite pas la déperdition calorifique de l'organisme mais rend également la fraîcheur insupportable.

Fig.54 Synthèse globale des ambiances bioclimatiques au pas de temps mensuel



Afin de mieux comprendre le diagramme de synthèse globale des ambiances bioclimatiques au pas de temps mensuel, nous avons pensé établir un diagramme complémentaire en confrontant ces plages d'ambiances aux données moyennes de température et d'humidité, en tenant compte des seuils de confort (mentionnés plus haut) et des périodes nycthémérales de maximum et de minimum thermique. Cela fera apparaître mieux les stress qui se sont combinés par défaut (déficit) ou par excès (Fig.55 a,b) .

La figure 55 révèle qu'en situation moyenne et globalement, le stress hydrique par déficit s'observe dans toutes les stations d'octobre à mai et est lié à l'harmattan et à l'insolation qui réduit l'humidité de l'air. Le stress thermique par excès est vécu d'octobre à avril (Djouougou), à mai (Natitingou) et à juin (Kérou-Tanguiéta) et est favorisé par la forte insolation et les températures élevées de l'après-midi.

**Fig.55a** : Détail de la synthèse globale des ambiances en fonction des stress thermique et hydrique (par déficit ou par excès) au pas de temps mensuel à l'heure du maximum thermique

	Natitingou					Djouougou					Kérou-Tanguiéta				
	TE-	E-	C0	E+	TE	TE-	E-	C0	E+	TE	TE-	E-	C0	E+	TE
J	H-				T+	H-				T+	H-				T+
F	H-				T+	H-				T+	H-				T+
M	H-				T+	H-				T+	H-				T+
A	H-				T+	H-				T+	H-				T+
M	H-				T+			H0	T+		H-				T+
J		H-		T+				H0	T+				H0		T+
J			H0	T+				H0	T+				H0	T+	
A			H0	T+				H0	T+				H0	T+	
S			H0	T+				H0	T+		H-		H0	T+	
O	H-				T+			H0	T+		H-				T+
N	H-				T+	H+				T+	H-				T+
D	H-				T+	H-				T+	H-				T+

La seule ambiance confortable est d'ordre hydrique et s'étend de mai ou juin à septembre ou octobre. A l'heure du maximum thermique, l'humidité de l'air est plus faible (du fait de l'insolation) qu'à l'heure du minimum, ce qui peut expliquer le relatif confort hydrique de la saison des pluies. à cette période de la journée.

**Fig.55b** : Détail de la synthèse globale des ambiances en fonction des stress thermique et hydrique (par déficit ou par excès) au pas de temps mensuel, à l'heure du minimum thermique

	Natitingou					Djougou					Kérou-Tanguiéta				
	TE-	E-	C0	E+	TE	TE-	E-	C0	E+	TE	TE-	E-	C0	E+	TE
J	H-	T-				T-	H-				T-		H0		
F		T-				T-	H-				T-		H0		
M			T0		H+			H0				T-	H0		
A			T0		H+			T0		H+			H0		
M			T0		H+		T-			H+		T-			H+
J		T-			H+		T-			H+		T-			H+
J		T-			H+		T-			H+		T-			H+
A		T-			H+		T-			H+		T-			H+
S		T-			H+		T-			H+		T-			H+
O		T-		H+			T-			H+		T-			H+
N		T-		H+		T-		H0			T-		H0		
D	T-	H-				T-	H-				T-		H0		

A l'heure du minimum thermique, on observe un stress thermique par déficit de juin voire mai à février : c'est le résultat d'une combinaison des fraîcheurs matinales de la saison des pluies et des faibles températures de la période d'harmattan. On a un stress hydrique par excès de mars à novembre suivant les stations. Cette situation est liée au retour et à l'installation de la mousson.

Remarquons des ambiances thermiques confortables entre mars et mai à Natitingou et en mars et en avril à Djougou, et des ambiances hydriques confortables de novembre à avril à Kérou-Tanguiéta, et en mars et en novembre à Djougou.

### e) Synthèse annuelle des ambiances bioclimatiques en pourcentage

Les tableaux 16a,b (tous stress confondus) qui vont suivre permettent de synthétiser les résultats, traduits en pourcentage.

**Tableau 16a** : Synthèse annuelle des ambiances bioclimatiques par station dans l'Atacora à l'heure du maximum thermique (%)

(TE = ambiance très éprouvante; E = ambiance éprouvante; C= Confortable

(-) =stress par déficit

(+)= stress par excès

Ambiances station	TE (-)	E (-)	C	E (+)	TE (+)
Natitingou	H=37,5	0	H=12,5	T=16,6	T=33,3
Djougou	H= 25	0	H=25	T=25	T=25
Kérou-Tang	H =33,3	0	H=16,6	T=12,5	T=37,5
Moyenne	H= 31,9	0	H=18	T= 18	T=31,9

A l'heure du maximum thermique, pas de confort thermique mais on note un confort hydrique avec 18% de l'année. Le stress thermique par excès est prédominant (18% d'éprouvant et 32% de très éprouvant), le stress hydrique par déficit fait 26,3% de l'année.

**Tableau 16b** : synthèse annuelle des ambiances bioclimatiques par station dans l'Atacora à l'heure du minimum thermique (%)

(TE = ambiance très éprouvante; E = ambiance éprouvante;

C= confortable

Ambiances Stations	TE (-)	E (-)	C	E (+)	TE(+)
Natitingou	T=4,1	T=33,3	T=12,5; H=8,3	H=8,3	H=25
Djougou	T=16,6	T=25; H=12,5	T=8,3; H=8,3		H=29,1
Kérou Tanguiéta	T=16,6	T=29,9	T=4,1; H=25		H=25
Moyenne	T=12,4	T=25,2	T=8,3; H=13,8		H=25,3

A l'heure du minimum thermique, l'ambiance très éprouvante par déficit thermique fait 12,4% de l'année alors que l'ambiance éprouvante par le même phénomène fait 29% du temps et 12,5% du temps sont marqués par la siccité de l'air. Le confort thermique fait 8,3% contre 13,8% pour le confort hydrique. Le reste du temps est marqué par le stress hydrique par excès (Tableau 16b). Aucune période de confort réel n'est décelable.

En général dans l'Atacora, on constate qu'à tout moment les mécanismes thermorégulateurs peuvent être sollicités, c'est vrai surtout à l'heure du maximum thermique (midi et après-midi), mais aussi à l'heure du minimum thermique.

Aux heures les plus chaudes de la journée, les ambiances très éprouvantes de novembre à mars voire avril-mai imposent à l'homme de lutter contre la chaleur et contre la dessiccation qui éprouve les bronches, sans oublier les fortes amplitudes thermiques et hygrométriques journalières dont nous avons déjà parlé plus haut.

Les ambiances éprouvantes de juillet à octobre sont liées à l'humidité de l'air qui ne facilite pas la déperdition calorique du corps.

A l'heure du minimum thermique, l'ambiance légèrement éprouvante de novembre à mars correspond à la faible insolation, à la siccité de l'air, à la faiblesse des températures matinales. A des températures inférieures ou égales à 20°C, le moindre vent accroît l'inconfort par renforcement de la déperdition de la chaleur organique. Il s'agit d'un inconfort dû à une certaine fraîcheur.

L'ambiance éprouvante de juillet à octobre est liée à la très forte humidité de l'air (80-97%: la mousson étant bien établie) qui éprouve les bronches et qui rend insupportable toute relative fraîcheur (19-22°C)

Ces résultats qui retracent la situation moyenne de l'Atacora peuvent être modulés (par aggravation ou adoucissement) par les conditions d'habitation et le mode de vie des populations.

Les indices utilisés évaluent les effets physiologiques du climat sur l'homme mais ignorent les aspects psychologiques. Ces derniers sont pris en compte dans le climat vécu.

### **3- Le climat vécu : aspects psychologiques**

Les indices couramment utilisés en bioclimatologie humaine n'intègrent pas le volet psychologique, même si des indices d'agrément et de beau temps ont été mis au point à des fins de tourisme dans le domaine méditerranéen (J.P. Besancenot, 1984, 1990; E. Rosini, 1964 etc.). Souvent cet aspect plus intuitif du climat "vécu" est ignoré des scientifiques. C'est certainement pour rappeler le bien-fondé d'une telle approche que M. Lahiri (1991) rappelle que : " le confort est un état physique et mental dans lequel l'individu tout à la fois fonctionne de la manière la plus efficace et... exprime sa pleine satisfaction de son environnement climatique".

En effet les hommes subissent et apprécient les faits climatiques en fonction de leurs croyances, de leurs attentes et des effets induits par ces événements. Cela s'observe tout particulièrement pour les populations de l'Atacora relativement enclavé et moins développé que les autres régions du Bénin. Ainsi "cette appréciation est toujours suivie de la conséquence qu'elle entraîne soit au niveau de l'activité rurale ou d'autres aspects de la vie rurale soit au niveau de l'organisme humain" (A. Kouni, 1985). Du fait de la longue saison sèche de 1975, la pluie attendue depuis avril à Tanguiéta et qui n'est arrivée qu'en juillet doit être appréciée différemment de celle qui n'est pas souhaitée comme les pluies qui tombent au moment où les paysans font les récoltes et ont besoin du soleil pour les faire sécher. Dans un secteur inondable comme le quartier situé derrière le collège secondaire de Natitingou, par exemple, une averse au coeur de la saison pluvieuse constituera une cause d'anxiété pour les populations qui seront dans la crainte de l'imminence d'une inondation. Il en est de même d'autres faits climatiques (saisons sèches précoces ou anormalement longues, ruptures dans la saison pluvieuse, par

exemple) comme le révèlent nos enquêtes de terrain (auprès de 800 personnes) qui ont pour but de connaître, entre autres, les opinions que les populations ont de ces anomalies climatiques (tableau 17).

**Tableau 17** : Emotions qui animent les populations confrontées aux anomalies climatiques suivant les réponses des populations interrogées (nombre de réponses)

Nota bene : Dans le tableau 17, la somme des chiffres dépassent largement la population interrogée puisque la même personne peut répondre à toutes les questions

Emotions	Anomalies Saisons sèches précoces	Saisons sèches anormalement longues	"Ruptures" des pluies dans la S pluvieuse.	Excès pluviométriques
Inquiétudes	620	640	431	550
Découragement	130	132	330	120
Insomnie	370	390	350	310

L'émotion la plus exprimée par les populations est l'inquiétude pour toutes les anomalies, viennent l'insomnie pour toutes les anomalies et le découragement pour les ruptures dans la saison pluvieuse. Ces émotions (l'anxiété, la peur, le mécontentement ou l'énervement...) relèvent du psychisme.

Dans l'Atacora, trois phénomènes climatiques ont retenu notre attention : l'orage, les pluies en phase diurne et les abats excessifs en septembre-octobre (période des récoltes).

#### d) L'orage

Les phénomènes orageux montrent bien, par exemple, l'importance de ces facteurs psychologiques. L'orage produit, on le sait, d'une part, des décharges électriques, appelées foudre, qui se signalent par l'éclair (signal lumineux) et le tonnerre (signal sonore) et d'autre part des rafales de vent. Les éclairs sont la neutralisation des charges électriques de signe opposé au sein du nuage et /ou entre le nuage et le sol, et le tonnerre est né du brutal réchauffement et de la dilatation de l'air dans le canal de l'éclair; enfin les rafales de vent sont le fait que

de violents mouvements ascendants cohabitent au sein de la cellule nuageuse avec de rapides colonnes d'air descendantes (20 à 30 m/s). Au Bénin, on a affaire à des "orages simples de milieu ou de fin d'après-midi, lignes de grains orageuses et autres ondes convectives mobiles" (J. Pérard, 1992).

La région de l'Atacora est soumise avec une fréquence orageuse importante (120 jours en moyenne annuelle 1932-1980), en partie, due aux conditions topographiques favorables (reliefs, cluse, plaine montagne...), un maximum intervenant pendant la mousson d'été (fig.18) mais une occurrence kéraunique possible pratiquement chaque mois de l'année (plus rares en décembre-février). Certains de ces orages, surtout ceux de début et de fin de saison des pluies sont très violents accompagnés de pluies torrentielles mais aussi de violents bourrasques, parfois exacerbés par le relief (exemple de la passe de Tanguiéta).

**Tableau 18** : Fréquence kéraunique dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)

Stat. mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	jut	août	sept	oct	nov.	déc.	total
Natitingou	0	0	6	12	16	14	16	16	20	14	2	1	117
Djougou	0	0	1	2	3	3	4	4	6	2	0	0	25
Kérou	0	0	2	4	7	5	5	6	6	7	0	0	42
Tanguiéta	0	0	1	3	5	5	5	5	6	5	0	0	35

A Djougou un orage se produit en moyenne tous les 10 jours à partir du mois de mai, mais un jour d'orage par semaine en juillet et en août et un tous les cinq jours en septembre.

A Kérou comme à Tanguiéta, on a un jour d'orage sur cinq pendant la saison pluvieuse.

Enfin, Natitingou enregistre au moins un jour d'orage tous les deux jours et demi, soit environ 3 jours d'orage par semaine. C'est dire que la population de Natitingou connaît en moyenne 3 fois plus de jours orageux donc de stress psychologique lié à l'orage que celle de Djougou et 2 fois plus que celle de Kérou et Tanguiéta.

Or de grands secteurs de l'Atacora sont dépourvus d'arbres ou de grands arbres et par manque d'obstacles le vent est animé d'une forte vitesse. Cela est

souvent préjudiciable aux tourelles amovibles qui servent à protéger les greniers des "tata somba" (la moindre rafale de vent les décoiffe rapidement), aux maisons dont les charpentes sont peu solides du fait des attaches en cordage et les murs en argile séchée sont de moindre résistance par rapport à ceux en parpaings de ciment (La pression du vent sur une surface est liée au carré de sa vitesse selon la formule  $F = 0,075 v^2$ . Pour un vent de 5 m/s, F est égale à 1,87 kg/m<sup>2</sup>; pour 10 m/s, on a 7,5 kg/m<sup>2</sup> et pour 20 m/s, on a 30 kg/m<sup>2</sup>). Il aurait été intéressant d'évaluer la vitesse du vent à partir de laquelle les tourelles ou les maisons traditionnelles sont décoiffées. Pour l'instant, nous n'avons pas les éléments de réponse. C'est une piste que nous pouvons explorer dans de travaux ultérieurs.

Tout cela fait que l'orage, rapporté au milieu atacorien, ne peut qu'être redoutable et redouté dans l'Atacora. Le stress psychologique provoqué par le phénomène est aussi, en partie, dû aux croyances religieuses et aux superstitions qui s'y rapportent. Les noms donnés au phénomène par les populations peuvent nous révéler la crainte qu'il leur inspire. Ainsi, chez les Berba comme chez les Gulmaceba l'accent est mis sur l'effet dévastateur de l'orage et on dit *Teyaxûm* (vent géant et puissant; vent de baobab) en biali et *tafaxu* (vent de pluie) en Gulmacema. Quand l'accent est mis sur les dégâts qu'il cause on parle de *Fôtasînfô* (mauvaise pluie) chez les Bêtamaribè mais dès qu'on insiste sur la peur que son arrivée provoque on dit *Fôyîkecutô taafô* (pluie des puissants; pluie sorcière). En tout cas, nos enquêtes de terrain (800 personnes) montrent bien cette crainte de l'orage le "stress" psychologique qu'il induit tenant autant du caractère spectaculaire que violent du phénomène que de ses effets négatifs sur les cultures, les habitations, le bétail, les hommes ou sur des infrastructures (photo1). La plupart des individus interrogés pensent que le vent est l'élément le plus gênant de l'orage; viennent ensuite le tonnerre et l'éclair. Il en est de même à propos des pluies.

## **b) L'impact psychologique des pluies**

La question de l'effet psychologique des pluies a déjà été abordée par R. Balseinte (1966) et J.P. Besancenot (1984) mais, c'était dans le cadre d'une étude portant sur le tourisme et le thermalisme. La pluie, quelle que soit la période nyctémérale de sa chute, ne saurait, cependant, être cause de soucis ou de gêne

pour des populations qui, en saison sèche, la réclament avec force quand elle ramène une ambiance thermique plus fraîche et plus agréable. D'ailleurs un proverbe tamoul dit que "Jamais un homme n'a été ruiné... par la pluie" (cité par D. Lamarre, 1991). Cependant la pluie peut gêner le déroulement normal de bon nombre d'activités, si elle se produit en phase diurne. Mais à tout moment, elle peut détruire les cultures et réduire à néant toute une saison d'efforts du paysan, quand elle est excessive alors même que les cultures arrivées à maturité n'en exigent point. Partant de ces deux considérations, nous allons analyser la fréquence des pluies diurnes et insister sur les précipitations de septembre-octobre (période de maturation des cultures).

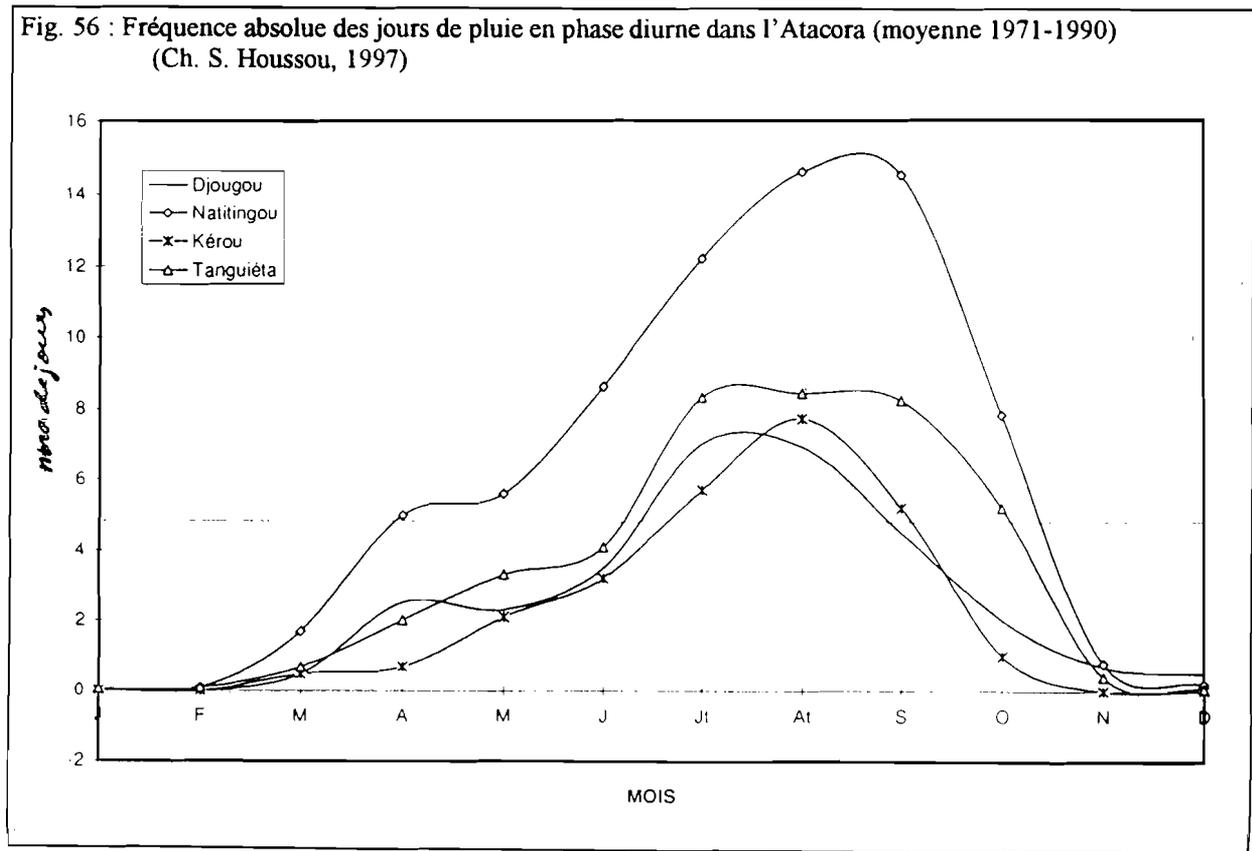
Les figures 56 à 58 donnent respectivement la fréquence absolue mensuelle des pluies en phase diurne dans l'Atacora et celle du nombre de jours pour classes de durée et de hauteurs. A Natitingou et à Tanguiéta, les pluies diurnes constituent les trois-quarts du total annuel des pluies contre environ la moitié à Djougou et à Kérou. Le plus souvent, il s'agit de pluies de convection, locales ou non, qui ont lieu souvent dans l'après-midi, dans la soirée, ou tôt le matin. En moyenne, Natitingou enregistre 64 jours de pluies diurnes sur 104 jours de pluie au total, Tanguiéta 39 sur 67 et Kérou 33 sur 63. La fréquence absolue des pluies en phase diurne (fig. 56) laisse supposer que l'intensité du stress lié aux pluies diurnes s'observe surtout de juin à octobre dans toutes les stations de l'Atacora (l'Atacora connaît en moyenne 3 jours de pluies diurnes par semaine, mais le chiffre grimpe à 4 à Natitingou).

Ces pluies sont également caractérisées par leur durée et leur hauteur. L'Atacora connaît plus fréquemment des pluies diurnes de 60 mn, chiffre révélée par le mode, la classe modale étant [30 mn; 1 h 30mn] (Fig.57). Cependant, des pluies diurnes de durée supérieure à 60 mn sont enregistrées dans la période considérée.

En effet, les pluies de durée comprise entre 1h30 et 5h font à Natitingou et à Tanguiéta 34% des événements pluvieux diurnes, à Djougou et Kérou 38%. Et, sur les 64 jours de pluies diurnes dénombrés en moyenne annuelle à Natitingou, 22 ont une durée comprise entre 1h 30 mn et 5 heures contre 13 à Tanguiéta et 12 à Djougou.

Quant aux hauteurs des pluies diurnes dans l'Atacora, les plus fréquentes nous sont données par la classe modale qui est [0,1 ;5 mm] (fig.58). Ainsi le mode des hauteurs des pluies diurnes dans la région est de 2,5 mm. Cette classe de hauteur représente moins de 50% des pluies diurnes de l'Atacora. Par contre des hauteurs plus élevées sont enregistrées. La classe de 5-40 mm et plus représente environ 57% des pluies diurnes dans l'Atacora de 1971 à 1990 (50,1% à Natitingou ; 58% à Tanguiéta, 53% à Kérou ; 67% à Djougou).

Fig. 56 : Fréquence absolue des jours de pluie en phase diurne dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)  
(Ch. S. Houssou, 1997)



En conséquence, dans l'Atacora, la fréquence des pluies diurnes, leurs durées et leurs hauteurs sont susceptibles de gêner le bon déroulement des activités de plein air et d'irriter l'homme confronté à la situation.

C'est à travers les noms que les populations attribuent aux phénomènes que nous percevons la gêne qu'ils leur occasionnent. Ainsi les Berba et les Gulmaceba mettent l'accent sur le temps perdu quand il disent "*Xunskàn Taðf*" et "*Tajjenu*" c'est-à-dire la pluie du paresseux ou la pluie de midi. Il en est de même des Baatombu quand ils disent "*Guru-yikuru*". En ditammari on dit "*Fəwetaaf*" (pluie ensoleillée). A. Kouni (1985) a rapporté que les Yowa, les Lokpa et le Piyobè de l'Atacora sud utilisent certaines expressions comme : "la pluie a tué le marché" (le marché n'a pu battre son plein à cause de la pluie) ou encore "la pluie a tué l'association des travailleurs" (On n'a pas été au champ à cause de la pluie). Elle

Fig.57 : Fréquence absolue des jours de pluie de diverses durées, en phase diurne, dans l'Atacora de 1971 à 1990

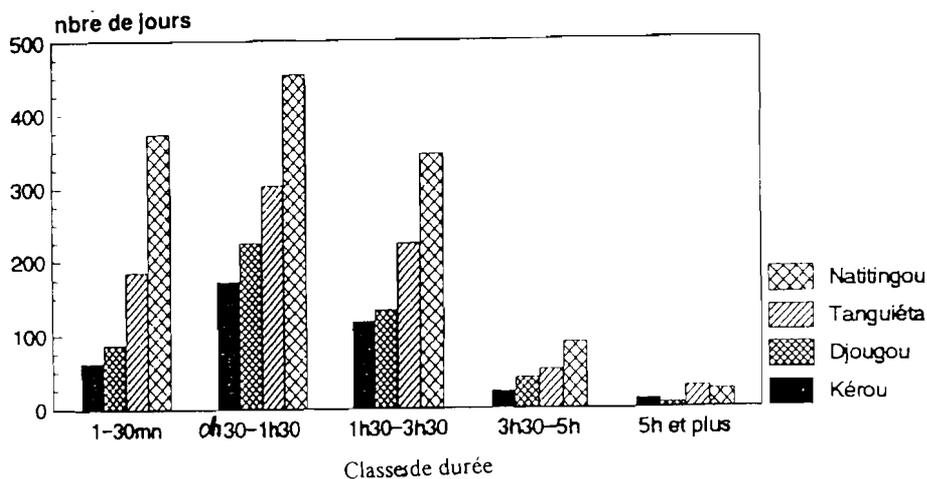
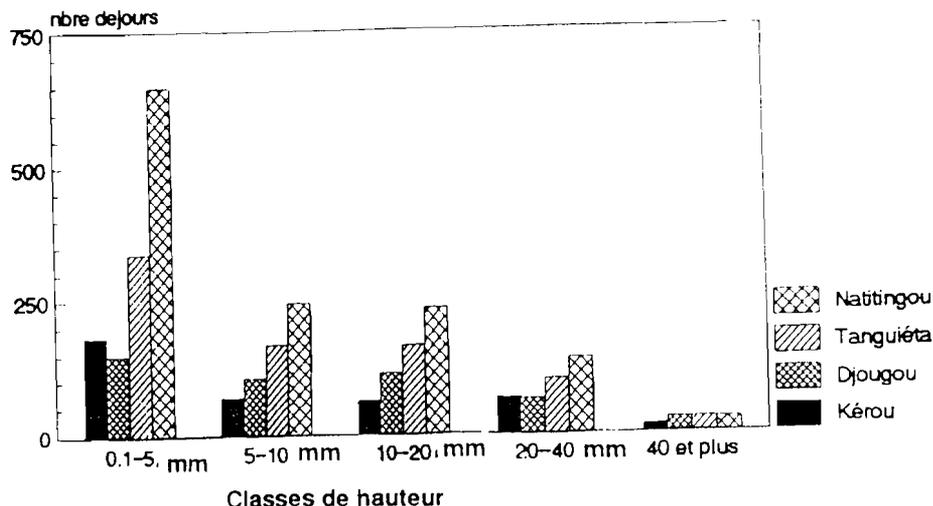


Fig.58 : Fréquence absolue des jours de pluie de diverses hauteurs, en phase diurne, dans l'Atacora de 1971 à 1990.



peut empêcher qu'une association d'entraide effectue sa tâche; cela pose un problème à celui qui a sollicité l'aide.

Enfin, elle peut gêner le déroulement des cours dans une classe à cause des bruits assourdissants des gouttes d'eau sur la toiture en tôle sans plafond ou par des arrosages des salles de classe du double fait du vent et de l'état des infrastructures. Le maître est irrité surtout s'il entend finir le programme. Heureusement les fréquences les plus élevées s'observent de juillet à septembre donc bien en dehors de l'année scolaire. Mais aussi à un moment où les cultures n'attendent que des travaux d'entretien. L'agriculteur ne pourra pas physiquement sarcler ni pendnat ni juste après les pluies (sols encore engorgés d'eau et lourds à travailler, les feuilles des plantes sont encore mouillées).

Nos enquêtes de terrain démontrent l'appréciation négative que les populations ont sur la pluie diurne qui est considérée comme une variable perturbatrice des activités socio-économiques (85% des éleveurs interrogés, 100% des transporteurs-conducteurs, 77% des enseignants, 75% des agriculteurs et 66% des élèves)

**Les pluies du bimestre septembre-octobre** posent un problème d'excès d'eau, au coeur de la saison pluvieuse, qui n'a jamais été abordé dans une étude sur l'Atacora voire sur le Bénin.

Il est peut-être paradoxal de parler de pluies excessives pendant un bimestre (septembre-octobre), alors que la tendance générale en Afrique Occidentale est à la baisse des précipitations. Pourtant, c'est bien la situation d'excès que vivent les populations de l'Atacora au cours de ce bimestre, période où les céréales et l'arachide sont déjà arrivées à maturité et n'ont plus besoin d'une grande quantité d'eau, d'autant plus qu'un sol déjà saturé devient vite temporairement hydromorphe. Dès qu'il pleut, il y a possibilité que les plantes à gousses pourrissent ou germent avant les récoltes. Cette situation est préoccupante d'autant que le mois de septembre est souvent le mois de maximum pluviométrique dans le milieu.

Les paysans vivent, souvent dans l'anonymat, ces différentes situations qui les minent. Cependant aucune autre évaluation du fait psychique n'est encore possible. On ne peut même pas en appréhender les conséquences sanitaires du fait

de l'inexistence de statistiques sur les cas psycho-somatiques. Ce qui est certain est que ces petits événements stressants peuvent causer des ravages insoupçonnés. En effet, "les petits ennuis, dont beaucoup de personnes sont tous les jours accablées, participent, par leurs répétitions monotones, tout autant que les grands événements, à entretenir un stress aussi dangereux mentalement et physiquement" (J. Cosniers, 1994).

Au vu des ambiances bioclimatiques définies par les indices courants, nous pouvons dire que certaines saisons présentent pour les populations de l'Atacora plus de risques que d'autres.

L'harmattan (fraîcheur, air très sec) et l'intersaison (forte chaleur) constituent des périodes à grand risque pour les populations. Et mai-juin voire juillet d'une part et octobre-novembre et décembre d'autre part constituent des mois charnières au cours desquels l'organisme humain est en situation d'adaptabilité face à la nouvelle saison qui s'amorce lentement.

D'autre part, la saison des pluies ne constitue pas moins une période à risque à cause de la très forte humidité de l'air et du sol (facilité de contracter un "refroidissement" du fait que la population va pieds nus, développement plus rapide et accru de toutes sortes de germes pathogènes). A tout cela s'ajoute le stress psychologique lié aux phénomènes et événements climatiques, dont ceux qui ont retenu notre attention (orages, pluies en phase diurne et excès pluviométrique du bimestre septembre-octobre) et que nous avons étudiés.

***Nos conclusions sur les ambiances climatiques et bioclimatiques dans l'Atacora sont donc concordantes avec l'opinion qu'en ont les populations, opinion formulée par M. Boko (1988) : "..., les mois frais, qu'ils soient secs (décembre à février ) ou pluvieux (juillet et août), sont également perçus comme ... éprouvants pour l'organisme humain, au repos aussi bien qu'en activité."***

Toute l'année, le climat offre aux populations de l'Atacora une ambiance éprouvante qui peut être préjudiciable à leur santé par ailleurs souvent déjà affectée par des conditions socio-économiques précaires. Toutefois cette analyse en situation moyenne donnant les conditions bioclimatiques du milieu est établie en

fonction des mesures faites sous abri météorologique. Elle ne tient compte ni des situations réelles, notamment de la variabilité interdiurne ou interannuelle. L'étude de quelques cas "en situations vraies" et l'exploitation d'enquêtes sur la perception du temps par les populations devraient permettre de préciser la réalité du "climat vécu" dans l'Atacora.

## **C: ETUDE DE CAS ET PERCEPTION DU TEMPS PAR LES POPULATIONS**

### **1- Méthodologie**

A Natitingou, nous avons réalisé des mesures de températures et d'humidité en 1993 dans deux salles de classe des écoles, Winkè et Tchilimina et deux maisons, l'une du quartier Yokossi, l'autre à Tchilimina.

L'école primaire publique de Winkè et celle de Tchilimina sont construites en parpaings de ciment avec une toiture en tôle munie de plafond. Les ouvertures comportent une porte unique et sur les deux faces latérales des claustras (Winkè) mais des fenêtres à deux battants (Tchilimina).

Par contre la maison du quartier Yokossi est une maison traditionnelle en banco c'est-à-dire en motte de terre séchée et à toiture de chaume. Elle comporte deux pièces munies chacune d'une porte mais sans fenêtre.

Celle du quartier Tchilimina est de conception plus moderne. Elle est composée d'un séjour et de 4 pièces de murs en parpaings. La toiture est en tôle mais sans plafond; toutes les chambres sont dotées de fenêtres à persiennes.

Ces sites ont été retenus en fonction de la disponibilité des directeurs de ces écoles et de celle des propriétaires des deux maisons. Le but recherché a été de voir si les ambiances dans les bâtiments sont comparables ou non à celles déterminées en situation moyenne ou en situation réelle à la station.

Les mesures qui devraient être faites au cours des deux saisons climatiques (saison sèche et saison humide) n'ont pu être réalisées qu'uniquement en saison sèche ( période d'harmattan, janvier; celle de forte chaleur, mars;) de l'année 1993, en plaçant l'appareil, un barothermohygrographe, à 0,90 m du plancher, tel que l'a conseillé A. Auliciems (1971). Effectivement, des problèmes avec l'appareil n'ont pas permis de poursuivre les mesures. Ces difficultés posent le problème de la longueur de la série et de la représentativité des données obtenues qui pourraient être validées après comparaison avec les résultats en situations réelle ou moyenne à la station en période d'harmattan et durant celle de forte chaleur et après recherche de relation significative entre les ambiances thermiques dans les bâtiments et celles de la station.

## 2- Les ambiances en période d'harmattan

Dans les écoles de Winkè et de Tchilimina, les températures enregistrées dans la matinée (8-12h) sont de l'ordre de 20,5 à 24°C contre 24 à 28°C, l'après-midi (12-18h) (Fig.59), alors que dans les maisons on a enregistré entre 20,6 et 23,8°C le matin contre 28 -29°C l'après-midi. A la station, on a mesuré en janvier 1993, entre 14,5 et 18,5°C le matin contre 28 à 32,3°C l'après-midi (Tableau 19), même si la moyenne à la station à ces moments est de 18 à 20°C le matin contre 30-34°C l'après-midi.

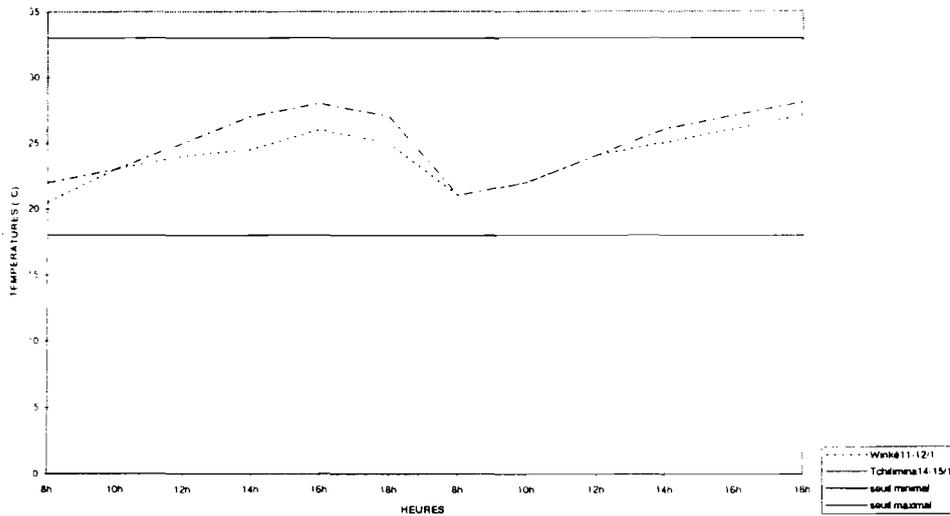
Quant à l'humidité atmosphérique, dans les écoles on a enregistré de 16 à 25% d'humidité relative et de 3,9 à 7,4 hPa de tension partielle de vapeur (Fig.60a,b) alors que dans les maisons on a 16 à 23% d'humidité relative et des valeurs de tension de vapeur inférieures à 7,5 hPa (Fig.61a,b). A la station 12 à 38% et 4,7 à 8,9 hPa sont enregistrés (Tableau 19). Habituellement Natitingou connaît entre 15 et 35% d'humidité relative et 7-8 hPa de tension superficielle de vapeur.

Il apparaît qu'il a fait plus frais à Natitingou en janvier 1993 que d'habitude (écart de 3°C le matin contre 1,7°C l'après-midi). Dans les bâtiments, l'ambiance thermique est moins éprouvante qu'à la station que cela soit en situation moyenne ou réelle mais l'hygrométrie exprime une situation générale de siccité de l'air. Enfin l'ambiance thermique dans la maison en banco (23°C) est plus clémente que celle de la maison moderne (20-21°C). Les matériaux traditionnels réduisent l'inconfort. De ce point de vue, le banco semble avoir plus d'inertie thermique que le parpaing. Ainsi, modernité ne signifie pas nécessairement meilleur confort de l'habitat.

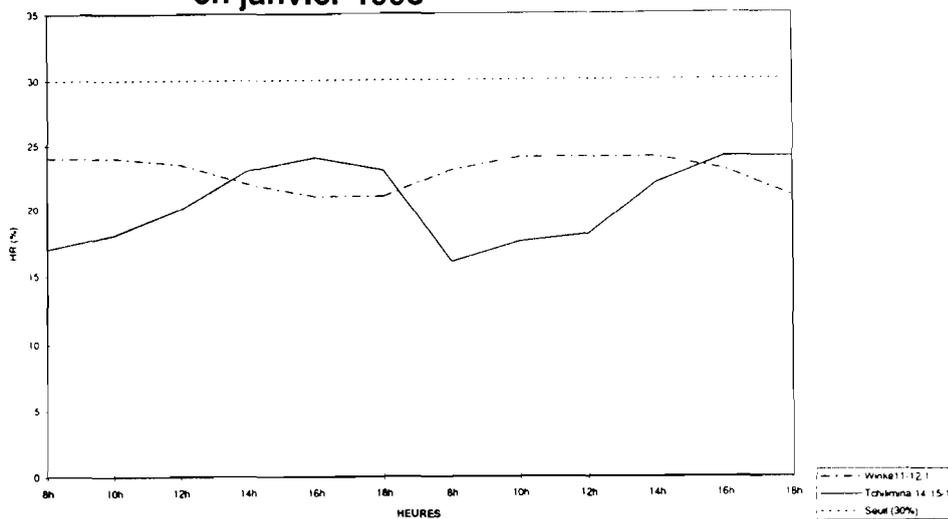
Tableau 19 : ambiances biométéorologiques à la station de Natitingou (janvier 1993)

Dates	6 janvier		7 janvier		8 janvier		9 janvier		10 janvier		13 janvier		14 janvier	
	7h	16h	7h	16h	7h	16h	7h	16	7h	16h	7h	16 h	7h	16h
T°	16,0	28,0	14,6	27,4	14,5	27,5	15,6	29,2	15,0	29,0	17,4	32,3	18,0	32,0
HR	24,0	12,0	28,0	16,0	34,0	19,0	36,0	17,0	32,0	19,0	38,0	23,0	35,0	25,0
Tvap	4,7		5,08		6,24		6,5		6,9		8,9		8,9	
K	439	132	486	138	514	124	460	100	492	90	352	17	417	22

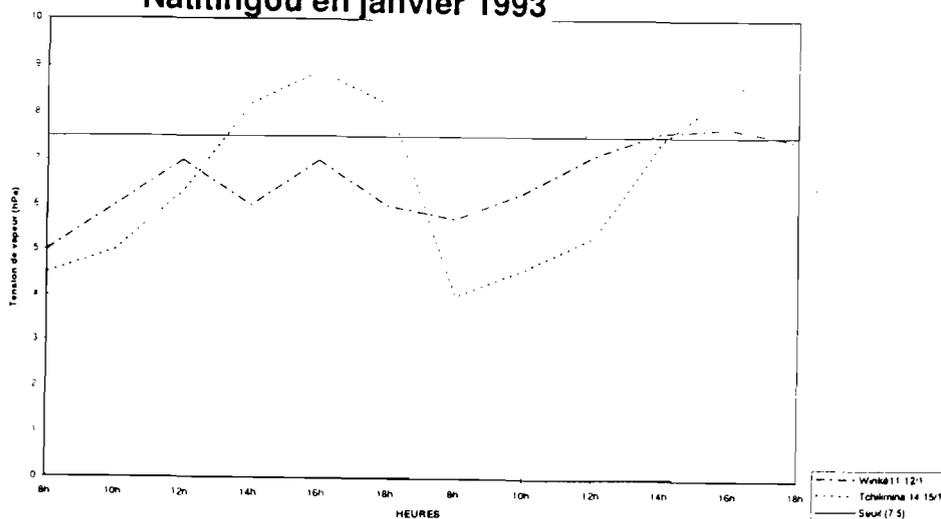
**Fig. 59 : Ambiances thermiques dans deux salles de classe à Natitingou en janvier 1993**



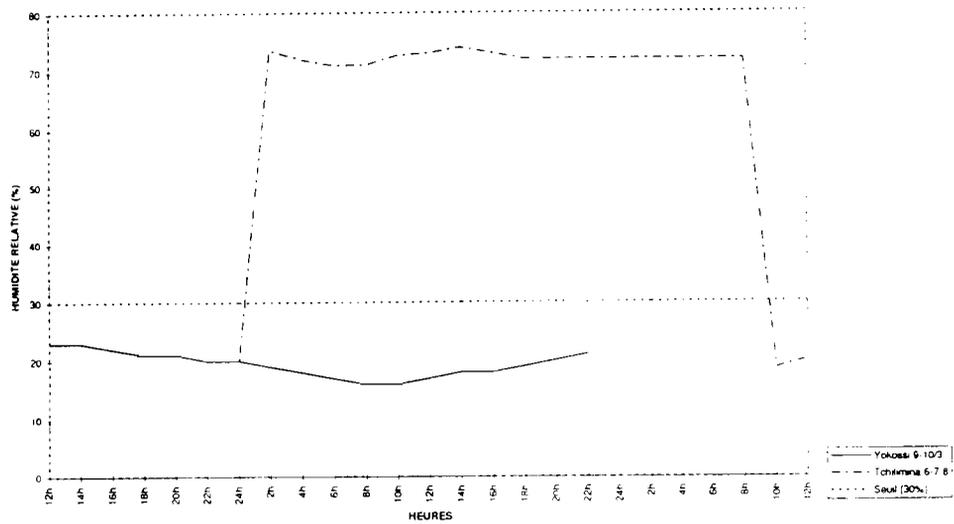
**Fig.60a : Ambiances hydriques (HR%) dans deux salles de classe à Natitingou en janvier 1993**



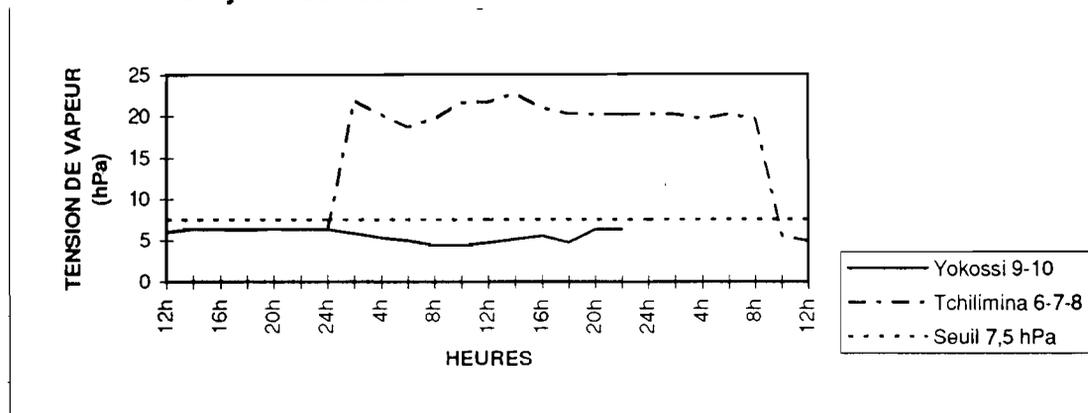
**Fig. 60 b : Ambiances hydriques (Tvp en hPa) dans deux salles de classe à Natitingou en janvier 1993**



**Fig.61a : Ambiances hydriques (HR%) dans deux maisons à Natitingou en janvier 1993**



**Fig. 61 b : Ambiances hydriques (T<sub>vap</sub> en hPa) dans deux maisons à Natitingou en janvier 1993**



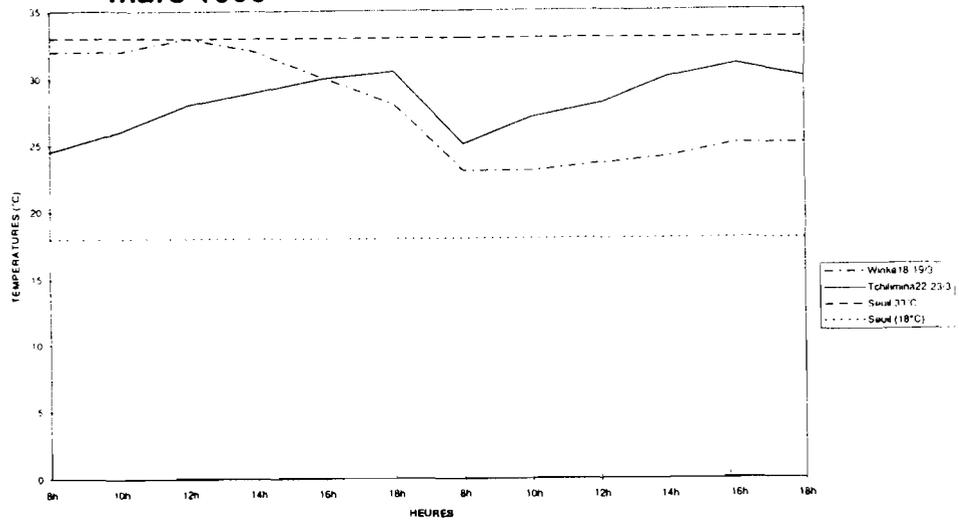
### **3- En période de forte chaleur**

Dans les écoles, 23 à 26°C le matin et 30 à 33°C l'après-midi sont enregistrés (Fig.62a) alors qu'on a 26 à 28°C le matin contre 29-30°C l'après-midi dans la maison de Tchilimina (tableau 20a,b) et qu'à la station on a enregistré 18°C le matin et 35,6°C l'après-midi (tableau 21). A Natitingou, on enregistre habituellement 24 à 30°C le matin et 37-38 °C l'après-midi.

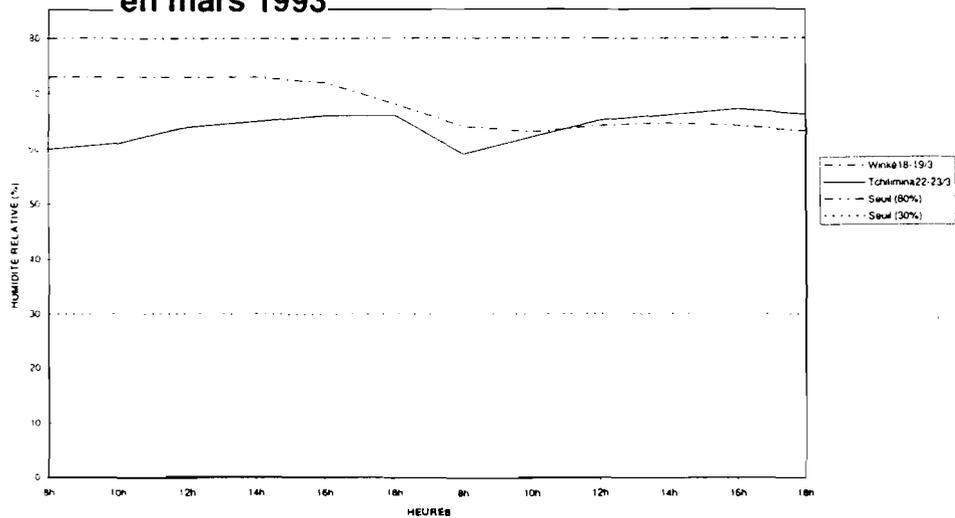
Du point de vue hygrométrique, on a, dans les écoles 73% d'humidité relative (fig.62b) et entre 25,3 et 36,7 hPa de tension superficielle de vapeur. Il y a donc inconfort thermo-hygrométrique dans les écoles (DI :77 à 84) comme dans la maison de Tchilimina (DI : 77 à 80). Dans cette dernière, en effet, on a enregistré 61 à 66% d'humidité relative et de 20,0 à 28 hPa de tension de vapeur (tableau 20) alors que la station en mars 1993 a connu 16 à 85% d'humidité relative et de 5,6 à 26 hPa de tension superficielle de vapeur (Fig.21) et qu'habituellement la situation enregistre de 59 à 80% et de 19 à 26 hPa. Même si nous n'avons pas pu effectuer de mesures dans une maison en banco en période de chaleur, une étude que nous avons menée à Ouidah dans différentes maisons (banco et modernes) a conclu qu'en toutes saisons les maisons construites en banco sont sensiblement plus confortables que celles construites en parpaings de ciment (Ch. S. Houssou, 1997). Nous pouvons extrapoler, les mêmes matériaux étant utilisés dans l'Atacora et dans le sud du Bénin, en disant qu'il n'y a pas de doute qu'on ait pas le même résultat dans l'Atacora.

**Ces résultats confirment les conclusions selon lesquelles l'ambiance thermique dans les bâtiments est relativement moins inconfortable qu'à la station.**

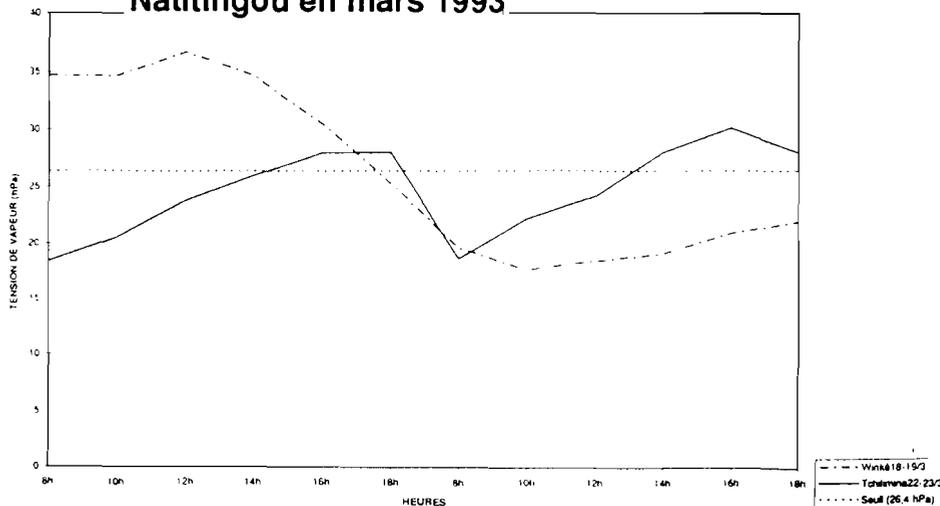
**Fig. 62a : Ambiances thermiques dans deux salles de classe à Natitingou en mars 1993**



**Fig. 62b : Ambiances hydriques (HR%) dans deux salles de classe à Natitingou en mars 1993**



**Fig. 62c : Ambiances hydriques (T<sub>vp</sub> en hPa) dans deux salles de classe à Natitingou en mars 1993**



**Tableau 20** Valeurs de certains paramètres biométéorologiques dans la maison sise au quartier Tchilimina les 20 et 21 mars 1993

a) 20 mars 1993

Heures	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
HR	64,0	63,5	63,0	62,0	61,0	63,0	65,0	65,0	65,0	64,5	64,0	63,0
Temp.	28,9	28,0	28,0	26,5	26,0	27,0	28,0	29,0	29,0	29,0	28,7	28,0
Tvap	25,1	23,6	23,5	21,4	20,5	22,4	23,8	26,0	26,0	25,8	25,1	23,5

b) 21 mars 1993

Heures	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
HR	63,0	63,0	63,0	62,0	61,0	63,0	65,0	66,0	66,0			
Temp.	28,0	28,0	27,0	26,5	26,0	27,0	28,0	30,0	30,0			
Tvap	23,0	23,0	22,0	21,0	20,0	22,0	24,0	28,0	28,0			

**Tableau 21:** Ambiances météorologiques sous abri à la station de Natitingou les 18-19 et 20-23 Mars 1993 à 7 h et 16 h

	18 mars		19 mars		20 mars		21 mars		22 mars		23 mars	
Heure	7 h	16 h	7 h	16 h	7h	16h	7h	16h	7 h	16 h	7h	16 h
T°	24,4	36,7	23,1	30,0	17,2	31,6	18,0	33,2	19,0	34,5	18,7	35,6
HR	85,0	42,0	83,0	19,0	43,0	16,0	38,0	18,0	40,0	13,0	40,0	42,0
Tvap	26,0	26,0	23,0	9,1	7,7		7,5		5,6	7,9	5,6	6,6
K	238,8	-90	250,3	91,8	439	34	338	-5,5	270,5	-45,6	275,2	-63,9

#### 4- Liaison entre les températures à la station et celles de l'intérieur des bâtiments

Le tableau 22 présente les températures et les amplitudes thermiques diurnes à la station et dans les bâtiments (salles de classe et maisons) à Natitingou.

La validité de l'amplitude thermique est liée à l'échelle de temps sur laquelle on l'a enregistrée (1°C/h par exemple), mais nous ne disposons pas de données

pouvant le montrer. Nous allons, cependant, utiliser ce que nous avons pour apprécier le mode de vie dans les bâtiments. Ces amplitudes sont plus élevées à la station que dans les bâtiments et moins dans le bâtiment traditionnel que dans ceux en parpaings de ciment. Il est clair que les bâtiments en matériaux traditionnels réduisent notablement l'inconfort.

**Tableau 22:** Variation thermique journalière dans les bâtiments et à la station synoptique : mesures de la matinée et de l'après-midi (°C) du 6 au 15 janvier 1993 et 18 au 23 mars 1993.

DATES		6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1
<b>INTERIEUR DES BÂTIMENTS</b>	MATINEE (yi)	21,5	21,0	20,6	23,0	23,8	20,5	21,0
	APRES-MIDI (xi)	25,0	24,6	24,0	25,0	25,0	26,0	26,0
	AMPLITUDES [(xi)-(yi)]	3,5	3,6	3,4	2,0	1,2	5,5	5,0
<b>A LA STATION</b>	MATINEE (ye)	16,0	14,6	14,5	15,6	15,3	16,5	16,6
	APRES-MIDI (xe)	28,0	27,4	27,5	29,2	29,0	31,4	31,5
	AMPLITUDES[(xe)-(ye)]	12,0	12,8	13,0	13,6	13,7	14,9	14,9

DATES		13/1	14/1	15/1	18/3	19/3	20/3	21/3	22/3	23/3
<b>INTERIEUR DES BÂTIMENTS</b>	MATINEE (yi)	21,0	22,0	21,0	32,0	23,0	26,0	26,0	24,6	25,0
	APRES-MIDI (xi)	28,5	28,0	27,0	34,0	25,0	29,0	30,0	30,0	31,0
	AMPLITUDES [(xi)-(yi)]	7,5	6,0	6,0	2,0	2,0	3,0	4,0	5,4	6,0
<b>A LA STATION</b>	MATINEE (ye)	17,4	18,0	18,5	24,4	23,1	17,2	18,0	19,0	18,7
	APRES-MIDI (xe)	32,3	32,0	31,6	36,7	30,2	31,6	33,2	34,5	35,6
	AMPLITUDES[(xe)-(ye)]	14,9	14,0	13,1	12,3	7,1	14,4	15,2	15,5	16,9

xi, xe = température maximale ; yi, ye = température minimale

Dans les bâtiments comme à la station, la température augmente entre la matinée et l'après-midi. Ce qui exprime la covariation de la température en ambiance confinée et à l'air libre.

Quant à l'écart thermique, il est modéré dans les bâtiments : il s'étend de 1,5° C à 7,5°C et il est inférieur à 10°C. Il est, par contre, très important à la station : son étendue est comprise entre 7,1°C et 16,9°C, il est toujours supérieur à 10°C, excepté le 19 mars où il est égal à 7,1°C.

La comparaison entre les mesures effectuées dans les classes et les maisons et celles obtenues à la station de Natitingou pour les mêmes périodes

permet de valider les résultats présentés plus haut, au pas de temps moyen. Pour cela, nous avons établi une régression simple avec le logiciel TSP (Time Series Processing), toutefois sans pouvoir tenir compte de la spécificité de chaque bâtiment du fait de la trop petite taille de l'échantillon si on considérait chaque type de construction.

La régression simple entre la température maximale mesurée à l'intérieur des bâtiments et la température maximale à la station s'exprime par une équation de la forme :

$$y = ax + b \text{ où } a \text{ est la pente, } b, \text{ la constante et } x, \text{ la variable explicative.}$$

La taille de notre échantillon (N) est 16. Ainsi le nombre de degré de liberté est égal à 14, c'est-à-dire N-2. C'est sur cette base que nous avons testé la validité des coefficients de corrélation par le test de Pearson.

\* Cas des températures maximales

Leur équation de régression est:

$$TIM = 0.89 TEM - 1,22$$

où TIM est la température maximale à l'intérieur des bâtiments et TEM, la température maximale à la station.

Le coefficient de corrélation de 0,81 est supérieur à la valeur critique (0,62) et donc significatif au seuil de 1%.

Nous pouvons dire que la température maximale à l'intérieur des bâtiments est expliquée à 64% par la température qu'il fait à l'extérieur.

\* Cas des températures minimales

L'équation de cette régression est :

$$TIN = 0,58 TEN + 13,24 \text{ où}$$

TIN est la température minimale à l'intérieur des bâtiments.

TEN est la température minimale à la station.

Le coefficient de corrélation de 0,56 est significatif au seuil de 5% ( $0,56 > 0,4926$ ) r calculé est supérieur à r lu dans la table. Le coefficient de détermination (R) qui est de 0,31 ou 31% permet de dire que la température minimale à l'intérieur des bâtiments n'est expliquée qu'à 31% par la température de l'extérieur.

La part de variance de la température des bâtiments (36% pour les températures maximales et 69% pour les températures minimales) non expliquée par la température qu'il fait à l'extérieur serait due à l'inertie thermique des matériaux, aux échanges respiratoires dans les maisons et à la circulation très limitée de l'air dans les bâtiments (surtout la nuit et à l'aube), les portes et fenêtres étant fermées.

Tous ces éléments participent à l'élévation de la température minimale à l'intérieur des bâtiments (maisons d'habitation surtout).

Du fait de la petite taille de notre échantillon, les résultats de la régression ne sont pas généralisables. Les résultats de la régression n'ont pas une grande valeur scientifique. Il s'agit simplement d'une estimation ponctuelle de type de relation qui peut exister entre l'ambiance extérieure et l'ambiance confinée de ce type d'habitat lorsqu'il n'y a aucune production artificielle de chaleur.

Les ambiances climatiques observées à l'intérieur (même s'il adoucit quelque peu les ambiances thermiques) comme à l'extérieur peuvent être préjudiciables à la santé et affecter aussi le rendement au travail. Les figures 63 et 64, en effet, montrent que tout au long de l'année, l'ambiance thermique est très éprouvante entre midi et 17 heures. Cette période, correspondant à l'heure du maximum thermique, n'est compatible ni avec l'effort intellectuel ni avec l'effort physique que nécessite le travail agricole fait avec des moyens rudimentaires.

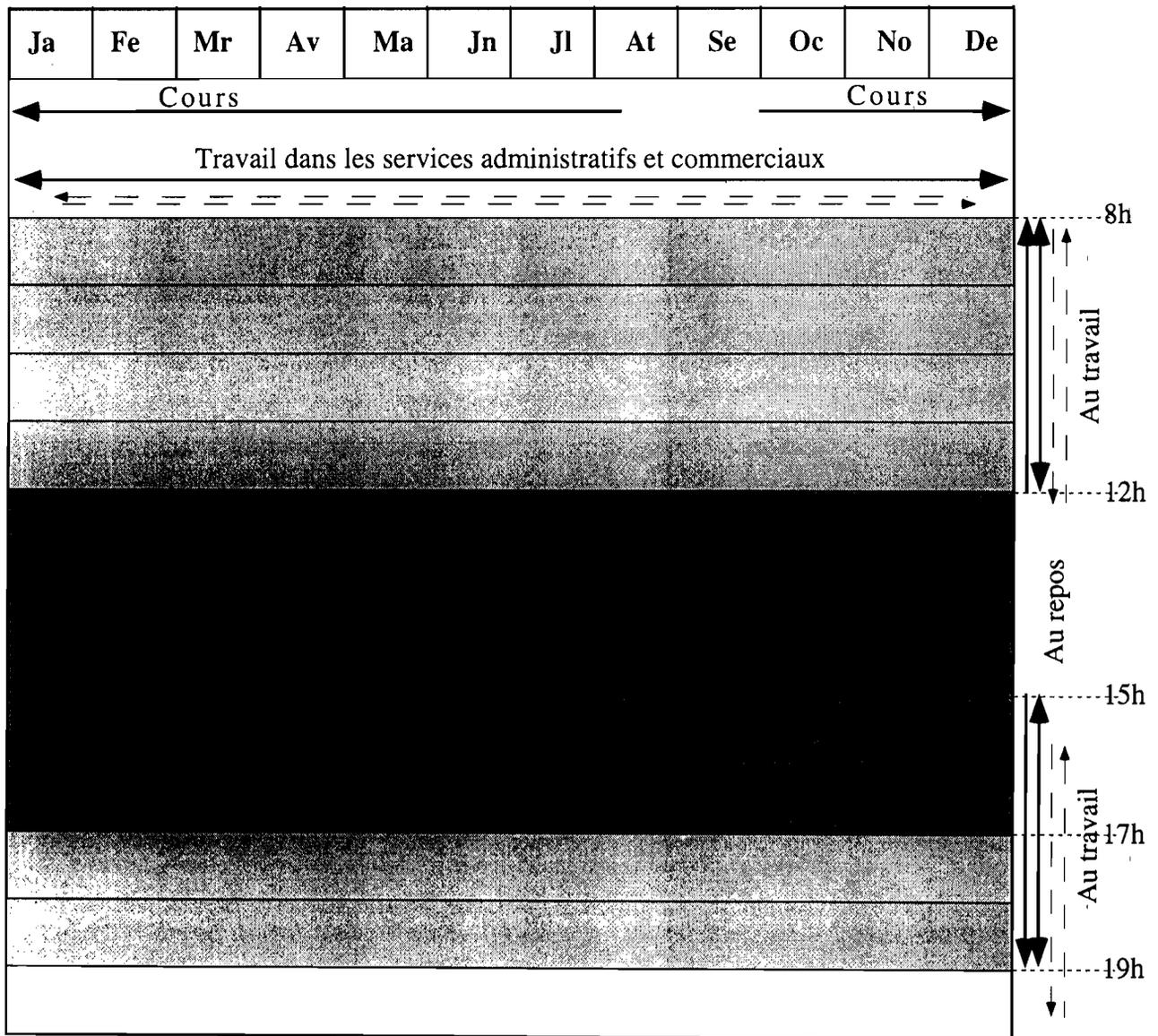
En effet, le travail intellectuel exige que les organes profonds soient bien irrigués en sang, ce qui n'est pas le cas quand il fait très chaud, car la vasodilatation périphérique a pour conséquences une tendance à l'irrigation sous-cutanée au détriment des organes profonds et une accélération du rythme cardiaque. Le déficit d'irrigation de ces organes comme les viscères prédispose à la somnolence, contre laquelle les jeunes enfants doivent lutter en permanence. Ils sont donc fatigués et suivent difficilement les cours, surtout que ce sont des salles avec toiture en tôles. De telles conditions constituent sûrement des situations de contraintes thermiques (Ph. Mairiaux, J. Malchaire, 1990)?

Par ailleurs, la fraîcheur de l'harmattan ( $t^{\circ} < 20^{\circ}\text{C}$ , parfois  $10^{\circ}\text{C}$ ) n'épargne personne, surtout que les élèves et écoliers sont vêtus de manière inadéquate dans des salles inadaptées.

D'autre part, tout travail exigeant un effort musculaire demande un surcroît d'énergie. Sous le soleil, la charge calorique emmagasinée impose une déperdition par transpiration, d'où diminution du tonus, perte d'eau et de sels minéraux. L'organisme n'est plus de nature à soutenir l'effort physique pendant longtemps. La forte chaleur entraîne donc la baisse du tonus des muscles, difficilement compatible avec un effort musculaire prolongé et soutenu. Dans l'agriculture, en effet, comme nous l'avons montré au chapitre deux de cette étude, les travaux agricoles se font pratiquement toute l'année mais avec des périodes d'intensité entre avril et octobre (moment où l'air atmosphérique est proche de la saturation) novembre à février. A cela s'ajoutent des températures de 30°C à partir de 12h. Ainsi la sensation de touffeur est fortement ressentie, surtout qu'en cette période le vent souffle très peu. Cette ambiance de total inconfort conjuguée avec un effort physique intense prédispose l'organisme à la fatigue. Et le travail effectué sous un soleil ardent s'avère préjudiciable à la santé : trop d'effort est demandé à l'organisme pour rétablir l'équilibre homéostatique. En effet, toute exposition au rayonnement solaire, sans protection dans un espace peu ou pas ventilé, est une situation de contrainte thermique.

Un partiel bilan calorique du corps humain d'une personne qui travaille sous le soleil, sans les données sur la charge thermique (dont nous ne disposons pas), nous donnera peut-être une idée de la situation thermique. Nous allons nous baser sur la chaleur métabolique de base ( $M_b:40 \text{ kcal/h/m}^2$ ) et celle due au travail de force comme le labour ( $M_t:240 \text{ kcal/h/m}^2$ ) d'où nous soustrairons le pouvoir réfrigérant de l'air ( $K$ ) et la déperdition thermique par sudation ( $E:1 \text{ litre de sueur par heure équivaut à } 350 \text{ kcal/h/m}^2$ ). Ainsi, on a :  $M_b + M_t - K - E = 0$

Dans l'Atacora, le pouvoir réfrigérant de l'air ( $k$ ) prend des valeurs négatives (une moyenne de  $-96 \text{ kcal/h/m}^2$ ) d'octobre à juin et entre 12 h et 17h du nyctémère. Ce qui veut dire que le milieu ambiant apporte la chaleur à l'organisme.



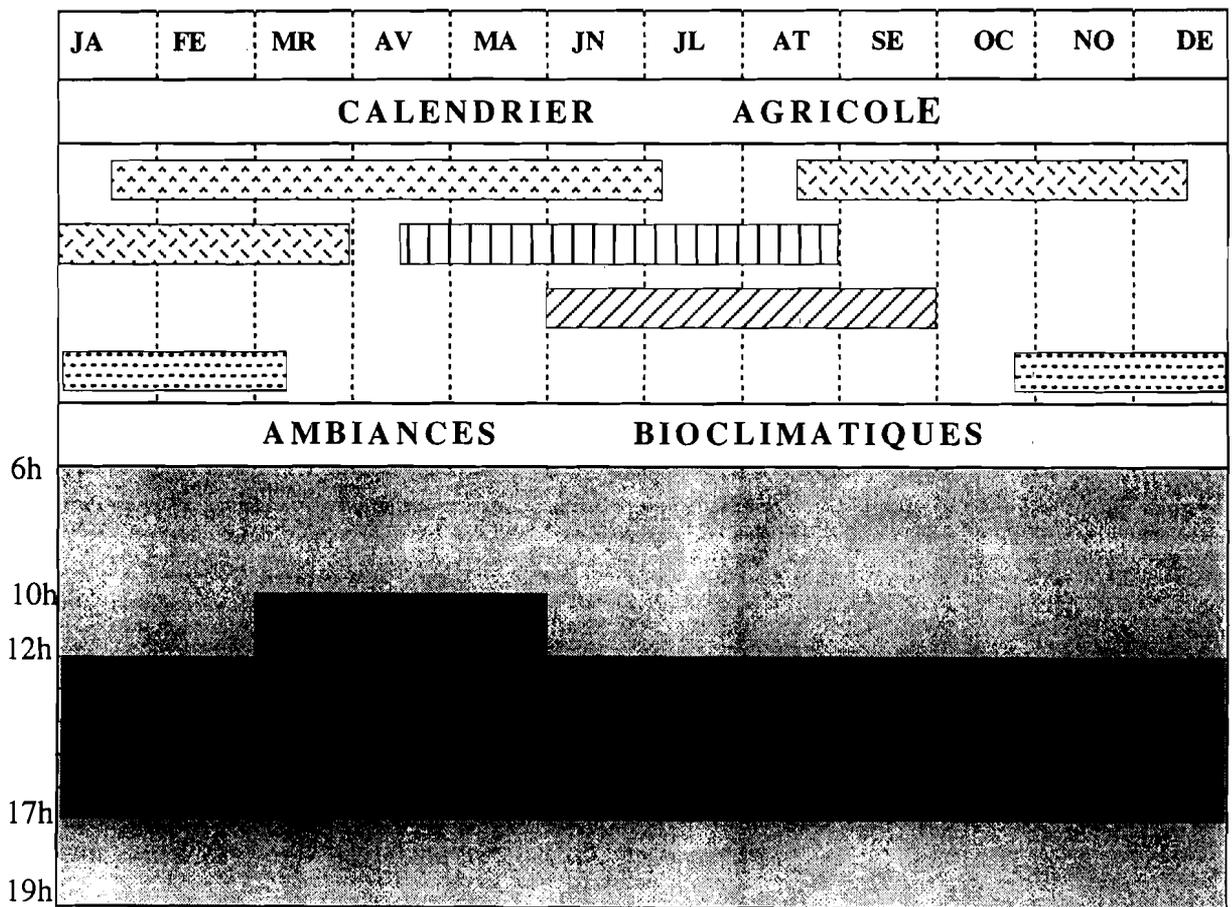
HORAIRE DE TRAVAIL :

- Etablissements scolaires
- ↔ Service administratif
- ⋯ Service commercial

AMBIANCES BIOCLIMATIQUES

- Légèrement éprouvante
- Très éprouvante

Fig. 63: BIOCLIMATS HUMAINS, CALENDRIER ET HORAIRE DE TRAVAIL DANS L'ENSEIGNEMENT ET DANS LES SERVICES ADMINISTRATIFS ET COMERCIAUX.



**CALENDRIER AGRICOLE**

-  Défrichage des parcelles  
préparation des champs
-  Confection des buttes
-  Semaines des diverses cultures
-  Entretien des cultures
-  Récolttes et commercialisation, chasse, fêtes

**AMBIANCES BIOCLIMATIQUES**

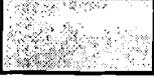
-  Légèrement éprouvante
-  Très éprouvante

Fig. 64: BIOCLIMATS HUMAINS ET CALENDRIER AGRICOLE DANS L'ATACORA.  
(Synthèse faite à partir des calendriers cultureaux zonaux; CARDER Atacora)

Par contre de juillet à septembre, les valeurs de K sont comprises entre 0 et 150 kcal/h/m<sup>2</sup> (une moyenne de 80 kcal/h/m<sup>2</sup>). Dans une telle ambiance, la thermolyse s'effectue mal (J-P. Besancenot, 1972).

Pour un travail de force, d'octobre à juin et entre 12h et 17h, on a 26 kcal/h/m<sup>2</sup>, surplus que l'organisme doit pouvoir encore éliminer, alors que la charge thermique n'a même pas été prise en compte dans ce bilan. C'est dire que tout travail de force doit être interdit pendant cette période de l'année et à ces heures du la journée. Par contre, pour un même travail mais entre juillet et septembre aux mêmes heures, nous avons -150 kcal/h/m<sup>2</sup>. La question est de savoir si la charge thermique possible va excéder les -150 kcal/h/m<sup>2</sup>, auquel cas toute activité nécessitant la force devrait être également proscrite entre juillet et septembre dans la région.

Même la période d'harmattan, qui connaît un déficit d'humidité atmosphérique et qui serait selon M. Boko (1991) "la saison physiologiquement la plus favorable" aux travaux agricoles, ne l'est pas du fait même de l'air très sec qui ne permet pas une bonne expectoration et dessèche les muqueuses des voies respiratoires. Ce qui fragilise les muqueuses du rhino-pharynx et fatigue l'organisme.

Les indices bioclimatiques ont permis de définir, dans la région, des ambiances inconfortables aussi bien en milieu non confiné que confiné d'une part, et en situation moyenne que "vraie". En fait, ces ambiances calculées correspondent-elles à la perception que les populations ont de leur environnement climatique habituel?

## **5- La perception du temps par les populations**

Le but recherché est de connaître l'opinion des populations sur les différentes périodes saisonnières en rapport avec les activités socio-économiques et le temps de repos des populations de l'Atacora. Cette région enclavée a une population majoritairement paysanne qui vit des conditions précaires et qui est marquée par une culture profondément religieuse. La question est de savoir si la population

pense ou non que les saisons lui sont favorables ou défavorables au travail comme au repos.

Cette perception des ambiances ou des saisons nous amène au climat vécu qui est le climat "perçu, ressenti et chargé de valeur par les hommes." (J.P. Besancenot, 1977). On ne peut en avoir une idée qu'à travers les réponses obtenues dans nos enquêtes. Les individus traduisant leurs sensations n'ont pas toujours la même perception du temps et leur appréciation est quelque peu subjective. En effet, à la suite d'une enquête auprès de 800 personnes (cf Annexes), les appréciations globales se présentent comme suit.

Pour 84% des personnes interrogées, la période d'harmattan est considérée comme très favorable du fait de la fraîcheur nocturne prononcée de novembre à février permettant un repos réparateur. Par contre seulement 60% des personnes interrogées formulent le même jugement pour la saison des pluies, du fait peut-être des orages nocturnes qui perturbent leur sommeil. La période de forte chaleur (mars-avril-mai) est vue comme défavorable au repos à cause de la forte chaleur qui a cours le jour comme la nuit (à 21 h à Natitingou, la moyenne mensuelle de température est de 27,0°C et celle de l'humidité relative de 81%).

L'harmattan est perçu comme défavorable au travail par les commerçants et éleveurs, les agriculteurs et les élèves le jugeant plutôt favorable. Les commerçants et les éleveurs, constamment exposés au vent frais et sec de l'harmattan, ne peuvent en avoir qu'une opinion défavorable. Des températures de 10 à 20°C sont difficilement supportables au repos par insuffisance de production de chaleur interne du fait de déficience nutritionnelle. Par contre, l'opinion favorable exprimée par les agriculteurs et les élèves pourrait s'expliquer par le fait que : les élèves sont dans des salles moins surchauffées et ne sont pas directement exposés au vent d'harmattan; dans la matinée, l'agriculteur peut faire ses labours, la déperdition thermique étant grandement favorisée par l'air sec et frais. Ce qui le fatigue moins et le prédispose à mieux exécuter sa tâche. Aussi le travail musculaire augmente-t-il le métabolisme et permet-il de mieux supporter les faibles températures.

La période de forte chaleur est jugée défavorable au travail par 85% de la population interrogée. Cette période n'a recueilli aucune opinion favorable. Quant à la saison des pluies, les agriculteurs interrogés la déclarent favorable malgré les

conditions thermo-hygrométriques connues dans la période. Les températures et humidité élevées telles que l'Atacora en enregistre, de juillet à octobre (29-30°C et 60-67%) dans l'après-midi, déterminent un temps lourd généralement mal apprécié des populations. Et même dans la matinée de la saison pluvieuse, la thermolyse ne se fera pas aisément du fait de la très forte humidité de l'air (humidité relative de 94-97%) qui ne favorise pas l'évaporation de la sudation. Les commerçants et éleveurs sont de l'avis contraire. Pour le commerçant, la clientèle se rarifie à cause, en partie, des difficultés d'accès par insuffisance de voies praticables en toutes saisons. D'autre part, dans l'Atacora, l'élevage est dominé par celui des ruminants. Ces derniers supportent difficilement la forte humidité atmosphérique et du sol. Mais quel que soit le type de temps considéré (harmattan, forte chaleur, saison des pluies), la période de la journée allant de 16h à 18h est reconnue favorable au travail, alors que celle allant de 12h à 16h n'a reçu aucune opinion favorable.

Quant aux éléments du temps qui peuvent gêner la bonne exécution d'une activité, le vent fort arrive en tête pour 63% des personnes interrogées; vient ensuite la chaleur avec 56%... Ces éléments du temps sont appréciés différemment en fonction des catégories socioprofessionnelles, suivant la gêne occasionnée dans l'exercice habituel de leurs activités.

Ainsi, les transporteurs-conducteurs mettent l'accent sur le vent fort, le brouillard et les pluies diurnes comme les éléments qui entravent le plus leurs activités.

Les écoliers et élèves parlent plutôt du vent fort, de la chaleur et de la pluie diurne. Les éleveurs mettent l'accent sur la pluie diurne, le vent fort et la chaleur comme l'exprime le tableau ci-dessous. Les vents forts sont souvent associés, dans le milieu, aux mauvais génies, ce qui du coup provoque peur et crainte. D'où le fait qu'ils soient redoutés.

**Tableau 23:** Opinion défavorable des diverses catégories socioprofessionnelles sur les éléments du temps, en fonction de leurs activités (%).

Dans ce tableau, le total de chaque colonne dépasse souvent 100% du fait que la personne interrogée pouvait sélectionner plusieurs réponses.

Catégories. Socioprofes. Eléments du temps	Agriculteurs	Eleveurs	Elèves	Enseignants	Agents de Bureau	Transporteur Conducteur	Maçons menuisiers
Vent fort	60	71	100	77	50	100	0
chaleur	70	57	83	66	60	0	0
Pluie	30	57	0	55	50	0	0
Pluie diurne	75	85	66	77	0	100	23
Insolation	40	57	0	0	30	75	83
Brouillard	25	57	0	0	0	75	0

Enfin mentionnons que les saisons sèches prolongées (qui empêchent la mise en place des premières cultures ) mobilisent parfois toutes les communautés religieuses. Les chrétiens assistent à des messes avec processions et demandent la pluie à leur dieu. Au même moment, les musulmans dans les mosquées font des prières à cette intention. Et de leur côté, après avoir consulté les oracles, les adeptes des religions traditionnelles implorent leurs dieux qui pourront les sortir de cette situation (en leur offrant des sacrifices).

Les bioclimats sont marqués dans l'Atacora par la fréquence des ambiances souvent éprouvantes pour une population déjà fragilisée par la malnutrition et vivant dans des conditions parfois précaires. Ces ambiances ne permettent pas un bon rendement au travail et partant, elles ne favorisent pas le développement socio-économique du département.

De plus, des pratiques de vie et des conditions d'hygiène, couplées à un climat chaud et humide, favorisent comme dans bien des pays tropicaux et en particulier en Afrique le développement de germes pathogènes. Bon nombre de ces pathologies, comme nous allons tenter de le montrer, ont des liens forts avec les paramètres climatiques, même si d'autres facteurs notamment culturels et socio-économiques expliquent aussi les problèmes sanitaires de l'Atacora.

## Chapitre quatrième : Complexes pathogènes, rythme global des pathologies et conditions de développement des germes et agents-vecteurs dans l'Atacora

Les nombreuses affections qui sévissent dans l'Atacora, comme dans toutes les régions intertropicales humides ou alternativement humides et sèches, sont d'origine parasitaire, bactérienne ou virale. Chaque micro-organisme pathogène a son propre rythme et ses conditions optimales de développement. Le paludisme, les affections des voies respiratoires (angine, rhino-pharyngite ou rhino-laryngite, broncho-pneumonie), les diarrhées, la rougeole, la varicelle, les maladies des yeux (conjonctivite, cécité des rivières ou onchocercose), les dermatoses, la méningite cérébro-spinale, la bilharziose sont les affections les plus fréquemment recensées dans l'Atacora.

Nos analyses porteront surtout sur le paludisme, les diarrhées et sur les affections des voies respiratoires (en particulier la broncho-pneumonie), cependant nous verrons aussi le rythme moyen des autres maladies en particulier pour la méningite, les maladies des yeux, les dermatoses et la bilharziose.

Deux considérations ont motivé le choix des affections que nous avons retenues.

La première est liée à leur grande fréquence (ainsi le paludisme et les diarrhées). Le paludisme, en effet, touche environ 2 milliards de personnes dans le monde et en tue annuellement 2 millions dont 90% en Afrique (O.M.S., 1995). Même si ses crises ne sont pas déclenchées par les conditions météorologiques, la distribution spatiale de la maladie est liée au climat puisqu'elle ne sévit que dans les pays chauds et humides et dans notre milieu on constate la grande prolifération des vecteurs (anophèles) pendant les saisons pluvieuses. Quant aux diarrhées, les enfants de moins de cinq ans dans le monde meurent beaucoup dans l'année : 4,2 millions de décès dont 1,2

en Afrique (O.M.S., 1995). On sait qu'un nourrisson qui passe un temps relativement long sous le soleil finit par être touché par la diarrhée qui pourrait avoir un lien fort avec la chaleur.

La seconde est due au caractère météorosensible reconnu pour plusieurs pathologies, en particulier les affections des voies respiratoires, la méningite, la rougeole, la varicelle et les maladies des yeux. Ainsi, J. P. Besancenot (1984,1997) a démontré le caractère météorosensible des maladies infectieuses dans le monde méditerranéen. Les affections infantiles (surtout la rougeole, la varicelle, la coqueluche et les oreillons ) auraient une culmination printanière. La grippe est une affection qui a une forte occurrence en hiver. Dans ce sens, A J. Alcofarado (1992) a montré que ce sont les basses températures et l'accroissement de l'humidité qui la favorisent. D'autre part, D. Domergue-Cloarec(1992) a conclu dans une étude sur l'Indochine (aujourd'hui Cambodge, Viet-Nam) que les contrastes thermiques (alternance de nuits froides et de jours torrides) favoriseraient la méningite cérébrospinale et des troubles respiratoires et que les fortes humidités atmosphériques favorisent les dermatoses.

## **A- Ecologie des germes pathogènes et rythme global des affections**

L'étude du paludisme qui représente actuellement l'une des pathologies majeures des pays tropicaux, qui reste la principale cause de décès par maladie en Afrique (excepté le sida), et pour laquelle il n'existe encore aucun vaccin doit retenir d'abord notre attention.

### **1- Le paludisme (ou malaria)**

C'est une maladie due à un hématozoaire du genre *Plasmodium* qui parasite les hématies, et qui est transmis par un moustique, l'anophèle femelle.

On distingue plusieurs espèces de plasmodies qui attaquent différemment les hématies. Le *Plasmodium ovale* présentent une affinité particulière pour les jeunes hématies, le *P. malariae* touche surtout les hématies vieillies tandis que le *P. falciparum* parasite toutes les hématies sans

distinction d'âge. Ce qui fait que le paludisme qu'il génère est le plus redoutable, voire souvent mortel.

Le paludisme se manifeste par de la fièvre (39°-40°C), des courbatures, des céphalées frontales, une sensation de malaise général, des myalgies, parfois des nausées et des vomissements. La propagation de la maladie est liée aux conditions de vie et de reproduction des anophèles femelles, dont les plus actifs dans notre région sont *Anopheles gambiae* et *Anopheles funestus*.

Pour leur développement et surtout pour leur reproduction, les anophèles ont besoin d'humidité, d'eau, de sang pour leur nourriture, et de chaleur. Ils ont donc besoin de la présence animale ou humaine : le cycle de reproduction qui dure 12 ou 13 jours, ne s'effectue pas sans ces conditions. Ce cycle comprend deux phases : le cycle gonotrophique qui va du repas sanguin à la ponte des oeufs dans l'eau par la femelle fécondée dure 48 à 72 heures, et la période qui va de la ponte à l'éclosion, en passant par les phases de larves et de nymphes, totalisant 10 jours environ. Les oeufs n'arrivent pas à éclosion lorsque la température est inférieure à 16°C..

L'anophèle femelle a une durée de vie d'un mois au maximum, alors que le mâle meurt après avoir fécondé la femelle (M. Gentilini et B. Duflo, 1982).

Du point de vue hygrométrique, *Anopheles gambiae*, le plus fréquent en Afrique, trouve ses conditions écologiques optimales quand l'humidité relative est égale ou supérieure à 80%. Cependant, par adaptation, on peut le retrouver non seulement dans les zones très humides mais aussi en climat soudanien comportant une saison sèche parfois longue comme dans l'Atacora ou même en domaine tropical marqué par une certaine aridité quand les conditions d'hygiène et de stagnations des eaux permettent son éclosion (exemple du Yemen, en particulier dans les secteurs urbains et les fonds d'oued, les wadi). *A. Funestus*, quant à lui, supporte assez bien un certain déficit hygrométrique et présente un taux de reproduction identique en saison humide et en saison sèche. Il se trouve dans de bonnes conditions dans les eaux dormantes et les zones ombragées (M. Boko, 1988), particulièrement

appréciées par les animaux et par les hommes notamment lors des fortes chaleurs.

Le développement du *Plasmodium* dans l'organisme de l'anophèle est avant tout conditionné par la température.

Cette phase dite cycle sporogonique correspond à la multiplication des plasmodies dans le corps de l'anophèle et ne s'effectue qu'à une température supérieure ou égale à 20° C pour le *P. falciparum* ; par contre la sporogonie est très active à température élevée : elle se réalise en 10 jours à 25°C et en 20 jours à 20°. Mais à une température supérieure à 37°C, les plasmodies meurent dans le corps de l'anophèle. Ce qui explique une certaine baisse de l'activité paludéenne pendant la période la plus chaude de la saison sèche. Après passage dans l'organisme anophélien, le plasmodium entre, grâce à la piqure par le moustique infesté, dans le corps humain où commence le cycle schizogonique.

Dans ce cycle, les plasmodies séjournent dans le foie. La durée de séjour est variable d'un type de plasmodie à un autre : *P. ovale* y passe quinze jours voire plusieurs mois, *P. malariae*, trois semaines et *P. Falciparum*, de sept à quinze jours. Par la suite, elles se répandent dans le sang et déclenchent l'accès visible de paludisme.

Il semble que la phase d'incubation dans le cycle schizogonique (exoérythrocytaire et érythrocytaire) n'est pas en rapport avec l'état de résistance ou de fatigue de l'organisme humain. On constate en tout cas que seule l'immunité acquise à la suite d'infestations régulières et répétées peut empêcher la multiplication rapide des stades d'évolution du parasite dans l'organisme humain. La résistance de l'organisme doit sans doute jouer comme dans toute infestation parasitaire. On constate, en effet, souvent que l'affection se déclenche quand le sujet accuse un état de fatigue ou une défaillance de l'organisme, défaillance dont les causes peuvent être multiples : surmenage physique, fragilisation par des stress récurrents, anémie progressive du fait du parasitage des hématies par les plasmodies, malnutrition etc... Mais, selon P. Gentillini et D. Duflo (1982), la malnutrition ne prédispose pas l'individu à

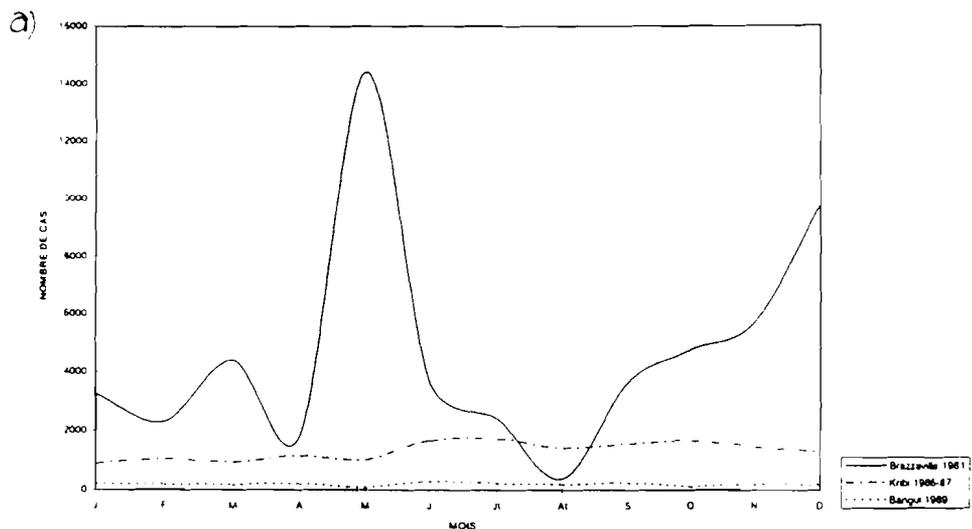
contracter le paludisme : le malnutri n'est pas plus sensible ou plus exposé qu'un autre, même si elle peut conduire à une moindre résistance à l'affection ou à des séquelles ou complications plus fréquentes.

Cette maladie a fait l'objet de nombreuses études à travers le monde. M. Gentilini et D. Duflo (1982) ont démontré le caractère météorosensible du paludisme dont le principal pic se situe en saison pluvieuse. J. Pérard et J.P. Besancenot (1997) ont abouti à la même conclusion à la suite de leur étude sur l'évolution de cette maladie aux Philippines. Enfin, D. Domergue-Cloarc (1992) a démontré l'importance de la forte humidité dans le développement du paludisme dont la culmination s'observe en fin de saison des pluies au Tonkin. Mais souvent le rythme moyen du paludisme est modulé par la variation interannuelle et est lié à chaque région. A Brazzaville par exemple, en 1981, comme le montre la figure 65, les culminations du paludisme centrées sur la saison pluvieuse comportent trois pics, le plus important en mai, le second en décembre et le troisième, le plus petit en mars. A Kribi au Cameroun, en 1986-1987, un rythme net ne s'est pas dégagé, même si on peut remarquer un pic en juin-juillet et le second en octobre. Enfin aux Philippines, J. Pérard et J.P. Besancenot (1997) ont identifié deux pointes dans l'évolution annuelle du paludisme, entre 1965 et 1986, la plus importante en juin-juillet et la deuxième en octobre. Entre 1981 et 1986, la majeure partie des cas s'est établie entre juin et octobre.

Les conditions favorables au paludisme sont donc la forte humidité et la chaleur, éléments qu'on retrouve dans l'Atacora. A ces facteurs climatiques s'ajoutent ceux d'ordre socio-économique comme les conditions de vie précaires des populations et leurs coutumes. La répartition actuelle de cette maladie dans le monde peut également s'expliquer par les conditions d'hygiène et les politiques d'éradication. Ainsi, la malaria qui existait jusqu'au début du 20<sup>è</sup> siècle au sud de Rome a disparu par assèchement des marais Pontins. De même elle n'existe plus dans les Antilles françaises et à la Réunion après campagne de lutte contre les anophèles. Au contraire dans certains pays, comme le Yemen, la maladie gagne du terrain à cause d'une certaine

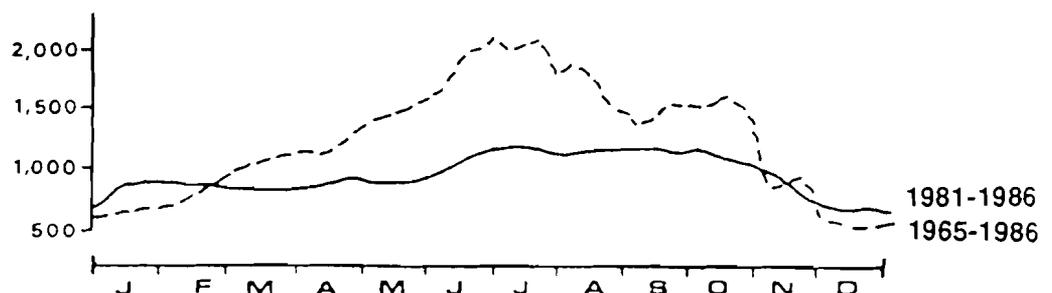
dégradation des conditions de vie, dans les villes notamment du fait de l'exode rural massif (cf bidonvilles avec absence d'écoulement des eaux usées) : le paludisme a donc des fondements socio-économiques comme la méningite.

Fig. 65a,b



Courbes établies, d'après les données de J. C. Bomba (1991) pour Bangui, de V. Diata (com. pers.) pour Kribi au Cameroun et celles de A. Mingui (1985) pour Brazzaville.

b) Le paludisme aux Philippines (J. Pérard et J.P. Besancenot, 1997).



2- La méningite cérébro-spinale représente aussi une affection grave, souvent mortelle, très répandue à la surface du globe, y compris dans la zone tempérée. Elle est due à une bactérie, le méningocoque de Weichselbaum, *Neisseria meningitidis* qui se développe plutôt en ambiance sèche. On distingue neuf sérogroupes dont le type A est prédominant sur le continent

africain. Son optimum thermique se situerait autour de 36°C, l'humidité relative optimale étant de 50%. Cependant, il se développe également à une température moyenne de 17 à 25°C. Ce qui favorise les milieux chauds et secs et rend compte de sa prévalence en saison sans pluie. Ainsi le germe se développe en moins de 24 h en aérobiose à 37°C. La contamination se fait par voie aérienne (inhalation des gouttelettes de Pflügge). "Les gouttelettes de Pflügge" sont des particules de salive, de sécrétions nasales et d'expectoration rhinopharyngée émises lors de la parole, de la toux ou de l'éternuement et qui, restant en suspension dans l'air, s'introduisent chez un hôte par la voie respiratoire.

Une fois dans l'organisme, le méningocoque se fixe dans la zone rhinopharyngée où il peut survivre deux à huit semaines, se comportant comme un saprophyte, sans qu'apparaissent des signes cliniques.

A l'échelle planétaire, on admet qu'en moyenne 5 à 30% des individus hébergent ainsi des méningocoques dans leur rhino-pharynx, le taux pouvant atteindre 100% en Afrique occidentale lors de certaines épidémies même si seul un petit nombre de ces sujets porteurs développera la méningite : un sur 1800 selon L. Lapeyssonie (1963), de un sur vingt à un sur cent selon B. Greenwood (1990)" ( P.C. Oke , 1994).

La fragilisation de la zone rhinopharyngée par irritation comme c'est le cas, on l'a vu, durant l'harmattan (du fait des poussières et des faibles températures) ou lésion de la muqueuse et la défaillance immunitaire de l'organisme facilitent la migration du germe en direction des méninges par voies sanguine ou lymphatique ou en suivant les filets nerveux olfactifs au travers de la lame criblée de l'ethmoïde à la base du crâne. La maladie se manifeste alors par une forte fièvre, des céphalées, des vomissements, une raideur du cou puis, en phase ultime, le coma, souvent suivi du décès.

Maladie sévissant à l'état endémique et présentant à intervalles irréguliers des poussées épidémiques tous les 6-8 ans (OMS, 1995), la méningite cérébrospinale touche chaque année environ 250.000 personnes

(dont 10% de décès) en Afrique et 100.000 dans le monde. Elle a fait l'objet de nombreuses études.

L. Lapeyssonnie (1963) a défini la ceinture de la méningite. Cette ceinture s'étend en Afrique sur 4.200km, de l'Ethiopie au Sénégal, et sur une moyenne de 600 km du nord au sud, entre les isohyètes 300 mm et 1.100 mm de pluie. Ensuite Y. Monnier (1980), en l'étudiant en Haute-Volta (actuel Burkina-Faso) et en Côte-d'Ivoire, a montré que l'aire de la méningite en Afrique Occidentale est celle balayée par l'harmattan et que son pic se situe en saison sèche. B. Greenwood et al (1985) ont reconnu le rôle de l'harmattan dans le développement de la méningite et ont mis au point un indice d'harmattan. D'autre part, Soro et al.(1988) ont démontré qu'en Côte d'Ivoire, la "sahélisation" avec son cortège d'intensification de la saison sèche et d'avancée de l'harmattan vers le sud pourrait expliquer l'extension de la méningite hors de la ceinture de Lapeyssonnie. G. Rémy (1990) a étudié les fondements écologiques de la ceinture de la méningite et a abouti à la même conclusion que Monnier. Enfin, J.P. Besancenot et al (1997) ont écrit sur l'importance du temps dans la propagation de la méningite cérébrospinale au Bénin. Ils ont démontré le rôle joué par le temps d'harmattan dans l'occurrence de la maladie axée sur les mois de février à mars-avril.

Cette affection est de très forte occurrence pendant l'harmattan et par temps de chaleur, soit parce que le germe a retrouvé une certaine virulence soit que l'ambiance bioclimatique fragilise l'organisme et rend l'affection possible.

### **3-La rougeole et la varicelle**

La rougeole et la varicelle, deux viroses fébriles et très contagieuses de l'enfant, que peuvent contracter les adultes, sont considérées comme relativement bénignes dans les sociétés occidentales qui disposent de moyens curatifs ou même préventifs suffisants (exemple du Rouvax pour la rougeole). Par contre, à l'instar de ce qui s'est passé pour l'Europe jusqu'à la fin du 19è

siècle, ces deux affections représentent encore un véritable fléau, une des premières causes de décès, pour une grande partie de la population des pays en développement, notamment de l'Afrique où la rougeole cause chaque année de nombreux décès d'enfants faute de diagnostic précoce, de médicament et en raison aussi souvent des conditions de promiscuité et d'hygiène défailante : on recense par exemple chaque année en moyenne 70 millions de cas de rougeole dans les pays du Tiers-Monde et 2 millions de décès

La rougeole est due au *paramyxovirus* qui affectionne l'air moyennement humide (HR = 60%) et une température très élevée (36°C), des conditions qu'on trouve fréquemment pendant la saison sèche aux tropiques. Mais on peut se dire que ce virus supporte certainement de très basses températures, du fait qu'il fait des victimes au printemps dans les régions de hautes et moyennes latitudes. La prophylaxie de l'affection repose essentiellement sur la vaccination.

Quant à la varicelle, elle est moins répandue que la rougeole et est due à *Herpes virus varicellae* qui affectionne l'air sec et une température élevée .

La contamination de ces deux affections est directe, par les gouttelettes de Pflügge d'une part, et par contact avec les pustules du malade, et comme dans le cas de la méningite, la *promiscuité* joue un rôle important dans leur propagation.

Le rythme de ces deux affections infantiles a été étudié par nombre d'auteurs : Dans le domaine méditerranéen de l'Europe, J.P. Besancenot (1987) a montré que ces maladies infantiles ont leur période de forte occurrence au printemps (mars-avril-mai).

Aux Philippines, J. Pérard et J.P. Besancenot (1997) ont montré une recrudescence très élevée de la rougeole de février à avril. Ce dernier mois est celui de la culmination des décès dus à cette maladie à Bamako au Mali (Ph. Fargues et O. Nassour, 1989). Il semble que le printemps soit, en général dans toutes les parties du monde de climats les plus variés et, sans qu'on puisse l'expliquer vraiment, la période privilégiée de développement de la rougeole.

On notera en tout cas que comme pour la méningite, le pic de ces affections coïncide avec la saison chaude et sèche africaine.

**4-Les affections des voies respiratoires** recouvrent des réalités diverses: elles peuvent concerner les fosses nasales, le larynx, le pharynx, les bronches, les poumons, et se manifestent généralement par de la toux et de la fièvre. Très souvent, on observe, surtout en l'absence de soins précoces, un enchaînement de ces affections de la plus bénigne vers la plus grave (par exemple une grippe mal soignée peut évoluer en broncho-pneumonie). Il semble que les nuits très froides, les contrastes thermiques journaliers et la forte humidité atmosphérique provoquent les affections respiratoires. Il en est ainsi des rhino-pharyngites [angine + fièvre] et des rhino-laryngites, une inflammation du pharynx ou du larynx [écoulement et obstruction nasales] sous l'effet du *Mixivirus influenzae*. De leur complication peut naître l'angine, une inflammation aiguë du pharynx localisée dans les amygdales qui se manifeste par une douleur à la gorge, une difficulté de déglutition et une forte fièvre (39°-40°C au début). Elle est due soit à un virus soit à un streptocoque, le plus souvent *streptocoque-alpha-hémolytique*, un saprophyte des muqueuses de l'homme. Tout en pouvant provenir de toute autre maladie virale ou éruptive, cette affection se contracte aussi par voie pfüggienne comme la coqueluche ou la broncho-pneumonie. La coqueluche, en effet, est une infection épidémique des enfants due au cocobacille de Bordet et Glangou, *Hemophilus pertussis*. Elle se caractérise par des quintes de toux spasmodiques, parfois asphyxiantes comme dans le cas de la rougeole. Son pronostic reste sévère en milieu tropical. Enfin, la broncho-pneumonie, une inflammation des bronches et du parenchyme pulmonaire est due à un pneumocoque *Streptococcus pneumoniae* d'optimum thermique 35-37°C. Du fait de sa gravité et de sa fréquence en Afrique, notre attention s'est portée particulièrement sur la broncho-pneumonie.

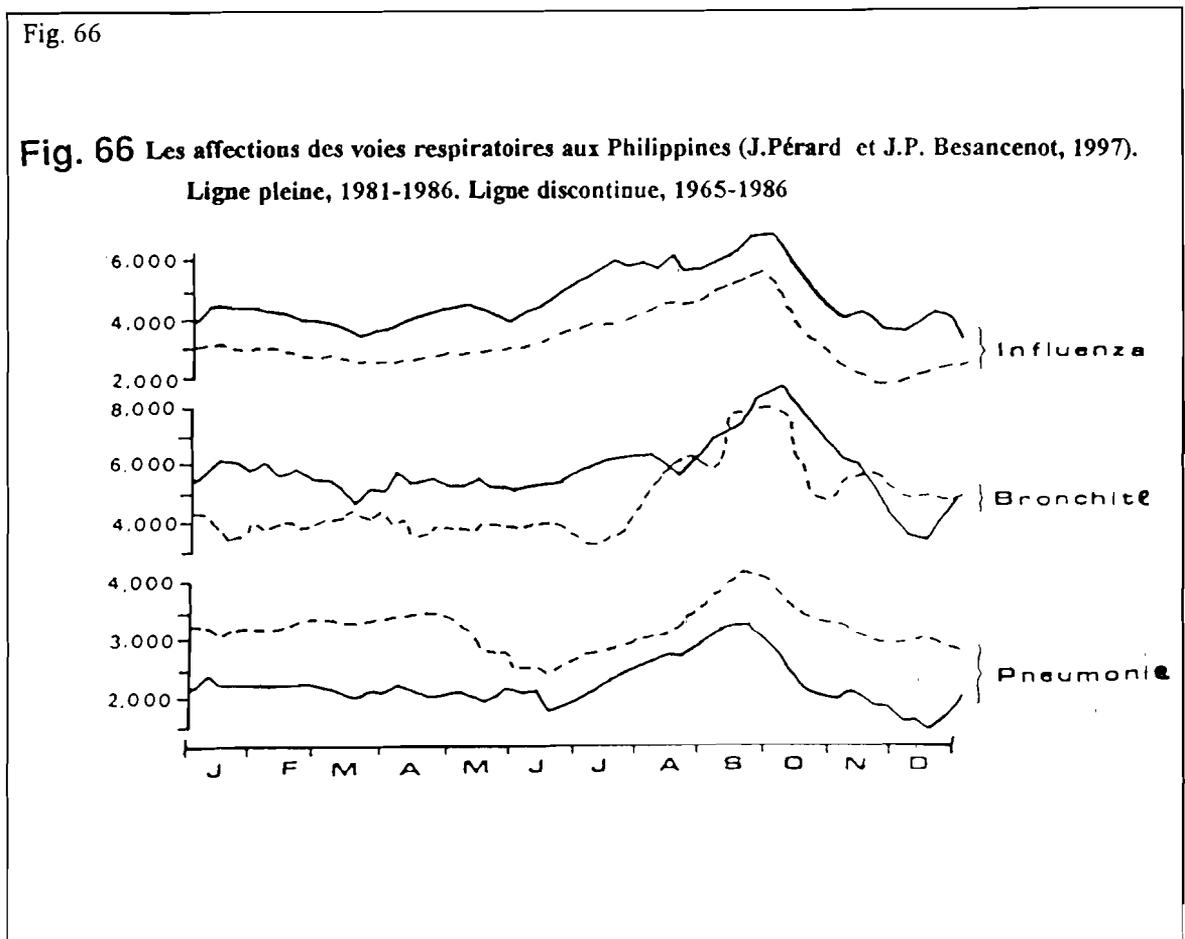
La contamination se fait par les gouttelettes de Pflügge comme dans le cas de nombreuses autres affections (méningite, rougeole, varicelle,

coqueluche, angine, tuberculose...) qu'on peut développer suite à des températures nocturnes faibles et à des écarts thermiques diurnes importants. Dans bien des cas, les affections sont liées directement ou indirectement aux conditions climatiques du fait que ces dernières peuvent favoriser la prolifération des germes pathogènes ou fragiliser les organismes et les rendre réceptifs aux maladies.

Les affections respiratoires ont donné lieu de nombreuses études.

A Brazzaville (Congo), V. Diata (1991) a identifié un rythme bimodal de ces affections marqué par une forte culmination en saison des pluies et une moindre recrudescence en saison sèche.

Aux Philippines, J. Pérard et J.-P. Besancenot (1997) ont montré que l'influenza, la bronchite et la pneumonie connaissent leur pic en septembre au coeur de la saison de mousson et des cyclones (Fig.66).



De même, au Bangladesh, S. Becker (1981) a montré, que les décès liés aux affections des voies respiratoires ont surtout lieu entre septembre et décembre. Il semble dans ces pays tropicaux humides la chute relative des températures le jour pendant la saison pluvieuse, la nuit surtout pendant la saison sèche provoquent le refroidissement initial favorable au déclenchement des affections respiratoires.

En étudiant la saisonnalité de la maladie au Koweït et en comparant les résultats à ceux des Grampian en Ecosse, A.S. Douglas et al. (1991) ont déterminé que la plus grande fréquence de décès pour cause de maladies respiratoires se réalise en janvier au Koweït (température minimale moyenne journalière: 8°C; moyenne des températures maximales journalières de 18°C) alors qu'elle se produit en février dans les Grampian; la période de faible occurrence se constatent en juillet au Koweït et en août à Grampian.

Au Chili, par 40°S, les affections respiratoires sont les principales causes de décès avec une forte occurrence en hiver (E.R. Hajick et al, 1984) Dans tous les cas les plus faibles températures hivernales paraissent être un facteur déclenchant.

D'autre part, à Cotonou, l'étude sur les affections des voies respiratoires, en général (J. Gandonou, 1992) et chez les enfants (M. Boko, 1992) traduit un rythme bimodal centré sur décembre-février et sur août, périodes les fraîches de l'année.

Enfin, Lim To et al (1993), dans leur étude sur "l'asthme et le climat en Malaisie"(cités par J.P. Besancenot, 1994) ont montré que la baisse des températures nocturnes en-dessous de leurs valeurs habituelles constitue, dans ce milieu équatorial, le principal facteur capable de déclencher les crises d'asthme. Une température minimale supérieure ou égale à 24,1°C correspond à 5,5 admissions par jour; quand le thermomètre marque une valeur inférieure ou égale à 21°C, on enregistre 7,5 admissions par jour, sans qu'un rythme saisonnier quelconque puisse être mis en évidence pour cette affection non-infectieuse.

Des affections bénignes peuvent s'avérer graves, du fait des bas niveaux de vie et de l'insuffisance de moyens curatifs qui ont cours dans les pays en développement.

## 5- La bilharziose et les diarrhées

a) **La bilharziose ou schistosomiase** est une maladie parasitaire due au *Schistosoma* qui affecte le système sanguin. Cette maladie frappe 200 millions de personnes en Amérique, en Afrique et en Asie et tue environ 200.000 individus par an (OMS, 1995). Elle est connue au Bénin depuis les années 50 ( J.P. Doumenge et al., 1987). On en distingue quatre variétés :

-*Schistosoma mansoni* cause la bilharziose intestinale et est répandu en Afrique et en Amérique intertropicales.

-*Schistosoma intercalatum* (Afrique équatoriale) est responsable de la bilharziose rectale.

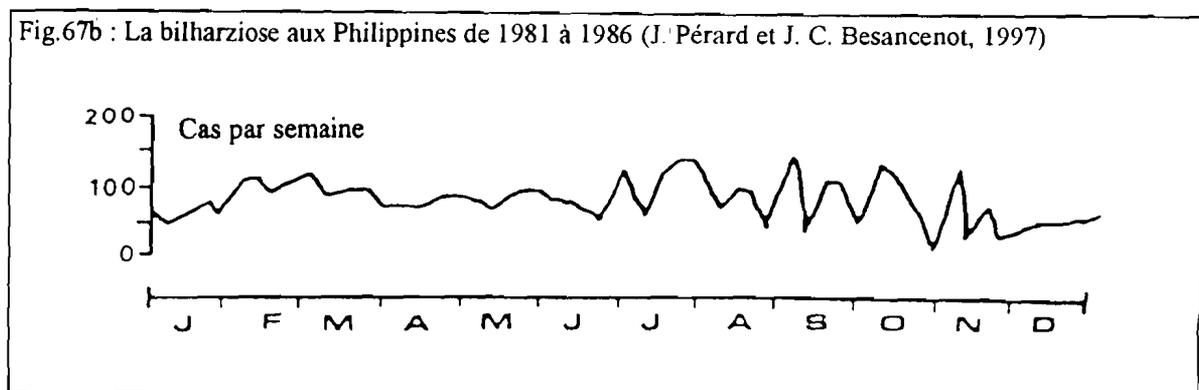
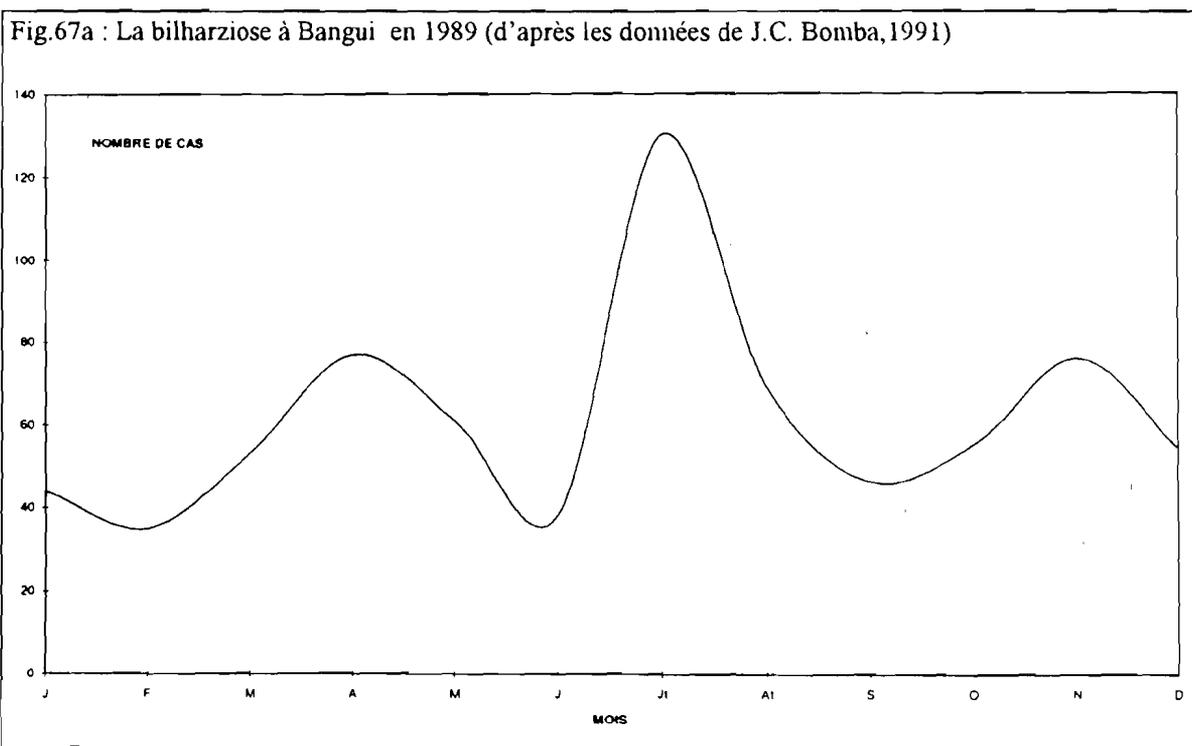
-*Schistosoma japonicum* (Extrême-Orient) est l'agent de la bilharziose intestinale dont les complications peuvent être artérioveineuses.

-*Schistosoma haematobium* (Afrique Occidentale et Orientale, Arabie) est responsable de la bilharziose urinaire. Son symptôme majeur est l'hématurie (présence du sang dans l'urine). L'homme infecté rejette dans le milieu extérieur les oeufs qui, au contact de l'eau, libèrent des embryons (miracidium). Ces derniers pénètrent un mollusque et y poursuivent leur évolution jusqu'au stade de bilharzies (ferrocercaires). Les mollusques-hôtes, indispensables au développement du parasite, sont des bulins du genre *Bulinus truncatus rohlfsi* et *Bulinus globosus*. Leur prolifération conditionne la dissémination de la schistosomiase. Ces bulins libèrent les bilharzies dans l'eau aux heures les plus chaudes de la journée. Ces bilharzies, par la suite, pénètrent par la peau de tout individu dont une partie du corps est dans l'eau pour devenir des schistosomules (par perte de leurs queues); ces dernières par voie lymphatique ou sanguine atteignent les veines, le coeur et les poumons. Le facteur favorable est l'existence d'étendues d'eau douce permanente.

Les populations les plus exposées à la contamination sont les femmes (lors des prises d'eau, lessive), les enfants (même remarque que pour les femmes, intenses activités ludiques aquatiques), adolescents (habitudes de baignade) et tous ceux qui font des travaux maraîchers ou rizicoles dans des zones inondables.

Nombre d'études portant sur cette affection (J.P. Garlick et R.W.J. Keay (1970), J. P. Doumenge et al. (1987), Ph. Brillet (1992)...) ont été réalisées sur la zone tropicale (Afrique, Brésil, Philippines) mais très peu en ont abordé le rythme. Parmi ces dernières, nous présenterons les travaux sur les Philippines et sur Bangui en Centrafrique.

Aux Philippines, J.Pérard et J.P. Besancenot (1997)) ont montré que, du fait du climat et des conditions édaphiques, cette maladie ne présente pas de saisonnalité apparente même si l'on sait qu'en général sa culmination s'observe en saison pluvieuse. Ce rythme généralement observé est confirmé à Bangui par J.C. Bomba (1991), avec, cependant, de petits pics en avril et en novembre (Fig. 67). Indépendamment du climat, les conditions de vie des populations et en particulier d'hygiène semblent jouer un rôle important comme c'est aussi particulièrement le cas pour les affections intestinales.



Dans l'Atacora, le pouvoir réfrigérant de l'air (k) prend des valeurs négatives (une moyenne de -96 kcal/h/m<sup>2</sup>) d'octobre à juin et entre 12 h et 17h du nycthémère. Ce qui veut dire que le milieu ambiant apporte la chaleur à l'organisme.

## **b) Les diarrhées aiguës**

Elles sont caractérisées par l'évacuation fréquente de selles liquides, qui ont pour conséquence la déshydratation de l'organisme humain. Elles sont un symptôme des parasitoses intestinales (amibiase, trichocéphalose, ascaridiose, ankylostomiase et anguillulose...) et sont liées à la chaleur. Les germes responsables de l'infestation se multiplient dans l'intestin et y produisent des toxines. Mais généralement, il n'est pas possible (ou très difficile) d'identifier les différents micro-organismes à l'origine de la diarrhée..." (van Ginneken J. K. et al., 1989).

Les conditions optimales de développement des diarrhées semblent réalisées pendant la période de forte chaleur et /ou de forte humidité.

C'est ce que confirment les études faites aux Philippines et au Bangladesh. Le plus fort pic de cette maladie a cours entre mai et août, aux Philippines pendant les plus fortes chaleurs vers la fin de la saison sèche et au paroxysme de la mousson de SW et de la saison des typhons (J. Pérard et J.P. Besancenot, 1997). Cette tendance est confirmée au Bangladesh où la recrudescence des décès pour cause de diarrhées et de dysenteries a lieu entre avril et juillet (S. Becker, 1981).

La relation entre climat et diarrhées semble donc évidente, comme pour d'autres affections virales ou parasitaires.

**6-Ainsi la conjonctivite et l'onchocercose** ou encore les dermatoses sont favorisées par certaines conditions hydroclimatiques.

a) conjonctivite une inflammation de la conjonctive peut être due à un agent viral du groupe des *Bedsonia* (pour le trachome) ou aux allergènes. La transmission se fait par la poussière, les mains sales ou les objets contaminés et les mouches. C'est dire l'importance que peuvent avoir la saison sèche (période de poussière et de brume sèche) et les conditions d'hygiène dans son occurrence.

Normalement bénigne quand elle est soignée précocement, elle peut avoir, dans les pays en développement et en particulier en Afrique, des conséquences irréversibles sur la dégradation de la vision du fait des complications.

L'onchocercose ou cécité des rivières, elle, est un véritable fléau en Afrique de l'Ouest et notamment dans le bassin de la Volta où a été mis en oeuvre par l'OMS dans les années 70 un grand programme de lutte anti-onchocercarienne.

Cette maladie qui est liée à un filaire n'est pas encore totalement éradiquée. On note chaque année, en Afrique, 40.000 nouveaux cas de cécité pour onchocercose (OMS, 1995).

L'agent responsable, *Oncocerca volvulus*, est un parasite spécifiquement humain transmis par un moucheron, la simulie (*Simulium damnosum*) à la suite d'un repas sanguin. Les oeufs pondus dans l'eau par la simulie fécondée se transforment en larves qui exigent, pour leur développement une température supérieure à 15°C et des eaux très agitées, donc à débit rapide, comme dans les petites cascades ou petits torrents de montagne.

Cette maladie entraîne, en dehors des lésions oculaires, des lésions cutanées donnant la gale filarienne.

b) Les dermatoses d'origine diverse sont des lésions ou des anomalies de la peau qui sont également très répandues. Des dermatoses sont liées aux agents physiques ou chimiques (dues aux traumatismes, à la chaleur, aux substances chimiques), d'autres sont d'ordre parasitaire (dues aux insectes, acariens, vers et filaires) ou infectieux (dues aux bacilles, protozoaires, virus). ensuite, certaines sont dysmétaboliques et nutritionnelles (dues aux dysprotéïnoses, avitaminoses), d'autres sont liées aux allergènes (contact avec un végétal ou un insecte, alimentation ...) et enfin les mycoses sont dues aux champignons.

De tout ce qui précède nous pouvons retenir que les affections dont les culminations sont centrées sur la saison des pluies sont, en partie, dues aux conditions climatiques favorables au développement des germes pathogènes

et également à la chaleur humide qui fragilise l'organisme humain, lequel devient réceptif aux germes. Celles dont les pics sont en saison sèche sont liées à la grande fraîcheur nocturne et matinale et à une forte variation des températures journalières. Les conditions climatiques de l'Atacora ressemblent à celles des régions dans lesquelles les rythmes moyens des pathologies ont été décrits. Compte tenu ses conditions socio-économiques propres, nous allons voir comment la région de l'Atacora va réagir face à ces affections.

## **B: Bioclimat et développement des agents vecteurs et des germes dans l'Atacora**

Nous allons répondre à la question précédente à travers l'étude des conditions favorables ou défavorables au développement des germes et agents vecteurs de chaque affection est appuyée par les statistiques sanitaires de l'Atacora.

### **1) Le paludisme**

Avec une prévalence moyenne annuelle de 5,5% et environ 34.000 cas annuels, le paludisme est la première pathologie de l'Atacora.

Il a un rythme trimodal axé sur février, juin-juillet et octobre.

Le pic de février est un peu aberrant et difficile à expliquer puisque en dessous de 20°C ou de 30% d'humidité relative minimale les plasmodies ont du mal à se développer. Ces conditions thermohygrométriques sont défavorables aux anophèles en saison sèche dans l'Atacora. On a enregistré pendant cette saison 13.500 cas (2.000 en février et 1750 en mars). Le pic de juin-juillet se place au coeur de la saison des pluies avec forte humidité et forte chaleur (Fig.68). Cette période est favorable à l'anophèle facilitant leur prolifération. A une température moyenne supérieure à 20-25°C, la sporogonie (développement des plasmodies dans le corps de l'anophèle (Fig.69) s'effectue à un rythme accéléré en 10-15 jours. En effet, au cours de la saison des pluies 20.000 cas (3.250 en juillet et 3.500 en octobre) ont été recensés. La

culmination d'octobre s'explique par la fin de la saison des pluies caractérisée par l'existence des eaux stagnantes qui favorisent la prolifération des anophèles.

La baisse constatée entre février et avril est liée à la très forte température défavorable au développement de la plasmodie. En effet, à 37°C, elle meurt dans le corps de l'anophèle.

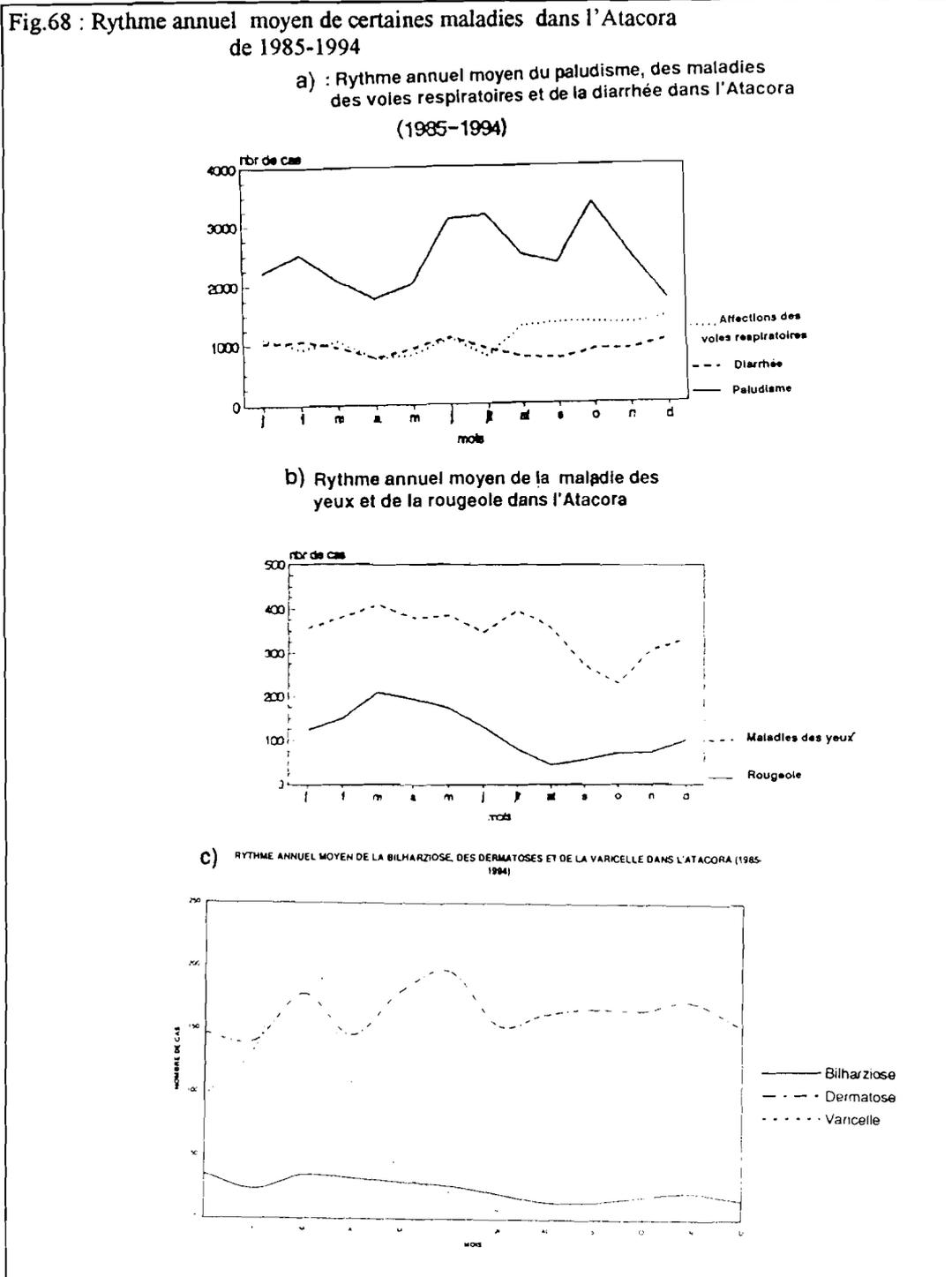
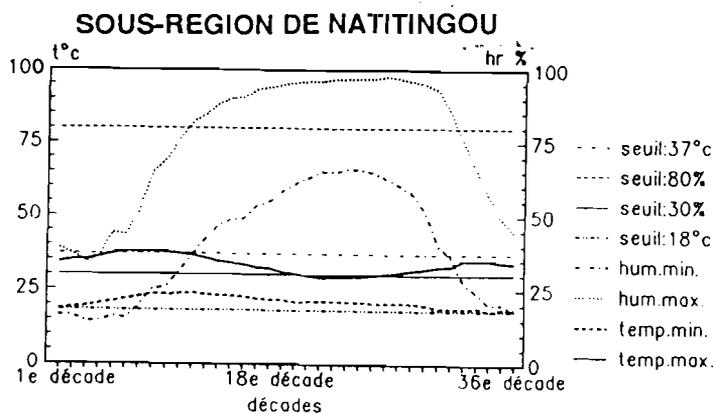
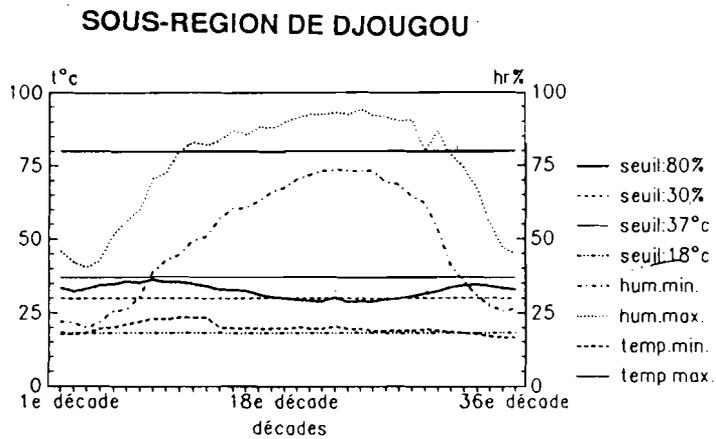
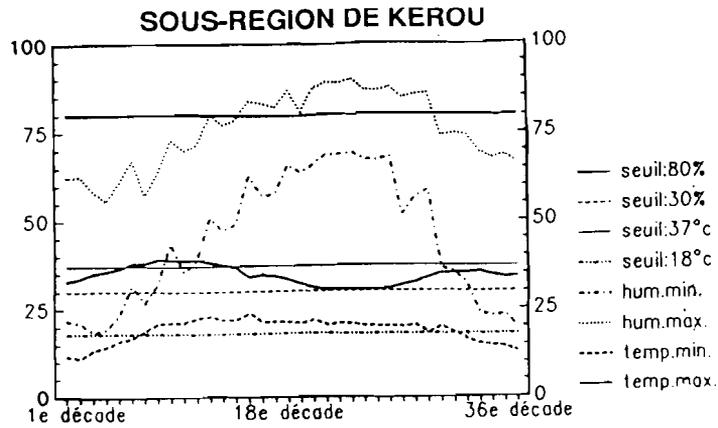


Fig.69 : Conditions de développement de l'anophèle et de la plasmodie au pas de temps décadaire dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)



Ajoutons que des conditions édaphiques et d'hygiène sont très favorables à l'anophèle : les forêts-galeries le long des cours d'eau, les nombreuses mares et marigots, les retenues d'eau (par exemple à Natitingou et à Djougou) qui accroissent l'humidité relative par évaporation et évapotranspiration, les conditions traditionnelles de conservation de l'eau (jarres, tonneaux) dans les maisons et les milieux ombrageux dans et autour des habitations offrent des conditions optimales pour le développement du vecteur du paludisme. Les endroits précités, très fréquentés par les femmes et les enfants, seraient des lieux privilégiés d'infestation, tant en saison humide qu'en saison sèche. Tout cela pourrait expliquer pourquoi, toute l'année, les moustiques sont présents dans les habitations et la maladie très répandue. La gravité de cette affection, liée surtout au manque de médicaments, se caractérise par de nombreux décès et est telle que ses conséquences socio-économiques sont parfois inestimables (perte de journées de travail, inaptitude au travail, décès...). Par exemple, en 1994, sur les 629 décès connus des services médicaux de l'Atacora, 290 le sont pour cause de paludisme.

## **2) La méningite**

Cette maladie a un taux de prévalence de 6,37 pour 10.000 soit 423 cas par an entre 1984 et 1992. Entre 1985 et 1989, la moyenne mensuelle des cas enregistrés dans la région s'élève à 43. La moyenne des mois de novembre à mai est de 94 cas (70 cas pour chacun des mois de janvier à mai). Dans le même temps, pendant la saison pluvieuse, la moyenne n'est que de 7 cas par mois. La méningite a bien sûr un rythme calqué sur l'évolution des paramètres climatiques favorables au développement de la méningite. Cela correspond à la saison sèche (conditions favorables au méningocoque, fragilisation du rhino-pharynx du fait des faibles températures nocturnes, des fortes chaleurs diurnes, des fortes variations thermiques, de la siccité de l'air et des poussières qui ont cours dans l'Atacora durant cette saison). En effet, les meilleures conditions de développement du méningocoque (36°C, 50% d'humidité relative et température moyenne de 17-25°C) en aérobie se situe dans l'Atacora de fin janvier à mai, pendant la saison sèche.

Même si elle est moins meurtrière que le paludisme, cette affection tue aussi. Par exemple en 1994, sur les 350 cas 27 sont morts.

La contamination par voie pflüggienne qui est le mode de propagation de l'infection est fortement favorisé par la promiscuité, très répandue dans ce milieu (conditions d'habitation et de voyage, écoles, marché, cérémonies..), qui facilite l'expansion de l'épidémie, situation déjà abordée au chapitre 2 de la présente étude.

### **3) La rougeole et la varicelle**

La région de l'Atacora enregistre par an en moyenne 750 cas de varicelle et 1.100 cas de rougeole.

La figure 68 montre que ces deux affections infantiles ont leur occurrence en saison sèche. De janvier à juin, on enregistre chaque mois au moins 100 cas de rougeole, la plus grande fréquence étant en mars (205 cas), avril (195 cas) et mai (189 cas). De même, la varicelle suit la même évolution. Ainsi, on enregistre dans l'Atacora une moyenne 220 cas de varicelle en mars, 96 en janvier, 151 en avril et une quarantaine en mai, les mois de juin à décembre enregistrant une moyenne inférieure à 25.

En effet, le paramyxovirus connaît ses meilleures conditions de développement en aérobie de février à mai à Kérou, de la 2<sup>e</sup> décade de février à la 2<sup>e</sup> décade d'avril à Djougou et de la 3<sup>e</sup> décade de janvier à la 3<sup>e</sup> décade d'avril pour ce qui concerne la température optimale (36°C) (Fig.70). Il en est de même du virus de la varicelle dont les conditions bioclimatiques idéales sont une très forte température et de l'air sec.

La période de recrudescence de ces deux affections trouve leur explication dans les conditions bioclimatiques défavorables à des enfants déjà fragilisés par la malnutrition. pendant la saison sèche (harmattan, forte chaleur) et dans les genres de vie des population atacorienne. En effet, la vie de relation ou de compassion, qui amène à rendre visite à un malade peut favoriser la propagation des germes pathogènes et leur contamination.

#### 4) La broncho-pneumonie

Les affections des voies respiratoires ont un taux de prévalence de d'environ 2,3% par an. L'Atacora enregistre par an environ 11250 cas.

La moyenne des mois de janvier à mars avoisine les 1.000 cas, alors que d'août à décembre on aura 1250 cas par mois. C'est donc à la fois la saison sèche et la saison pluvieuse qui sont concernées. Elle a des culminations au cours d'une ou des deux saisons<sup>qui</sup> sont liées aux exigences bioclimatiques du temps d'harmattan et de la saison des pluies qui prennent à défaut les mécanismes d'adaptation des populations.

La période d'harmattan, en effet, est caractérisée pour l'organisme par une ambiance éprouvante du point de vue tant thermique qu'hygrométrique : de novembre à février voire mars, la siccité de l'air provoque, chez l'homme, l'ulcération, le craquellement de la peau, les lésions des muqueuses, le dessèchement des bronches et la difficulté d'expectoration. Les températures élevées de l'après-midi contrastant avec celle de la nuit fragilisent l'organisme du fait de grands efforts d'adaptation. Ajoutons la brume sèche qui irrite les muqueuses des voies respiratoires. Toutes ces choses épuisent l'individu. La baisse de résistance et le refroidissement accroissent le risque de contracter des maladies des voies respiratoires, la méningite, la rougeole et la varicelle dont les germes se comportent comme des saprophyte du rhino-pharynx et se propagent par voie pflüggienne.

De même, la période de forte chaleur (mars-avril-mai) est marquée par une intense insolation (qui prolonge d'ailleurs celle de l'harmattan) et par des nuits notablement chaudes (température minimale moyenne de 24,2°C) à cause de la tension de vapeur déjà élevée. De ce fait, la déperdition thermique est très faible en vertu de la loi de Brunt [ $N=(a-b\sqrt{e})\cdot\sigma T^4$  avec  $a,b$ =coefficients;  $e$ =tension de vapeur;  $\sigma$  = constante de Stefan Boltzmann;  $T$ = température de l'air en °K] selon laquelle la déperdition thermique de l'atmosphère est inversement proportionnelle au contenu de l'air en vapeur d'eau, en d'autres termes, cette déperdition est d'autant plus faible que l'air est fortement chargé d'humidité),

d'où une atmosphère de plus en plus lourde et des nuits chaudes sans sommeil réparateur pour les populations qui se réveillent fatiguées. De mars à mai à Natitingou, on enregistre en milieu non confiné, à 21 heures, les valeurs décennales moyennes suivantes de températures et d'humidité relative :

	mars		avril		mai	
1ère décade	: 28,3°C	51%	28,1°C	70%	25,3°C	88%
2ème décade	: 27,4°C	64%	28,4°C	82%	24,9°C	90%
3ème décade	: 27,5°C	69%	27,6°C	84%	25,0°C	90,7%

La radiation obscure (dans l'infra-rouge) des murs rend infernale l'ambiance thermique des maisons.

Ainsi, les conditions de fragilisation et de défaillance immunitaire s'observent pendant la période d'harmattan (forte siccité de l'air, fortes variations thermiques diurnes, températures nocturnes faibles) et en avril-mai (surmenage physique du fait de la préparation des champs sous un soleil ardent, forte chaleur humide) et à tout autre moment (en cas de malnutrition). En outre, les exigences thermiques du germe de cette affection (35-37°C) sont satisfaites de novembre à mars à Natitingou, de février à avril à Djougou et de février à mai à Kérou (Fig. 71). L'ensemble des affections respiratoires suivent cette évolution caractérisée par une forte fréquence en saison sèche mais aussi en saison des pluies.

Enfin, la saison des pluies semble favorable aussi aux affections des voies respiratoires. Elle est, en effet, caractérisée par de l'air plus frais et très humide et la très forte humidité du sol s'avère propice au refroidissement de l'organisme, surtout que les populations, mal vêtues (pieds nus et torse nu), s'exposent au courant d'air et marchent sur un sol très humide. Toutes les conditions sont alors remplies pour que l'organisme contracte refroidissement et maladies.

La saison des pluies est aussi la période des travaux champêtres, travaux exécutés dans des conditions très pénibles : grande dépense d'énergie à cause des moyens rudimentaires de travail, cause de surmenage physique, exposition directe aux rayons solaires de fin de matinée et surtout de midi et de l'après-midi. Le matin, l'humidité relative est proche de la saturation, et la température n'est pas élevée. En effet, jusqu'à une heure avancée de la

matinée, les rayons solaires dissipent les brouillards et les brumes, en conséquence ils réchauffent moins le sol. Dès midi, la situation est tout autre, les rayons parviennent beaucoup plus au sol et sont très brûlants. La charge calorique que reçoivent les individus travaillant au soleil est difficilement éliminée à cause de la forte humidité atmosphérique. Ajoutons qu'un travail intense multiplie par 7 voire 9 la quantité de chaleur que l'organisme doit éliminer dans l'unité de temps. Et aussi la marche à elle seule ne diminue-t-elle pas de 2 à 3°C la limite supérieure de la température supportable (J.P. Besancenot, 1972)? En conséquence, la sensation de "touffeur" est effective, même si pendant la saison des pluies on enregistre une durée d'insolation très inférieure à celle connue durant les périodes d'harmattan ou de forte chaleur.

### **5) La bilharziose ou schistosomiase**

L'Atacora enregistre par an environ 200 cas de bilharziose urinaire. Elle a des séquelles parfois grave. La bilharziose urinaire (schistosomiase) dont le germe responsable est *Schistosoma haematobium*, est la plus répandue dans l'Atacora, est nettement centrée sur la saison sèche (novembre, janvier et mars) contrairement à ce que l'on observe en général (saison des pluies). De novembre à juin, 215 cas sont recensés dont 125 de janvier à avril contre 66 de juillet à octobre. On pourrait penser au cycle de libération des bilharzies dans l'eau par les bulins, mais en janvier et en mars il n'y a plus d'eau dans les mares et ce n'est pas non plus la période des travaux de riziculture. Ainsi, la période de forte occurrence serait due à un effet de latence entre la contamination et les manifestations cliniques de la maladie. Ainsi l'affection aurait été contractée pendant la saison humide sans manifestation clinique. Ou encore les malades étaient conscients du mal mais ne disposaient peut-être pas du minimum pour la consultation médicale. Les ventes des produits des récoltes ont certainement facilité l'accès aux soins médicaux.

Le facteur limitant est l'eau douce dont ont besoin les bulins pour leur survie. Cette eau doit donc exister en permanence. Les mares, les marigots, les marécages et la plupart des retenues d'eau en sont pourvues durant la saison pluvieuse et pendant une bonne partie de la saison sèche dans

l'Atacora. Ces points d'eau sont les gîtes des bulins qui libèrent les bilharzies dans l'eau, aux heures les plus chaudes de la journée (entre 12h et 17h).

## 6) Les diarrhées

Elles ont un taux de prévalence de 2%. Le département de l'Atacora enregistre annuellement environ 10.200 cas.

La figure 77 montre un pic en février et un autre en juin. Au cours des mois de décembre à juin, on enregistre mensuellement en moyenne 1.000 cas de diarrhées contre environ 800 pour les mois de la saison pluvieuse. Ces culminations sont dues à l'eau polluée que boivent les populations surtout en saison sèche), aux vers filiformes (favorisés par la forte humidité du sol) qui passent la barrière cutanée de la plante des pieds. En février, les populations boivent l'eau fortement polluée des mares et des marigots à demi-asséchés.

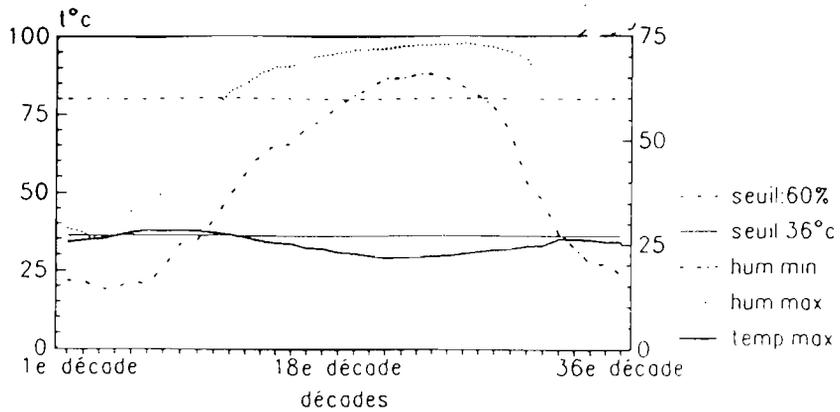
Pendant la saison pluvieuse, les populations des centres urbains et ruraux puisent l'eau des marigots où s'accumulent les eaux de ruissellement, y drainant toutes sortes de déchets (fientes d'oiseaux, fèces humains, carcasses d'animaux, poussières,...). C'est le cas, par exemple, de la "mer Borna" à Djougou. Au regard de la chaleur, retenue comme condition essentielle, nous dirions que les conditions optimales de développement de la diarrhée surviendraient pendant la période de forte chaleur qui, dans l'Atacora, va de mars à mai voire juin.

## 7) Les maladies des yeux : Conjonctivite et onchocercose

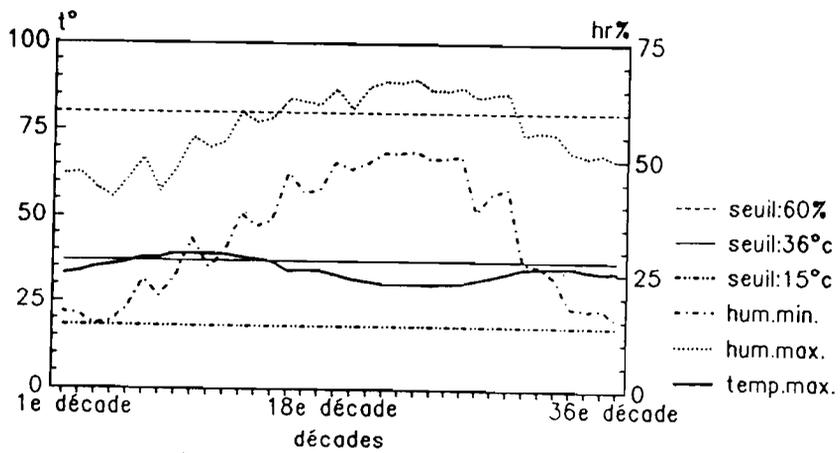
Dans l'Atacora, on enregistre par an environ 3.100 cas de conjonctivite et seulement une quarantaine de cas actuellement pour l'onchocercose. En moyenne, les maladies des yeux présentent plusieurs pics, un en mars, un autre en juillet et le dernier en décembre. Cela confirme l'occurrence de la saison sèche du fait de la poussière et de la brume sèche. Les augmentations de la saison pluvieuse se justifieraient par un problème d'hygiène, les mains sales non lavées étant aussi cause d'infection.

Fig.70 : Conditions de développement du virus de la rougeole au pas de temps décadaire dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)

**SOUS-REGION DE NATITINGOU**



**SOUS-REGION DE KEROU**



**SOUS-REGION DE DJOUGOU**

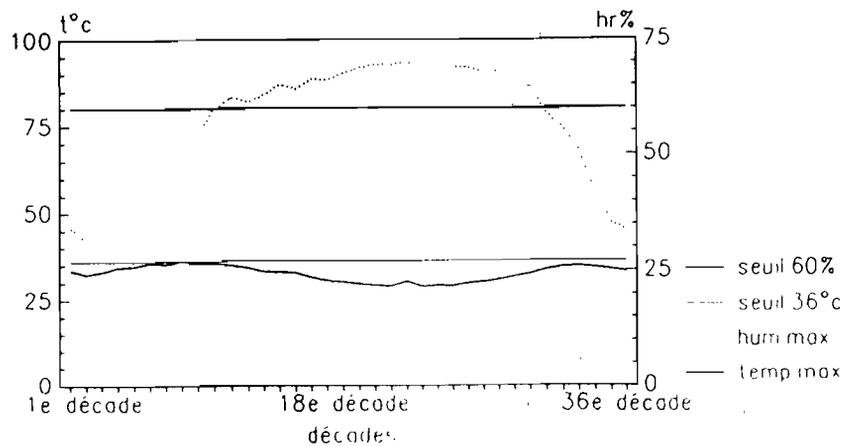
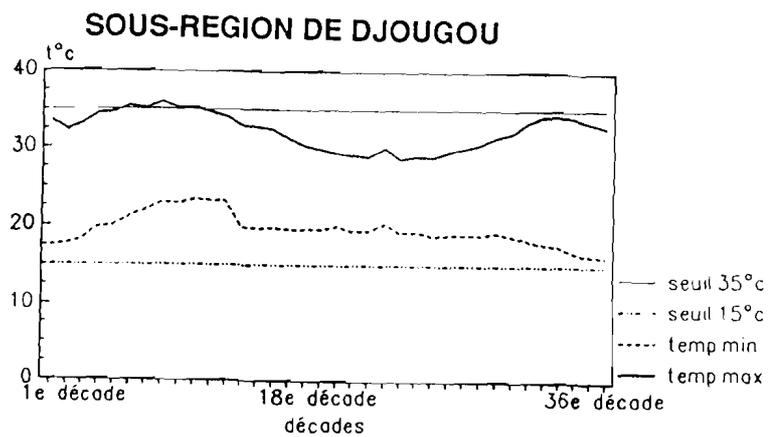
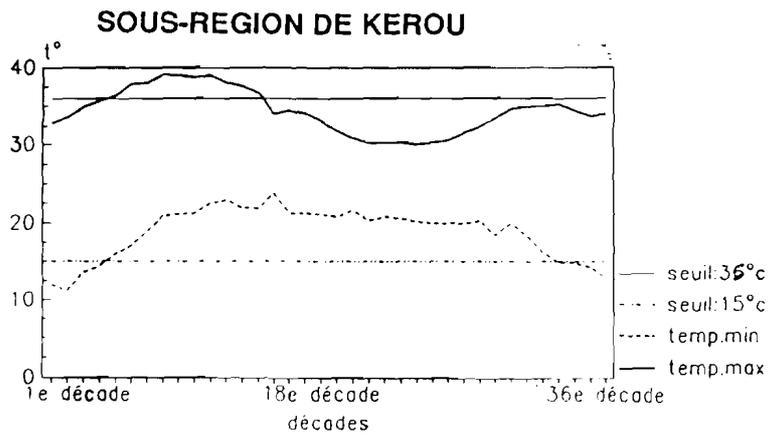
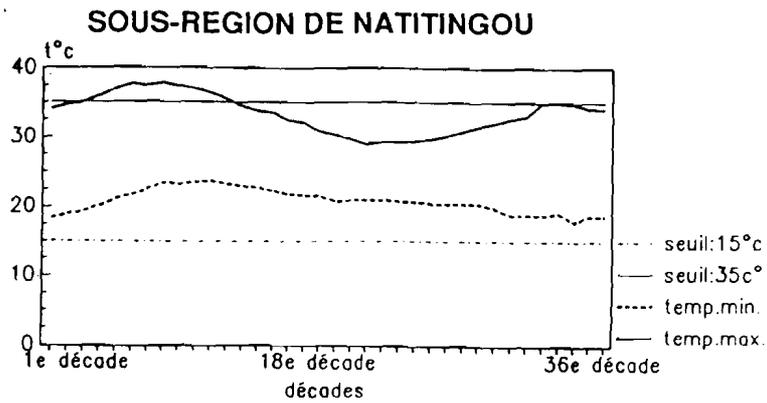


Fig.71 : Conditions de développement des germes de la broncho-pneumonie et de l'onchocercose au pas de temps décadaire dans l'Atacora (moyenne 1971-1990).



La conjonctivite se contracte par la poussière. Ainsi, les conditions favorables au développement de l'affection pourraient être réunies pendant la saison sèche du fait de la brume sèche et de la poussière permanente tout au long de cette saison. L'Onchocercose, par contre, a besoin pour son expansion de la larve de la simule dont les conditions thermiques favorables à son développement sont réunies quasiment toute l'année dans la région de Natitingou et de Djougou. A Kérou, cependant, les conditions thermiques sont défavorables de la 2<sup>e</sup> décennie de décembre à la 3<sup>e</sup> décennie de janvier (Fig. 71). Mais de l'eau douce existe-t-elle toujours en dehors des cascades et des rapides?

### **8) Les dermatoses**

Dans l'Atacora, on recense annuellement environ 1600 cas.

La figure 69 montre trois culminations des dermatoses, l'une en mars, l'autre en juin et la troisième en novembre. La peau a connu un stress maximum pendant l'harmattan du fait des poussières et de la sécheresse de l'air qui a provoqué des lésions sur le corps, la prolifération des germes est favorisée par la chaleur de la période chaude et humide. De plus, la saison sèche est une période d'hygiène minimum par manque d'eau et de stress climatique pour les populations. Comme pour les diarrhées, nous allons privilégier les causes telles que la chaleur humide et l'ensoleillement. Au regard de ces facteurs, il apparaît que le rythme défini est concordant avec les périodes les plus favorables aux dermatoses qui se situeraient de novembre à mai, voire juin et en particulier, de mars à mai, temps au cours duquel, les habitants et surtout les enfants ont des boubouilles sur le corps.

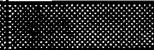
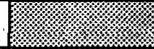
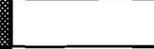
Les périodes d'occurrence ainsi définies pour diverses pathologies correspondent-elles à ce qu'en savent les populations? Le tableau 24 nous donne quelques éclaircissements:

Légende du tableau 24

Très forte occurrence ( 50-100% des personnes interrogées)				
Forte occurrence ( 21-49%	"	)		
Faible occurrence ( 0,5-20%	"	)		
non recensé ( 0%	"	)		

Cette façon de présenter facilite, pensons-nous, la comparaison des deux résultats.

**Tableau 24 :** Occurrence de certaines maladies dans l'Atacora selon les enquêtes de terrain (échantillon des 800 personnes interrogées) et les données cliniques (suivant les pics observés sur les graphiques en situation moyenne) .

Types de Temps	Harmattan		Période de chaleur		Saison des pluies	
	Population	Données cliniques	Population	Données cliniques	Population	Données cliniques
Paludisme						
Affections respiratoires						
Diarrhée						
Maladies des yeux						
Rougeole						
Méningite						

Le tableau 24 montre que les populations de l'Atacora sont conscientes des risques qu'elles encourent pendant certaines périodes climatiques de l'année. Le fait de placer la grande occurrence du paludisme pendant la saison pluvieuse et la moindre fréquence pendant la saison sèche exprime que le risque de contracter le paludisme pendant la saison des pluies est grand et qu'il est moindre en saison sèche.

Quant aux affections respiratoires, le risque est placé en période d'harmattan et en saison pluvieuse. Il en est de même de la méningite (période de chaleur). Enfin le risque de contracter les maladies des yeux est fixé en saison sèche.

Les cas cliniques confirment dans l'ensemble les périodes d'occurrence de certaines affections exprimées par les populations et les risques qu'elles peuvent encourir pendant ces périodes.

La distorsion très modérée entre les statistiques sanitaires et la perception des populations ne contredit pas forcément ces résultats. Le rythme saisonnier moyen des affections les plus fréquentes correspond pratiquement à l'observation qu'en ont faite les populations qui en subissent les effets négatifs comme la perte de journées de travail.

Les pertes de journées de travail pour cause de maladie existent et sont vécues chaque jour par les populations, mais elles sont difficilement quantifiables. C'est pourquoi faute de chiffres, nous nous contenterons de faits qualitatifs.

Pour mieux saisir l'importance du phénomène dans les sociétés béninoises et africaines d'une façon générale, il y a lieu de donner quelques précisions d'ordre sociologique.

Si un seul membre de la famille est malade, c'est toute la famille qui s'en préoccupe. La famille n'est pas la famille restreinte élargie à une véritable lignée comportant outre parents et enfants, les tantes et les oncles paternels et maternels et leurs enfants, avec les descendants d'un même grand-père ou arrière grand-père. Quand le malade est immobilisé et incapable de se lever, il faut à ses côtés un adulte pour l'aider, même s'il est hospitalisé dans un centre de santé. En conséquence, le nombre de jours perdus est multiplié par deux quand le malade est un adulte, le garde-malade est aussi un adulte. Par contre, le nombre de jours d'invalidité ne subira pas de modification si le malade est un enfant, le garde-malade étant nécessairement un adulte. Cette situation résulte de la défaillance du système de garde en vigueur dans les hôpitaux du pays.

Les visites au malade résultent du tissu de relations que l'individu entretient avec les membres de la communauté. Outre les relations d'ordre

familial ou clanique, il existe aussi celles d'ordre professionnel ou d'amitié qui rendent ces visites quasi obligatoires. Le nombre de visites quotidiennes que reçoit un malade est fonction de sa position sociale dans la famille et dans le quartier et de sa sociabilité. Les visiteurs peuvent venir de loin ou de la même localité. Certains perdront toute une journée, d'autres une demi-heure et d'autres encore quelques heures. Dans la plupart des cas, ces visites au malade se font au mépris des règles de conduite à tenir en cas d'affections contagieuses. Cette habitude séculaire a certainement favorisé des épidémies de nombreuses maladies infectieuses en Afrique.

Dès que la maladie s'aggrave, les frères ou les amis vont consulter le devin, de leur gré et chacun de son côté, et font les sacrifices indiqués.

Du fait des distances entre les centres de santé et les villages et du manque de moyens de transport, dès qu'on va en consultation la journée est perdue. Si le malade est un enfant, la journée est donc perdue pour l'accompagnateur, souvent la mère.

En situation moyenne, les diverses affections étudiées sont liées au climat, elles présentent des culminations saisonnières. Le paludisme, par exemple, a sa grande occurrence en saison des pluies du fait des conditions très favorables au développement des anophèles. Son pic minimum est en saison sèche à cause des conditions climatiques défavorables au vecteur du paludisme mais aussi l'habitude de coucher à la belle étoile sans protection adéquate favorise l'infestation. Il en est de même des autres maladies, en particulier les diarrhées et les affections des voies respiratoires où se conjuguent les facteurs climatiques et humains pour expliquer leurs périodes de grande ou de moindre fréquences. Cette situation moyenne des affections serait peut-être différente de celle observée au pas de temps interannuel au travers de la dynamique des affections.

## **CHAPITRE CINQUIEME : DYNAMIQUE DES AFFECTIONS DANS L'ATACORA**

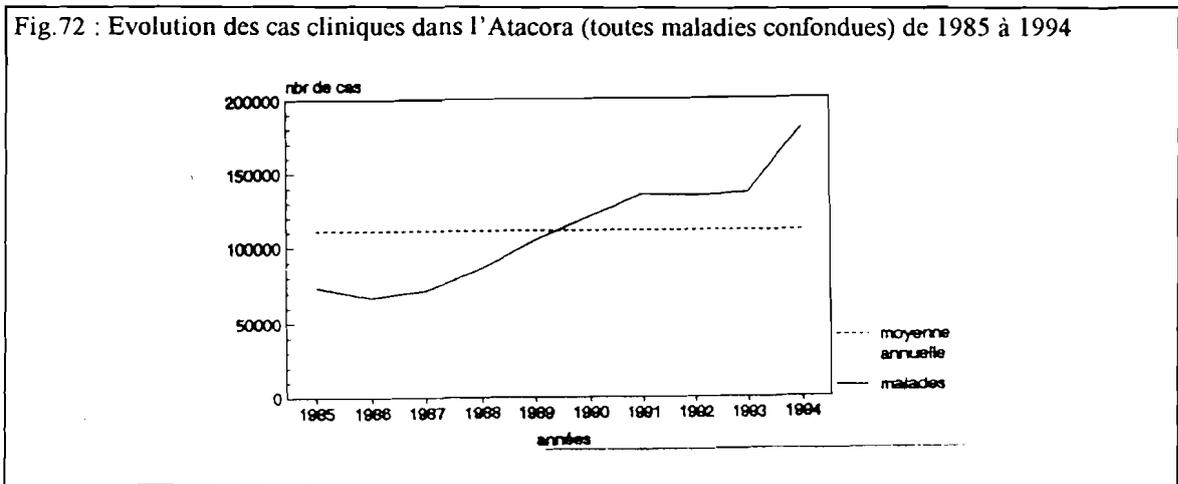
La fréquence des ambiances saisonnières souvent éprouvantes pour les populations est en concordance avec celle des affections à l'échelle moyenne. Par exemple, dans chacun des mois de juin-juillet, on enregistre dans l'Atacora en moyenne 3250 cas de paludisme. Il en est de même de la méningite dont la moyenne mensuelle de janvier à mai fait 10 fois celle des mois de la saison pluvieuse. Mais insistons sur le fait que la moyenne est éloignée des situations réelles. Dans la sous-région de Djougou, par exemple, au cours des 5 premiers mois de 1989, on a enregistré 143 cas de méningite alors que seulement 15 cas l'ont été en 1987 pour la même période. Il existe donc une variabilité interannuelle des affections sans doute en relation avec la variabilité des facteurs climatiques.

Il s'agit dans cette section de rechercher les raisons de cette variabilité en étudiant les rythmes interannuels des trois principales affections de l'Atacora et en les confrontant à la variabilité des éléments du climat. Ensuite voir s'il existe une relation statistique entre les affections et les éléments du climat. Enfin d'établir une géographie des trois plus importantes pathologies de l'Atacora.

### **A : Dynamique interannuelle des affections**

## 1- Rythme interannuel des maladies

En moyenne annuelle l'Atacora enregistre environ 110.000 malades toutes pathologies confondues (Fig.72). On remarque une certaine augmentation des malades d'une année à l'autre, dans le département : de 75.000 en 1985, le nombre est passé à 180.000 malades en 1994. Cette hausse constante des totaux annuels des pathologies peut être le signe d'un meilleur suivi statistique. Mais comme on l'a vu plus haut, d'une part, les conditions de surveillance et de suivi médicaux se sont plutôt dégradées au cours des années récentes. En effet, les soins et les médicaments sont coûteux pour des populations dont les moyens n'ont pas augmenté. D'autre part, est intervenue la péjoration des conditions socio-économiques des populations (exemple de la dévaluation du franc CFA de janvier 1994) qui ont assisté, impuissantes, au renchérissement de tous les produits. Nous avons donc des raisons de croire que l'augmentation de cas correspond à une détérioration de la situation.



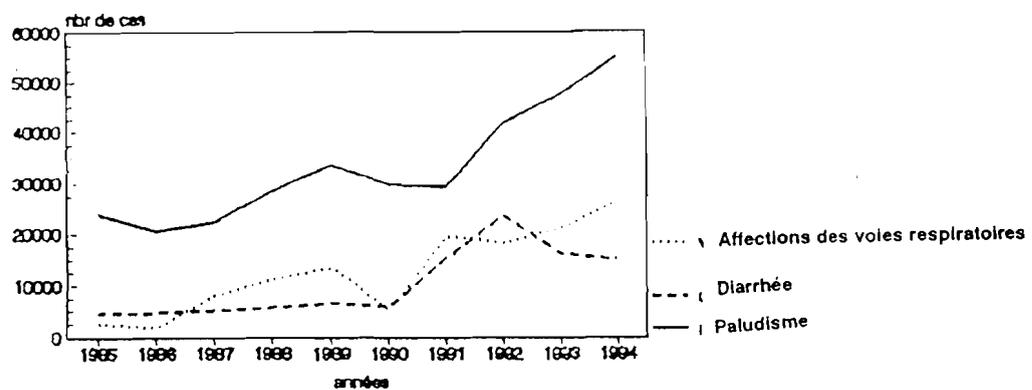
Toutefois, à l'exception de la rougeole qui est caractérisée par une baisse en 1988 et une légère stagnation jusqu'en 1990 (Fig.73), ces maladies (paludisme, diarrhée, affections des voies respiratoires, rougeole et maladies des yeux) sont caractérisées par une grande variabilité. Par exemple, le

paludisme et les affections respiratoires ont connu une augmentation entre 1985 et 1989, une baisse en 1990-1991 et une augmentation jusqu'en 1994. Ces évolutions sont confirmées par les paramètres de variabilité (tableau 25) et par le taux de prévalence, total de cas rapporté à la population totale de la région d'étude (tableau 26). La prévalence permet de mieux saisir les entités nosologiques les plus fréquentes afin de pouvoir connaître les facteurs de cette variabilité.

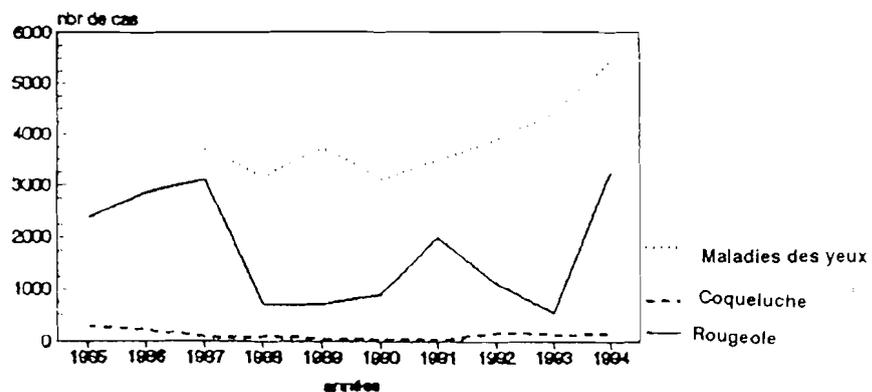
Le tableau 25 montre que l'écart-type est élevé, de même que le coefficient de variation qui évolue entre 19 et 71% selon les affections. Ce coefficient est faible en ce qui concerne les maladies des yeux, la dispersion étant minimale.

Fig.73a,b : Evolution de certaines maladies dans l'Atacora de 1985 à 1994

a) L'évolution Interannuelle du paludisme, des maladies des voies respiratoires et de la diarrhée dans l'Atacora de 1985 à 1994



b) Evolution interannuelle des maladies des yeux, de la coqueluche et de la rougeole dans l'Atacora de 1985 à 1994



**Tableau 25** : Quelques paramètres statistiques de variabilité (nombre de cas pour les paramètres statistiques autres que le coefficient de variation) de 1985 à 1994

Paramètres statistiques. Affections	Ecart Type	Coeff.de variation	moyenne	Valeur minimale	valeur maximale	Etendue
Paludisme	11.366	34 %	33429	20.492	54.894	34.402
Affections des voies respiratoires.	8.367	65 %	12872	1.828	26.276	24.448
Maladies des yeux	759	19 %	3994	3.122	5.431	2.309
Diarrhée	6.644	64 %	10381	4.593	23.706	19.113
Rougeole	1.077	61 %	1765	538	3.247	2.709
Coqueluche	83	71 %	117	25	286	261

Par ailleurs, <sup>le</sup> tableau 26 donnant la prévalence permet de dégager les points suivants.

Il montre que l'affection la plus répandue reste le paludisme avec un taux annuel moyen de 5,5%. Viennent ensuite les affections des voies respiratoires avec 2,3%, les diarrhées avec 1,77% et enfin les maladies des yeux avec 0,56%. Il montre aussi une certaine typologie des années suivant les affections. Le paludisme, par exemple, a connu une forte prévalence en 1989 et de 1992 à 1994. Les maladies respiratoires en 1991 et en 1993-1994. Les diarrhées n'en ont connu qu'en 1992. Le paludisme a en commun 1992 avec les diarrhées et 1993-1994 avec les affections respiratoires. Ces fortes occurrences sont certainement dues à une dégradation de la situation socio-économique des populations surtout à la suite de la dévaluation de 1994.

Ce taux s'est accru entre 1987 et 1989 pour toutes les affections : le paludisme, de 3,7 à 5,3%; les affections des voies respiratoires, de 1,3 à 2,1% et les diarrhées, de 0,8 à 1,06%.

Cette période a été caractérisée au Bénin par une crise politique et sociale aiguë marquée par la grève généralisée des fonctionnaires suite au

non-paiement des salaires, dont les conséquences ont été dramatiques sur l'alimentation et sur la santé de l'ensemble des populations.

La baisse qu'on a constatée dans ce taux (de 5,3 à 4,6% pour le paludisme; de 2,1 à 0,8% pour les affections des voies respiratoires), entre 1989 et 1991, serait liée à l'amélioration de cette situation socio-économico-politique.

**Tableau 26** : Taux annuels de prévalence de certaines maladies dans l'Atacora (%).

années	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Affections								
Paludisme	3,7	4,6	5,3	4,7	4,6	6,4	7,1	8,05
Affections des voies respiratoires.	1,3	1,8	2,1	0,8	3,05	2,8	3,1	3,8
Maladies des yeux	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
Diarrhée	0,8	0,9	1,06	0,9	2,4	3,6	2,4	2,1

du fait de la conférence nationale de février 1990 qui a redonné confiance aux Béninois et dont l'un des bénéfiques a été l'appurement des arriérés salariaux conjugué avec la régularité des salaires.

La reprise de la tendance à l'augmentation de ce taux qu'on constate, entre 1991 et 1994, pour le paludisme (de 4,6 à 8,05%) et les maladies des yeux (de 0,5 à 0,7%), entre 1992 et 1994 pour les affections des voies respiratoires (de 2,8 à 3,8%) peut être également liée à l'amélioration de la situation socio-économique du fait que les populations ayant plus de moyens oublient même les moyens élémentaires de protection et vivent dans une certaine insouciance d'une part, ou ayant plus de moyens financiers, elles fréquentent plus les centres de santé, d'autre part.

Le taux de prévalence des diarrhées a, par contre, diminué entre 1992 et 1994 (de 3,6 à 2,1%). Cette baisse serait peut-être liée aux effets des campagnes de sensibilisation et de formation des femmes rurales sur l'hygiène

alimentaire et l'alimentation des enfants de 0 à 5 ans ou au manque de relevé qui occulterait le lourd tribut payé à chaque maladie et que nous évaluerons par la létalité et les principales causes de décès.

**La létalité** permet de saisir l'impact des affections à travers le taux de létalité qui, dans un groupe de personnes atteintes d'une maladie donnée, évalue la proportion de celles qui décéderont par suite de cette maladie.

Il apparaît qu'en moyenne annuelle, la malnutrition, qui n'affecte que les enfants et particulièrement ceux récemment sevrés, s'avère très meurtrière avec un taux de létalité de 12,8% même si le nombre total de décès pour malnutrition ne fait que 1,7% du total des décès dans l'Atacora. La malnutrition d'un adulte n'atteint pas l'état critique qui l'amènera dans un centre de santé. Vient en seconde position la méningite avec 9,3% mais elle ne prend que 3,8% du total annuel des décès. Le paludisme ne tue que 0,8% des personnes atteintes. Cependant cette maladie est l'une des principales cause de décès dans l'Atacora. Elle participe pour 18,6 % dans le total annuel des décès dans la région du fait de son taux de prévalence élevé dans l'Atacora. La diarrhée a un taux de létalité de de 1,3%, mais elle provoque de nombreux décès (5,5% du total des décès).

Le taux de létalité a connu une diminution de 1993 à 1994 pour les maladies les plus courantes comme le montre le tableau 27

**Tableau 27 : Taux de létalité de quelques maladies dans l'Atacora (%)**

années Maladies	1990	1991	1992	1993	1994	Moyenne Annuelle
Méningite	10,1	11,2	17,5	2,05	6,8	9,3
Paludisme	1,0	1,2	1,7	0,02	0,4	0,8
Rougeole	4,7	5,0	6,3	0,0	0,4	2,9
Diarrhée	2,5	2,9	2,2	0,0	0,3	1,3
Malnutrition	--	--	19,3	17	2,1	12,8
Maladies des voies respiratoires	--	1,0	2,9	3,3	0,09	2,4

---- données manquantes

Le recul récemment constaté des taux de létalité des maladies comme la rougeole serait imputable aux nombreuses campagnes de sensibilisation effectuées auprès des mères par les agents de santé et par les centres sociaux. Le taux de létalité ne permet pas d'évaluer la part d'une maladie dans le total des décès dans une région.

**Dans les principales causes de décès**, on recherche la part de chaque maladie dans le nombre total de décès en un temps donné dans un espace donné. Cette part est le pourcentage de personnes décédées d'une maladie par rapport au nombre total de décès dans une région.

Les principales causes de décès dans l'Atacora de 1990 à 1994, en pourcentage de la mortalité générale seraient :

Paludisme	18,6
Autres affections (symptômes et signes mal définis)	16,7
Affections des voies respiratoires	8,5
Tous traumatismes (accidents...)	5,9
Diarrhées	5,5
Anémie	5,3
Méningite	3,8
Maladies de l'appareil digestif	3,3

Malgré ses 0,8% de taux de létalité, la malaria reste de loin la maladie qui tue le plus dans l'Atacora du fait de sa grande prévalence au sein de la population, de l'absence de médicaments et de soins précoces. Viennent ensuite les affections des voies respiratoires, les traumatismes (accidents de la circulation, chutes accidentelles...), les diarrhées et les anémies, les affections de l'appareil digestif et la malnutrition.

La variation interannuelle des indices épidémiologiques ou celle des totaux annuels de cas ne permet pas d'avoir une exacte compréhension des variations interannuelles des rythmes pathologiques saisonniers.

## **2) Variations interannuelles des rythmes pathologiques saisonniers**

Nous voulons voir si, entre 1985 et 1989, les pics et les points bas des rythmes saisonniers des trois principales affections se situent toujours à une même période et les relier au rythme climatique.

Nous nous préoccupons en premier du cas du paludisme (Fig.74a), affection la plus meurtrière de l'Atacora.

A Natitingou, les histogrammes présentent deux situations : en 1985 et 1986, les deux histogrammes ont la même configuration. Les trois années de 1987 à 1989 se caractérisent par un nombre plus important de cas et un même rythme. Le rythme comporte trois pics avec le maximum centré sur octobre (1986), sur novembre (1987) et sur septembre (1988, 1989), les pics secondaires étant en juillet, mai et mars (1988,1989), en août et mars (1987).

Dans l'hypothèse que la pluie peut être un facteur favorisant, plus il pleut il y aura des flaques d'eau, plus on a de cas de paludisme. Le maximum de cas de paludisme est situé en novembre 1987 qui n'a enregistré que 3,1 mm de pluie. Le mois de novembre a certes bénéficié de l'effet des mois antérieurs pluvieux. Nous devons compter aussi avec le cycle de développement de l'anophèle et des plasmodies mais par contre en 1986, octobre a été à la fois le mois de maximum pluviométrique et de maximum de cas de paludisme. Les conditions thermohygrométriques de l'Atacora ne sauraient expliquer une quelconque

différence de situation en saison des pluies. Ces conditions ont été très favorables aux anophèles en saison pluvieuse durant les 5 ans (Fig.75,76). Insistons sur le fait que la coïncidence entre un pic pluviométrique et le pic du paludisme est une pseudo-causalité, les raisons devant être recherchées dans les mois antérieurs.

A Djougou, le rythme est trimodal avec le maximum en octobre (1987, 1988, 1989) en octobre-novembre (1986) et en juin-juillet (1985, les pics secondaires étant fixés sur janvier et octobre (1985) sur juin-juillet (1986), juin-juillet, de janvier à mars (1987), février et juin (1988). Les histogrammes présentent la même configuration. Les pics de septembre sont au coeur de la saison des pluies, ce qui est normal. Ceux d'octobre-novembre correspondent à la fin de saison des pluies où les mares et les flaques d'eau sont présentes, facteurs favorables au développement des anophèles.

A Kérou, par contre, 1988 et 1989 peuvent constituer un ensemble avec deux pics centrés sur juillet et octobre, 1985 et 1986, un autre ensemble avec le pic principal en juillet et les pics secondaires en janvier et en octobre (1985) en février et en octobre (1986) et le troisième cas en 1987 caractérisé par un rythme unimodal d'août. Dans cette sous-région, les deux années (1985, 1986) au cours desquelles on a enregistré moins de cas ont connu de déficit pluviométrique. Comme nous venons de le dire, les pics d'octobre-novembre sont favorisés par l'existence des flaques d'eau. Les pics de saison sèche (décembre à mars) semblent aberrants sans explication cohérente.

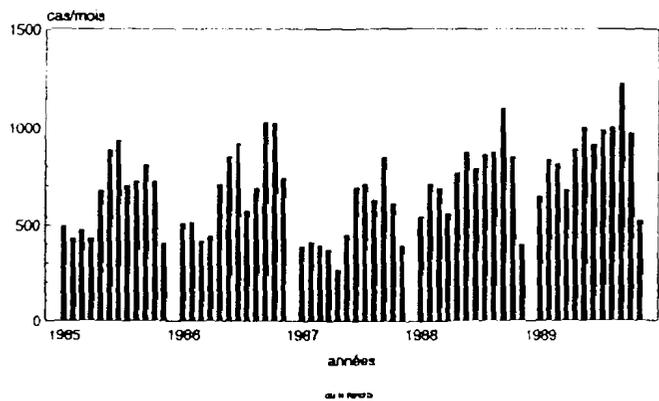
A Tanguiéta, le rythme est trimodal avec le maximum en septembre (1989) en octobre (1988) et les pics secondaires en février (1989), en février et juillet (1988). Pendant l'année normale, 1989 on a compté 3617 cas contre 3080 durant l'année de déficit pluviométrique (1988).

Les années au cours desquelles on a enregistré moins de cas ne sont pas toutes des années de déficit pluviométrique et le contraire est également vrai. A Natitingou, par exemple, au cours de l'année déficitaire, 1985, on a

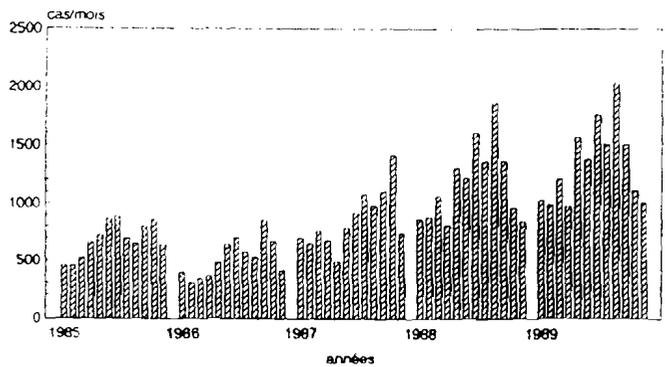
enregistré plus de cas de paludisme (8282 cas) qu'en 1986 (6316 cas), une année normale.

Fig. 74a Variabilité du rythme annuel du paludisme dans l'Atacora (1985-1989)

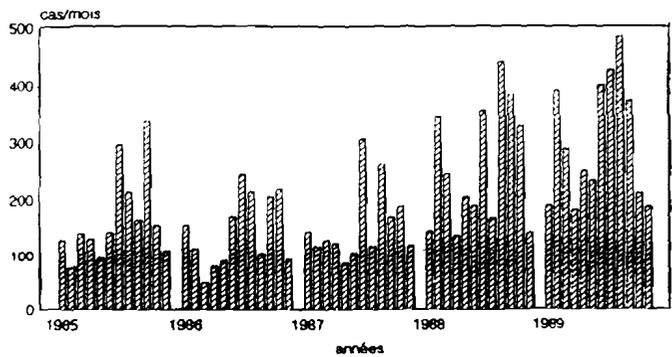
### Le paludisme dans la sous-région de Djougou



### Le paludisme dans la sous-région de Natitingou



### Le paludisme dans la sous-région de Tanguiéta



### Le paludisme dans la sous-région de Kérou

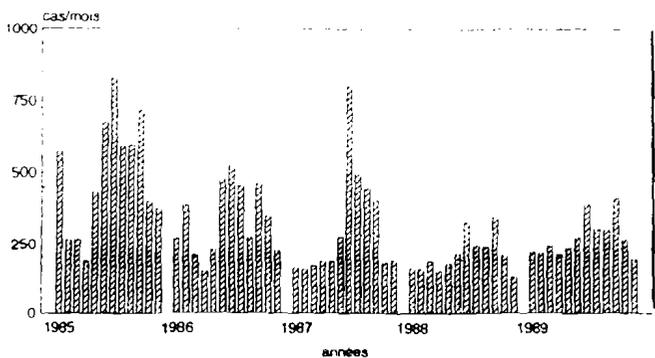


Fig.75 : Variation interannuelle des conditions thermiques de développement de l'anophèle et de la plasmodie (1985-1989)

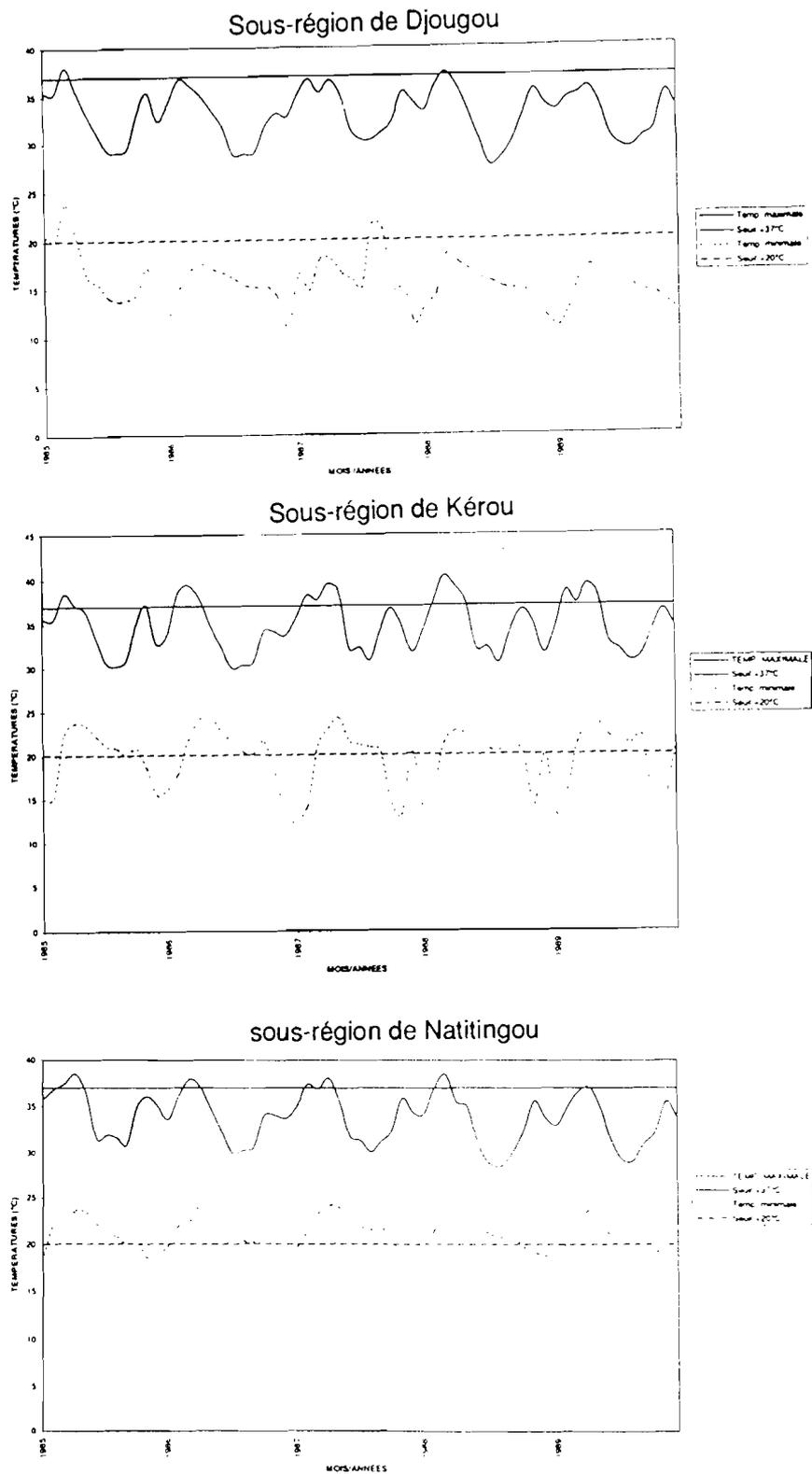
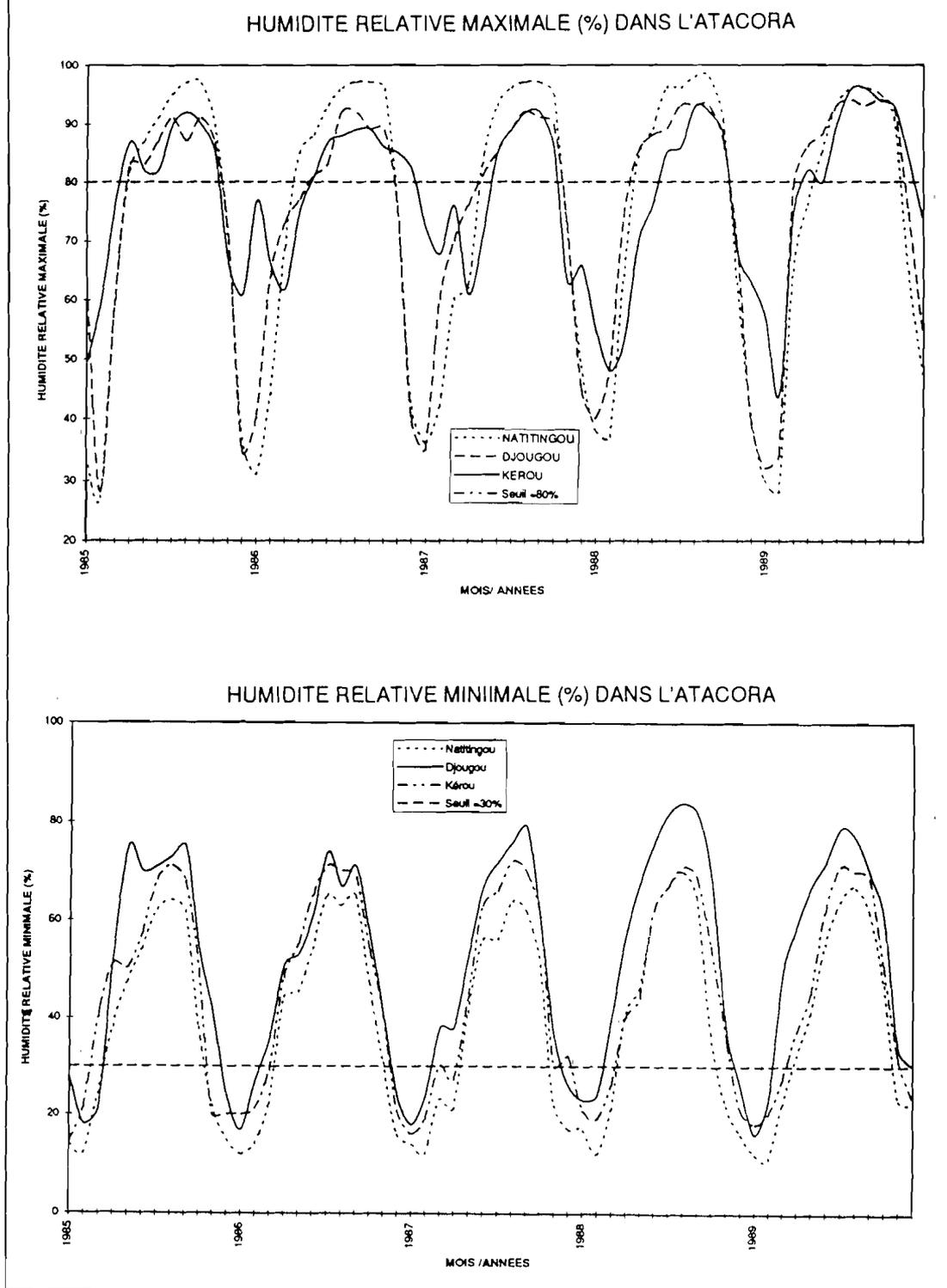


Fig. 76 : Variation interannuelle des conditions hydriques de développement de l'anophèle et de la plasmodie (1985-1989)



**Retenons que dans la région de l'Atacora (toutes sous-régions confondues), la fin de la saison des pluies retrace l'incidence des mois précédents. Certains pics des mois d'harmattan paraissent purement aberrants, le risque de fragilisation étant peu marqué, ne serait-ce que dans le cas du paludisme.**

La Broncho-pneumonie (Fig.74b) présente deux types de situation dans les trois sous-régions de l'Atacora : les années de grande occurrence de la maladie (1987, 1988, 1989) et celles de faible fréquence (1985, 1986). Le rythme est tantôt bimodal tantôt trimodal. Les deux pics du rythme bimodal sont centrés sur octobre et mars (Djougou) et sur octobre et février (Tanguiéta). Le rythme trimodal présente des culminations de saison sèche et de saison pluvieuse. Quelques exemples nous permettront de comprendre les culminations, sachant que les conditions de développement du germe de cette affection (forte humidité forte chaleur) sont réunies durant la saison sèche, en permanence entre 1985 et 1990, avec une fréquence d'occurrence de 100% soit 5 années sur 5 (Fig. 77). Ces ambiances d'harmattan et de saison des pluies (forte tension de vapeur, faible humidité relative, température fraîche) fragilisent l'organisme qui devient réceptif au germe.

Dans la sous-région de Natitingou, mars 1985 est caractérisé par un air très sec (15-20%), par une température minimale de 18-19°C et par une température maximale de 38°C. De même, en 1987, novembre-décembre sont caractérisés par un air très sec (16% d'humidité relative), entre décembre et mars, la température minimale est de 18-20°C. La période d'août à octobre est marquée par 20-21°C de température minimale, 95-97% d'humidité relative maximale et 28 hPa de tension de vapeur qui éprouve les bronches.

Dans la sous-région de Djougou, entre novembre et mars 1988, on a enregistré 13-18°C de température minimale, une humidité relative de 23-26% et une température maximale de 33-37°C. De juin à octobre, on a 82% d'humidité relative maximale et 14-16°C de température minimale.

Ce sont les premiers mois de l'année et les trois derniers qui ont les fortes occurrences. L'influence de l'harmattan est donc très forte.

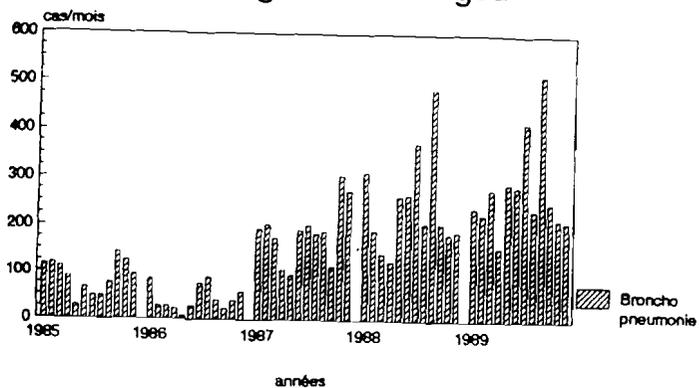
Dans la sous-région de Kérou, en 1987, la période de novembre à mars est faite de 38-40°C de température maximale, de 14-16°C de température minimale et de 20-22% d'humidité minimale alors qu'entre juin et octobre on a 16-20°C de température minimale, 78 % d'humidité relative, 30,8 à 34,9 de température maximale et 28 hPa de tension de vapeur.

A Kérou, les pics sont dispersés. Ainsi on ne note pas de rythme évident.

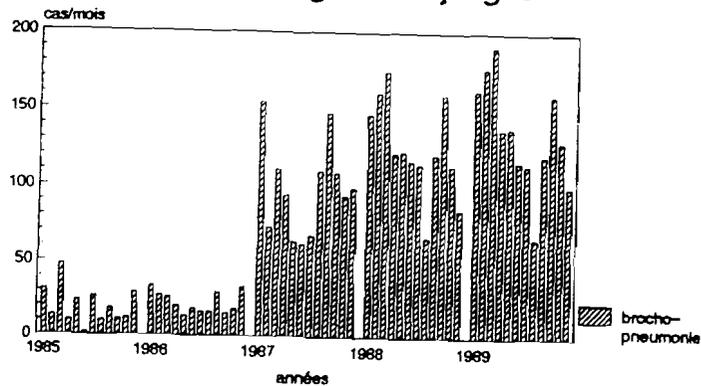
Dans la sous-région de Tanguéta, les rythmes se rapprochent de ceux observés à Kérou caractérisés par le bimodal (1988), le trimodal (1989) et l'inexistence de rythme (1987). Les pics sont axés sur les mois de la saison sèche et sur ceux de la saison des pluies.

Dans l'Atacora, toutes les conditions bioclimatiques de fragilisation de l'organisme (air très sec, faibles températures nocturnes, importants écarts de températures journaliers, forte humidité atmosphérique) sont réunies pour que les populations contractent la broncho-pneumonie en saison sèche comme en saison des pluies. **Les culminations sont ou de fin de saison sèche ou de fin de saison des pluies ou encore du coeur de l'harmattan.**

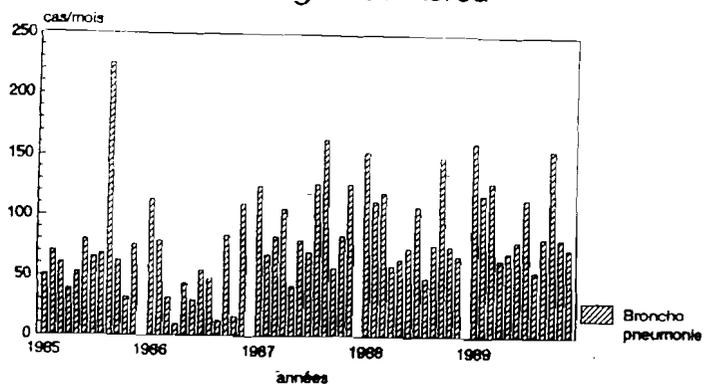
### La Broncho-pneumonie dans la sous-région de Natitingou



### La Broncho-pneumonie dans la sous-région de Djougou



### La Broncho-pneumonie dans la sous-région de Kérou



### La Broncho-pneumonie dans la sous-région de Tanguiéta

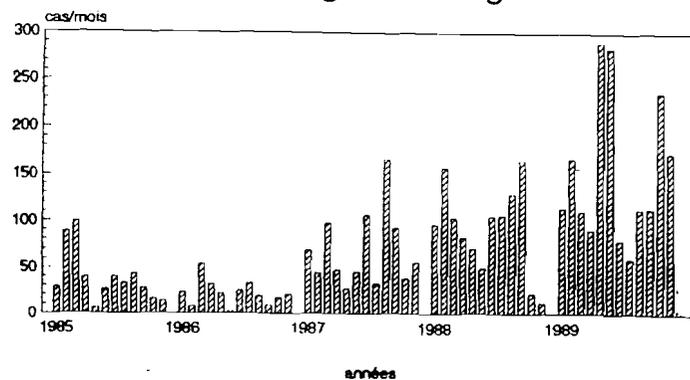
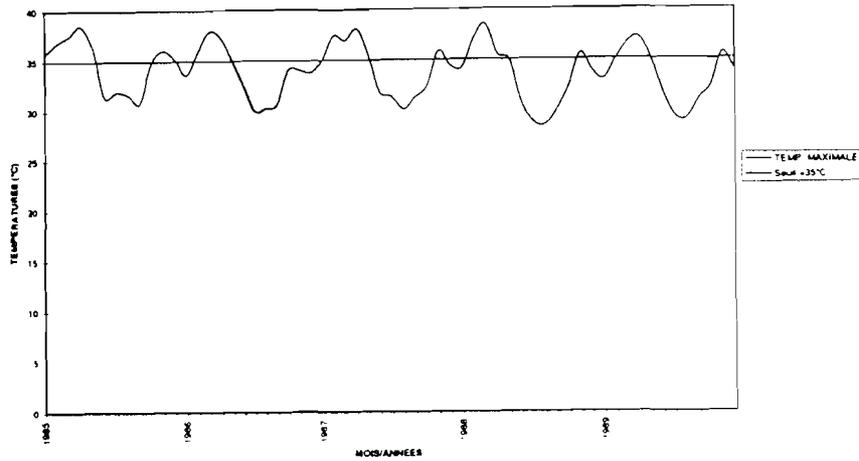


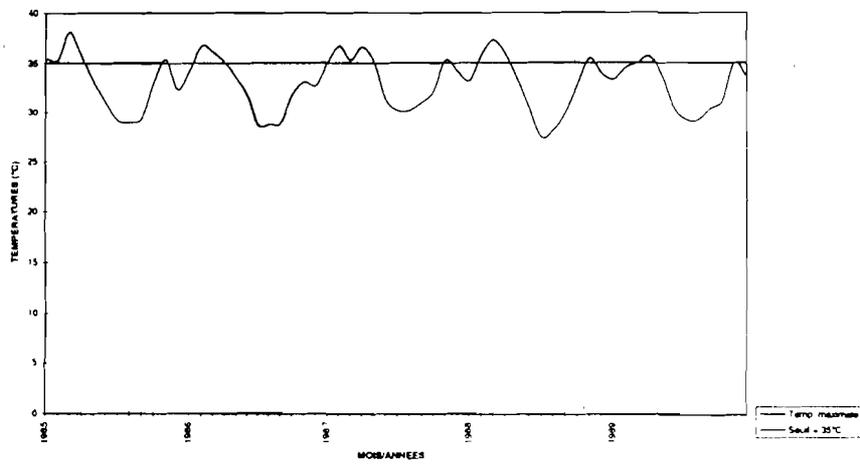
Fig. 74 b: Variabilité du rythme annuel de la broncho-pneumonie dans l'Atacora (1985-1989)

**Fig.77 : Variation interannuelle des conditions thermiques de développement du germe de la broncho-pneumonie dans l'Atacora (1985-1990).**

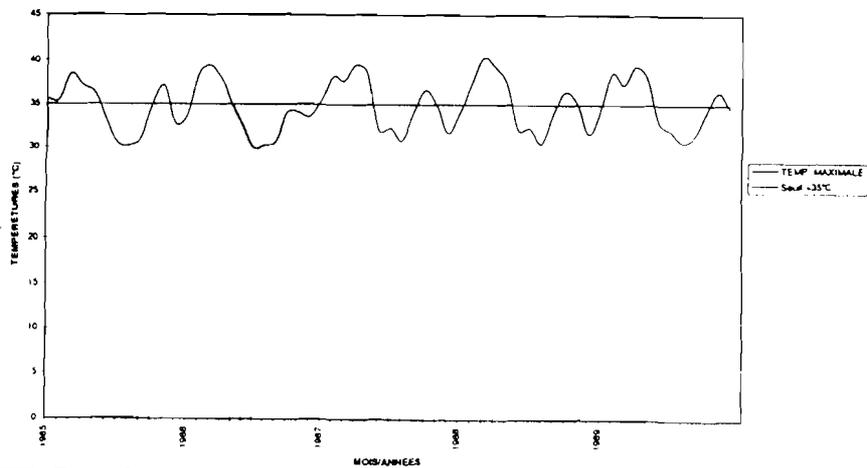
sous-région de Natitingou



Sous-région de Djougou

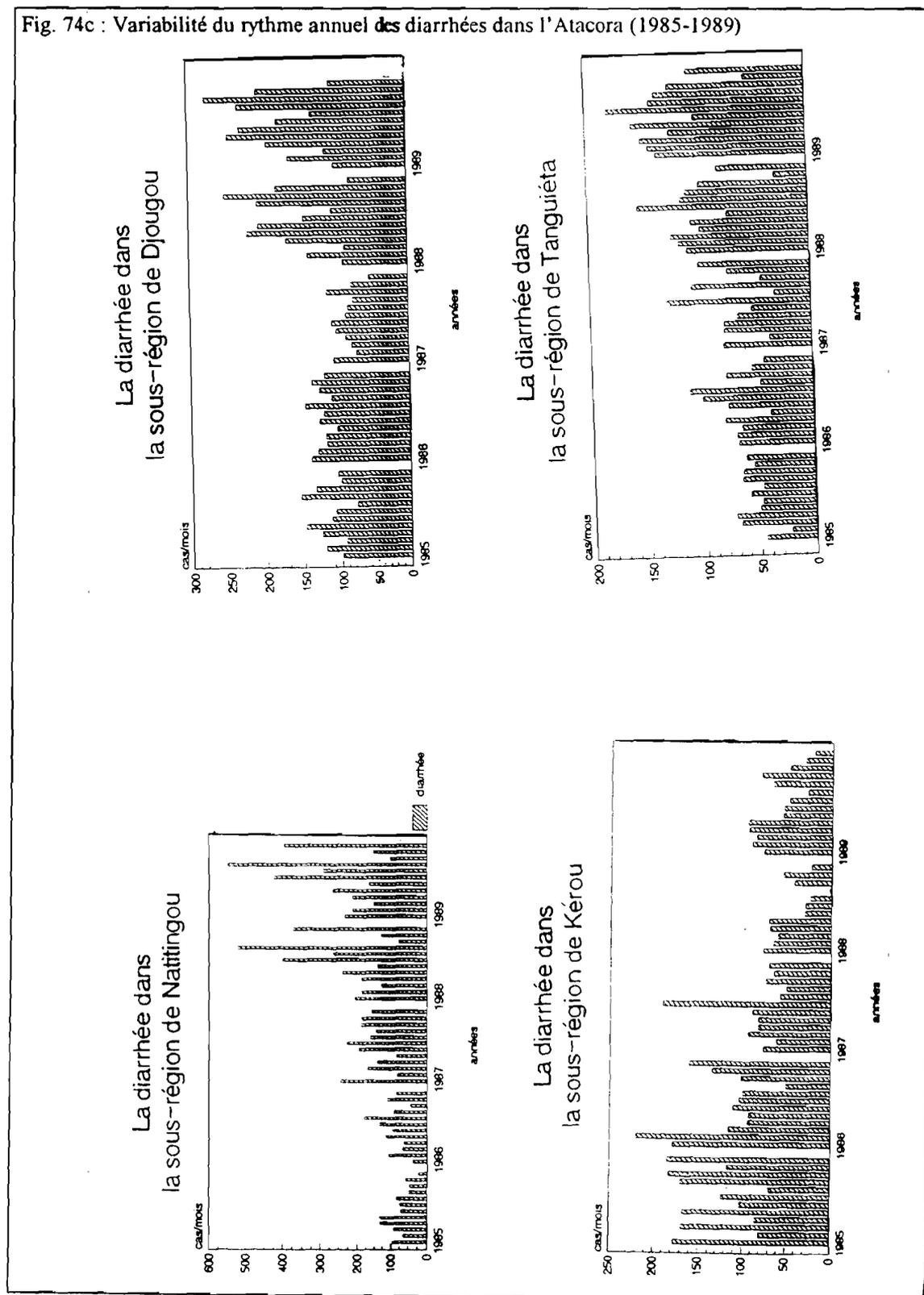


Sous-région de Kérou



Enfin, les diarrhées présentent majoritairement un rythme trimodal dont les culminations sont centrées sur les mois d'harmattan (novembre-février), de saison chaude (mars-mai) et de saison des pluies (juillet-octobre). Les mois de saison chaude sont bien marqués de 1985 à 1989 à Natitingou et à Tanguiéta, et en 1985 et de 1987 à 1989 à Djougou et à Kérou (fig. 74c).

Fig. 74c : Variabilité du rythme annuel des diarrhées dans l'Atacora (1985-1989)



Ainsi, contrairement au rythme moyen, les maladies diarrhéiques sévissent durant toutes les saisons de l'année.

Nous avons dégagé, cependant, des années qui se ressemblent : 1985 et 1986 (à Natitingou et Tanguiéta) et 1988 -1989 (à Kérou) sont caractérisées par la réduction du nombre de cas. Par contre, de 1987 à 1989 (à Natitingou et Tanguiéta) et de 1985 à 1987 (à Kérou) sont marquées par un nombre important de cas. Certaines années choisies par sous-région nous serviront de base de réflexion. Ce sont 1985 et 1989 à Natitingou; 1986 et 1988 à Kérou; et 1987 et 1988 à Tanguiéta.

Dans la sous-région de Natitingou, 1985 et 1989 sont des années de déficit pluviométrique. Aucun rythme évident n'apparaît sur les histogrammes des diarrhées dans la sous-région de Natitingou. En 1985 on a enregistré moins de cas qu'en 1989. *Les pics sont sur avril-mai et janvier (1985), décembre- janvier, avril-mai et juillet à septembre (1989). Ces occurrences sont centrées sur l'harmattan, la période chaude, et la saison des pluies.* Les températures maximales sont de l'ordre de 34-38°C (de novembre à mai) et l'humidité relative maximale est de 80-90% (avril-mai), alors qu'en 1989 on a eu 33-37°C et 76-85%. Ces conditions thermohygrométriques favorisent le développement des diarrhées.

Dans la sous-région de Djougou, 1987 a été une année de déficit pluviométrique alors que 1988 a connu un excédent. *Les culminations sont sur janvier ou février, avril-mai et septembre ou octobre.* En 1987, de novembre à mai, la température maximale a été de 34-36,7°C et une humidité relative de 76-81% en avril-mai. Les conditions sont pratiquement les mêmes en 1988 avec une température de 33-37°C et une humidité relative maximale de 74-88% dans la même période qu'en 1987.

Dans la sous-région de Kérou, 1986 et 1988 ont connu des évolutions pathologiques différentes, même si les conditions bioclimatiques sont quasi identiques. De nombreux cas sont recensés en 1986 et très peu en 1988. On a enregistré de novembre à mai, en 1986, 34,9 à 39°C de température maximale

contre 33,9 à 40,2°C en 1988. L'humidité relative maximale a été de 75-85% en 1986 de mars à mai et de 70-80% en 1988. **Les fortes occurrences sont sur août-septembre, novembre-décembre, avril-mai, juillet, janvier-février.** Il en est de même à Tanguiéta. Nous avons donc des pics de fin de saison pluvieuse (octobre-novembre), de coeur de saison pluvieuse (juillet à août), de période chaude (mars à mai) et d'harmattan (décembre à février). Le fait de boire des eaux polluées de ruissellement ou de marigots participe au développement des diarrhées.

Les conditions sont entièrement réunies pour la prolifération des diarrhées dans l'Atacora en toutes saisons. Les culminations observées durant la saison des pluies peuvent s'expliquer par la forte humidité atmosphérique et du sol et aussi par les températures élevées de juin à octobre, par exemple les 30-34,9°C à Kérou en 1987 et les 27-32°C en 1988 à Djougou qui sont des conditions suffisantes au développement des diarrhées dans la région.

La différence observée entre des années ayant les mêmes caractéristiques bioclimatiques favorables au développement des diarrhées, du paludisme et de la broncho-pneumonie pose le problème de prédicteur climatique pour les pathologies dans cette région. Les variations interannuelles des principales affections de l'atacora ne semblent suivre aucune logique apparente, applicable globalement à la région de l'Atacora.

**De tout ce qui précède, nous pouvons retenir les points suivants :**

**\* Il y a une différenciation spatiale du rythme pathologique saisonnier par sous-région.**

**\* Chaque sous-région a son système particulier d'évolution des pathologies**

**\* Il n'existe pas de rythme moyen de toutes les affections : chaque sou-région a des années à forte occurrence des maladies.**

**\* la différenciation spatiale des variations interannuelles des pathologies est liée à la différenciation des variations interannuelles des rythmes climatiques.**

Pour en avoir une idée plus claire, nous tâcherons de le montrer dans la section suivante consacrée à la liaison statistique entre affections et éléments du climat.

### **3) Liaison statistique entre éléments du climat et maladies**

Cette étude va en complément à celle faite sur les variations interannuelles des rythmes pathologiques saisonniers dans l'Atacora.

#### **1- Analyse de régression**

Par cette analyse, nous recherchons la cohérence éventuelle entre les rythmes saisonniers du climat et ceux des affections, entre paludisme, rougeole, affections des voies respiratoires et méningite d'une part, la température et l'humidité de l'air, d'autre part, dans l'Atacora sur 36 ou 60 mois de 1985 à 1989, suivant les affections. Les paramètres climatiques choisis, température et humidité relative jouent un rôle capital en bioclimatologie. Par certains seuils, ils favorisent ou limitent au mieux le développement des agents vecteurs et germes de certaines affections et déterminent des stress bioclimatiques fragilisants pour l'organisme humain.

La validation des résultats est faite sur la base du test de corrélation de Pearson. Ainsi pour un nombre de degrés de liberté (NDDL) de 58, le test de corrélation est significatif à 1% quand  $r$  calculé est supérieur à 0,33 ( $r$  lu dans la table), il l'est à 5% si  $r$  calculé est supérieur à 0,26.

Pour un NDDL égal à 34, on a une signification de 1% quand  $r$  calculé est supérieur à 0,42 et une autre de 5% si  $r$  calculé est supérieur à 0,34. Dans les tableaux qui suivent, seuls ont été enregistrés les résultats significatifs.

#### **a) Le cas du paludisme**

La température maximale est corrélée négativement avec les cas de paludisme dans tout l'Atacora (Tableau 28 a,b,c). Ainsi selon ce modèle de régression, quand la température maximale augmente, le nombre de cas de paludisme diminue.

**Tableau 28** : Relation statistique entre le paludisme et  $T_m$ ,  $H_x$ ,  $H_n$ ,  $\Delta T$ .

( $r$  = coefficient de corrélation  $R$  = coefficient de détermination

$T_m$  = température maximale;  $T_n$  = température minimale.  $H_x$  = humidité relative maximale;  $H_n$  = humidité relative minimale;  $\Delta T$  = amplitude thermique diurne).

Natitingou : NDDL = 58		Djougou : NDDL = 58		Kérou : NDDL = 34	
Couples/résultats	Seuil de signification	Couples/résultats	Seuil de signification	Couples/résultats	Seuil de signification
$T_m$ /paludisme : Pal=-48 $T_m$ + 2534 R=0,11 ; r=-0,34	p< 0,01	$T_m$ /paludisme : Pal=-41,7 $T_m$ +2076 R=0,25 ; r=-0,50	p< 0,01	$T_m$ / paludisme : Pal=-35,5 $T_m$ +1606 R = 0,29 ; r=-0,54	p< 0,01
$H_x$ / paludisme: Pal=6,3 $H_x$ + 1134 R=0,14; r=0,38	p< 0,01	$H_x$ /paludisme: Pal=5,8 $H_x$ +265,8 R=0,28 ; r=0,53	p< 0,01	$H_x$ /paludisme Pal=7,4 $H_x$ -204,9 R=0,20 ; r = 0,45	p< 0,01
$H_n$ / paludisme : Pal=8,1 $H_n$ + 617 R=0,16 ; r=0,40	p< 0,01	$H_n$ / paludisme : Pal=5,5 $H_n$ +415,2 R=0,28 ; r=0,53	p< 0,01	$H_n$ /paludisme Pal=5,09 $H_n$ +149,5 R=0,28 ; r=0, 53	p< 0,01
		AT/paludisme : Pal=0,5 AT + 24,1 R=0,40; r=0,64	p< 0,01	$\Delta T$ / paludisme: Pal=-19,2AT+666,7 R=0,21; r=-0,46	p< 0,01

Cela se justifie puisqu'à 37°C de température ambiante, le plasmodium peut mourir dans le corps de l'anophèle. Le coefficient de corrélation varie d'une sous-région à l'autre entre -0,34 et -0,54. Il est donc faible mais il est significatif au seuil de 1%. Quant aux coefficients de détermination, ils varient de 0,11 à 0,29. La part de variance expliquée par la température maximale dans les cas de paludisme est donc faible.

Il en est de même des humidités relatives maximale et minimale qui sont corrélées positivement avec le paludisme (les cas de paludisme augmentent avec l'humidité relative). En effet, plus l'air est sec et moins les conditions sont réunies pour le développement de l'anophèle, agent vecteur de la malaria. Le coefficient de corrélation varie de 0,38 (Natitingou) à 0,53 (Kérou). Il est également faible mais significatif au seuil de 1%. La part de variance expliquée par l'humidité atmosphérique dans les cas de paludisme se situe entre 14% (Natitingou) et 28% (Kérou).

La régression multiple n'a pas donné un bon résultat, d'autant que les différents paramètres caractérisant l'état de l'atmosphère sont étroitement corrélés entre eux.

Nous avons tenté la corrélation entre amplitude thermique mensuelle et paludisme dans la mesure où l'amplitude thermique participe à la fragilisation de l'organisme, on l'a vu plus haut, et avons abouti, à Djougou, aux taux de corrélation et de détermination les plus élevés de la région ( $R = 0,40$  et  $r = 0,64$ ). A Djougou donc, l'amplitude thermique semble expliquer, à elle seule, 40% de la variance des cas de paludisme entre 1985 et 1989. A Kérou la liaison statistique existe aussi mais les coefficients sont faibles ( $R=r^2 = 0,21$ ;  $r = -0,46$ ) et la corrélation est négative. Par contre à Natitingou, la liaison n'est pas statistiquement significative.

### b) Le cas de la rougeole

Les températures maximale et minimale sont corrélées positivement avec la rougeole. Le coefficient de corrélation se situe entre 0,37 et 0,42 et le coefficient de détermination varie de 0,13 à 0,17 (Tableau 30 a, b c). Les coefficients sont faibles mais significatifs au seuil de 1% à Natitingou et à Djougou et de 5% à Kérou. La relation existe donc entre climat et rougeole dans l'Atacora.

**Tableau 29** : Relation statistique entre la rougeole et  $T_m$ ,  $T_n$ .

( $r$  = coefficient de corrélation  $R$  = coefficient de détermination  
 $T_m$  = température maximale;  $T_n$  = température minimale)

a) Natitingou: NDDL = 58		b) Djougou :NDDL = 58		c) Kérou :NDDL = 34	
Couples/résultats	Seuil de signification	Couples / résultats	Seuil de signification	Couples / résultats	Seuil de signification
$T_m$ /rougeole : $R_o = 5,5 T_m x -159$ $R = 0,13$ ; $r = 0,37$	$p < 0,01$	$T_m$ / rougeole : $R_o = 13,5 T_m - 347,2$ $R = 0,17$ ; $r = 0,42$	$p < 0,01$	$T_m$ / rougeole $R_o = 6,3 T_m - 166,4$ $R = 0,14$ ; $r = 0,38$	$p < 0,05$
$T_n$ /rougeole : $R_o = 8,9 T_n - 162$ $R = 0,15$ ; $r = 0,39$	$p < 0,01$	$T_n$ / rougeole $R_o = 12,6 T_n - 104$ $R = 0,14$ ; $r = 0,38$	$p < 0,01$		

Que comprendre des résultats de cette régression ? Dans l'ensemble la régression est très significative. Par conséquent, il existe de liaison statistique entre les rythmes pathologiques et les rythmes climatiques, même dans leur variation interannuelle. On note, cependant, quelques distorsions :

La corrélation est faible et les facteurs climatiques n'expliquent qu'une partie des rythmes pathologiques. C'est dire que d'autres facteurs (antécédents pathologiques des individus, conditions socio-économiques, situation politique, genres de vie) participent au déclenchement et / ou à leur aggravation.

La relation n'existe pas dans certains cas (température minimale et paludisme, humidité relative minimale et rougeole, température minimale et rougeole à Kérou, l'ensemble des facteurs climatiques et les affections respiratoires (ou la méningite). Cela s'expliquerait par un décalage dans le temps des éléments à corrélérer (dans ce cas, facteurs climatiques et nombre de cas pathologiques recensés), par un effet de latence de l'organisme et par les multiples interventions des services sanitaires. Le cas de la méningite est spécifique et mérite qu'on s'y attarde quelque peu.

Ceci est assez inattendu concernant, en particulier, la méningite cérébro-spinale, du fait qu'il va à l'encontre de recherches antérieures, y compris dans l'Atacora. En effet, B. M. Greenwood et al (1983) ont démontré la relation qui existe statistiquement entre climat et méningite dans le nord du Nigéria. En outre, J. P. Besancenot et al (1997) ont conclu aussi à l'existence de liaison statistique entre la méningite et le climat dans le nord du Bénin.

La situation présente pourrait s'expliquer par :

- le temps de réponse de l'organisme aux agressions climatiques qui peut être variable. Il varierait, pour la méningite cérébro-spinale, entre 3 et 8 jours (B.M. Greenwood, 1987 cité par J.P. Besancenot, 1997) et peut dépendre aussi de la résistance de l'organisme.
- les facteurs entrant dans le déclenchement et l'aggravation de certaines maladies sont multiples, à la fois humains et naturels, donc autres que climatiques. Ils ne sont pas pris en compte dans cette analyse.
- et surtout, les multiples interventions des services médicaux (campagnes de vaccination, par exemple), comme dans le cas de la rougeole, de la méningite cérébro-spinale et des affections des voies respiratoires, ne pourront que modifier, dans une large mesure, l'occurrence des maladies dans leur liaison

avec les ambiances climatiques les plus favorisantes. J.P. Besancenot et al. (1997) ont montré, en effet, que la corrélation des cas de méningite avec l'indice d'harmattan ( $H = 216,5 Pv/T + 273$  avec  $Pv = \text{tension de vapeur}$ ,  $T = \text{température de l'air}$ ) n'a pas été significative durant l'harmattan 1989-1990, du fait d'une campagne élargie de vaccination qui, dans la période, avait couvert 227.828 personnes dans l'Atacora. Les résultats négatifs de la régression pour les affections des voies respiratoires, en particulier, nous ont amené vers le test du khi-deux qui joue, en la circonstance, le même rôle.

## 2- Analyse du khi-deux

Le choix et les conditions d'application du test de khi-deux ont été déjà évoqués en méthodologie. Comme nous l'avons dit à la fin du paragraphe précédent, le but de l'analyse est de compléter l'étude de la régression dont les résultats n'ont pas été satisfaisants en ce qui concerne les affections des voies respiratoires et la méningite et de voir le degré de signification des liens éventuels entre le climat et ces maladies.

Pour cette étude, nous considérons la broncho-pneumonie, la méningite, les dermatoses et la conjonctivite d'une part, l'insolation, la température minimale mensuelle et la brume sèche, d'autre part, à Natitingou, à Djougou et à Kérou au cours des années 1987, 1989 et 1993.

L'analyse se fait en posant l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) et en vérifiant si le test est significatif au moins au seuil de  $p < 5\%$ .

Appliqué aux maladies et aux variables climatologiques citées ci-dessus, le test de khi-deux a donné les résultats suivants (tableau 30).

Ainsi du tableau ci-dessous, se dégagent les résultats comme suit :

**la plupart des cas sont significatifs au seuil de 1% excepté le seuil de 5% pour la brume sèche et la broncho-pneumonie**

Au seuil de 1%, la dermatose et la conjonctivite ont un lien statistique avec l'insolation dont le total d'heures de janvier à juin 1993 s'élève à 1555 heures (soit une moyenne mensuelle de 260 h, soit encore 8,6 h /jour). La conséquence de cette forte insolation sera la forte chaleur qui, ajoutée à une

atmosphère humide d'avril à mai provoque des dermatoses. La période de forte insolation correspond à celle de forte chaleur qui, ajoutée à une atmosphère très humide, provoque sur le corps de certains (surtout les enfants) des boutons qui créent de la démangeaison. On a enregistré dans la ville de Natitingou, en avril 1993, 66 cas de dermatose contre 24 en août.

**Tableau 30** : Relation statistique entre affections et paramètres climatologiques dans l'Atacora (khi-deux pour NDDL = 1)

Résultats	Seuil de signification
Brume sèche/méningite en 1989 à Natitingou ( $\chi^2 = 129,8$ )	$p < 0,001$
Température minimale/méningite en 1989 à Natitingou ( $\chi^2 = 1453,1$ )	$p < 0,001$
Insolation/dermatoses en 1993 à Natitingou ( $\chi^2 = 120$ )	$p < 0,001$
Insolation/conjonctivite en 1993 à Natitingou ( $\chi^2 = 88,9$ )	$p < 0,001$
Insolation/dermatoses à Djougou en 1989 ( $\chi^2 = 44,7$ )	$p < 0,001$
Brume sèche/Broncho-pneumonie à Kérou en 1987 ( $\chi^2 = 4,8$ )	$p < 0,05$

De plus, la saison sèche étant celle des feux de brousse et de forte insolation entraînerait la concentration d'ozone et accroîtrait les risques de conjonctivite qui serait également liée à de la poussière.

Au seuil de 5%, la brume sèche a une influence possible sur l'occurrence de la broncho-pneumonie et au seuil de 1%, sur l'occurrence de la méningite, contrairement aux résultats que donne l'analyse de régression pour les affections des voies respiratoires et pour la méningite.

La brume sèche, très fréquente pendant la période d'harmattan, irriterait la gorge et favoriserait la méningite dont la forte occurrence se situe dans la saison. On a recensé d'octobre à mars 1989 à Natitingou 65 jours de brume sèche et 8 cas de méningite

Contrairement au résultat de l'analyse de régression, la liaison est très significative (seuil de 1%) avec la méningite. Entre octobre et février-mars 1989, en effet, on a enregistré, à Natitingou, 18 à 20,3°C de température minimale et dans le même temps 33 à 36°C de température maximale. On sait que les faibles températures nocturnes et les températures diurnes élevées fragilisent les muqueuses rhino-pharyngée facilitant du coup les contaminations. La relation est donc confirmée, entre facteurs climatiques et certaines pathologies dans l'Atacora, grâce au test du khi-deux.

Les chapitres précédents nous permettent d'avoir une image beaucoup plus précise de la géographie de la santé au Bénin et en particulier de l'Atacora.

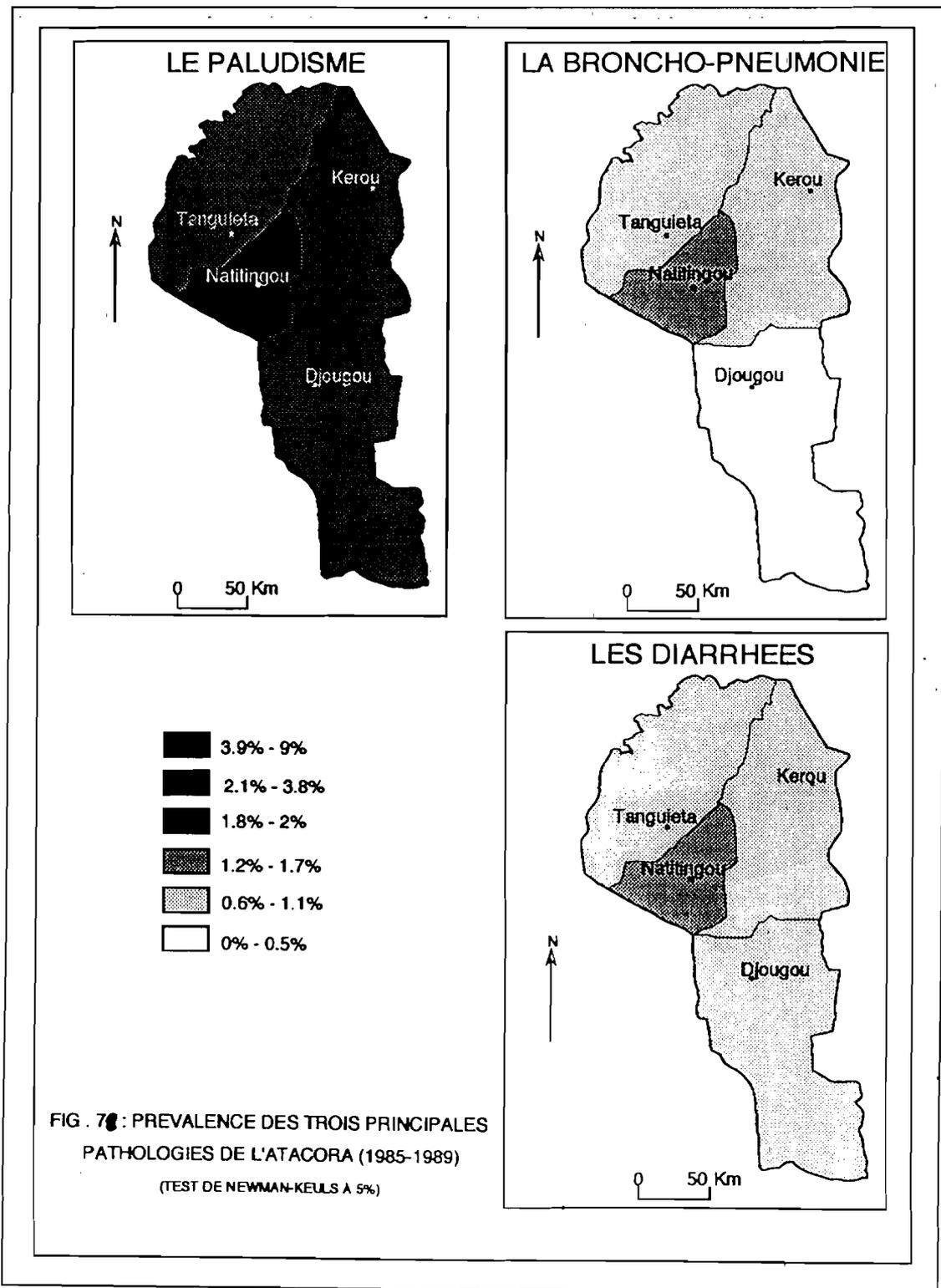
## **B) Géographie des pathologies dans l'Atacora**

Nous utilisons les résultats de l'analyse de variance qui permet la comparaison de deux (ou de plusieurs) moyennes ou fréquences d'une variable, ici les affections, au pas de temps mensuel, dans quatre sous-régions, de 1985 à 1989. Le but est d'arriver à déterminer si la différence entre les sous-régions est significative ou non et d'hiérarchiser spatialement les pathologies. Dès que la différence est significative, le test de Newman-Keuls procède au classement des unités en constituant des groupes homogènes. Quand les moyennes de deux échantillons ne sont pas différentes au seuil de 5%, ils forment un groupe homogène. Le résultat est consigné dans un tableau d'analyse de variance qui nous a permis d'établir la carte de la répartition spatiale des principales pathologies de la région, le paludisme, la broncho-pneumonie et les diarrhées (Fig.78a,b,c).

**1) La carte des affections** dans l'Atacora présente plusieurs typologies de prévalence des pathologies.

La broncho-pneumonie se caractérise par un mode de très faible prévalence, représenté par la sous-région de Djougou avec 0,5%. Le second mode concerne Kérou et Tanguiéta et se situe dans une fourchette de 0,6 à

1,1% de prévalence. Entre ces deux sous-régions, il n'y a pas de différence statistique significative dans les rythmes intermensuel et interannuel de cette affection. Enfin, le troisième mode concerne Natitingou et il est le plus fort taux de la région pour cette maladie, soit 1,2 à 1,7%.



En fait, dans le cas de cette affection, le risque de contracter la maladie serait moindre dans la sous-région de Djougou. Les sous-régions de Kérou et de Tanguiéta (constituant un ensemble homogène) présentent un risque identique mais il est plus grand qu'à Djougou. Enfin dans la sous-région de Natitingou, le risque est de loin plus important que partout ailleurs dans la région.

Quant aux Diarrhées, le scénario est légèrement différent, il comprend deux modes : l'un de prévalence de 0,6 à 1,1% concerne les sous-régions de Tanguiéta, de Kérou et de Djougou, l'autre de 1,2 à 1,7% se rapporte à la sous-région de Natitingou où le risque de contracter les maladies diarrhéiques est plus grand.

Enfin, le cas du paludisme présente trois facettes de prévalence supérieure à toutes les autres affections étudiées. La première de 1,8 à 2% prend en compte Tanguiéta. La deuxième, de 2,1 à 3,8, concerne Kérou et Djougou et est plus importante que la première. La troisième facette, de 3,9 à 9%, s'applique à la sous-région de Natitingou.

La sous-région de Natitingou semble être plus affectée par les trois maladies que les trois autres sous-régions. viennent ensuite les sous-régions de Djougou et de Kérou pour le paludisme, Djougou, Kérou et Tanguiéta pour la diarrhée, et Tanguiéta et Kérou pour la broncho-pneumonie, et au dernier rang, apparaissent Tanguiéta pour le paludisme et Djougou pour la broncho-pneumonie.

Mais dans l'ensemble, la population atacorienne est beaucoup plus affectée par le paludisme que par les autres maladies. En conséquence, la carte pathologique de la région ne saurait être expliquée par la vie en promiscuité, ni par l'hygiène corporelle.

La différence constatée dans l'évolution intermensuelle et interannuelle de ces affections entre les sous-régions pourrait, dans une première approche, s'expliquer par le taux de fréquentation des centres de santé (Tableau 31).

Dans la sous-région de Natitingou, où les trois maladies concernées sont très répandues, le taux de fréquentation est de 21,7% contre 9,08% (tableau 31) dans la sous-région de Djougou dont la population est supérieure d'environ 100.000 habitants à celle de Natitingou. Dans l'Atacora, au vu du taux moyen de fréquentation de 11,9%, de 1985 à 1989, il nous apparaît que la sous-région de Natitingou (avec 21,7%) est celle où les centres de santé sont les plus fréquentés, du fait, certainement, qu'elle est mieux dotée en équipements et en personnel. Les divers centres de santé ne cessent d'organiser des séances de vaccination et de sensibilisation sur la fréquentation des services de santé.

**Tableau 31:** Taux de fréquentation des centres de santé par sous-région dans Atacora de 1985 à 1989 (%)

Sous-Régions années	Natitingou	Djougou	Kérou	Tanguiéta	Atacora
1985	6,7	8,6	9,5	3,2	7,0
1986	12,0	9,1	7,5	2,8	7,8
1987	25,4	10,0	11,5	8,4	13,3
1988	34,2	13,3	8,8	10,1	16,6
1989	30,3	17,7	11,0	9,8	17,3
moyenne	21,7	9,0	9,6	6,8	11,9

De 1985 à 1989, les taux de fréquentation par sous-région ont été multipliés par deux à Djougou, trois à Tanguiéta et cinq à Natitingou mais ont peu varié à Kérou.

L'existence de l'hôpital Saint Jean de Dieu de Tanguiéta et des centres de santé de sous-préfecture n'a pas empêché que la sous-région de Tanguiéta ait très faible taux de fréquentation (6,8%) qui serait liée, entre autres (nous l'avons vu plus haut), à l'utilisation des recettes de pharmacopée et à l'automédication. En effet, 47,5% des 800 personnes constituant notre échantillon d'enquête déclarent toujours utiliser ces deux procédés pour se soigner. Par contre, la sous-région de Kérou, qui ne dispose que des centres

de santé de sous-préfecture, connaît un taux moyen plus élevé (9,6%) que celui observé dans la sous-région de Djougou.

Ainsi, le facteur équipement du ou des centres ne semble pas jouer un rôle déterminant dans le choix par les populations du centre de santé à fréquenter.

D'autre part, la différence de rythme pluviométrique explique la différence de rythmes pathologiques entre les sous-régions. Enfin, la différence d'offre et de consommation de services de santé modifient la représentativité des séries statistiques d'une sous-région à l'autre.

Au-delà de ces questions de différence ou d'homogénéité entre les sous-régions, un élément reste comment trouver de solution aux divers problèmes bioclimatiques et sanitaires dans cette région.

**2) La lutte pour la survie** (contre la maladie), c'est la lutte pour s'adapter à la nature (par exemple, les méfaits du climat) et aussi contre des habitudes confortées depuis des siècles.

Ainsi, la lutte contre les affections, en particulier le paludisme, passe d'abord, à notre avis, par la mise en place d'un vaste programme d'assainissement du milieu et de destruction systématique des gîtes larvaires, programme dont l'application doit s'imposer à tout gouvernement.

Elle consiste aussi en une sensibilisation des populations sur l'hygiène corporelle et sur celle de l'habitat (dans et aux alentours des habitations), sur les dangers d'ordre pathologique que les populations encourent en buvant les eaux des mares et des rivières et également sur les risques encourus en s'exposant au soleil.

D'autre part, il faut intensifier le programme d'hydraulique villageoise afin que tous puissent avoir accès à l'eau potable, afin de rompre un des maillon de la chaîne des affection hydriques. Le Bénin en est d'ailleurs très loin.

## CONCLUSION GENERALE

Au terme de nos analyses, nous nous interrogeons sur la signification réelle de nos résultats en rapport avec l'état de sous-développement dont souffrent notre région d'étude et le Bénin tout entier. Nous allons faire le point des résultats, quelques suggestions pour minimiser quelque peu les effets néfastes du climat sur l'homme et enfin les perspectives de recherches

Il nous est apparu que le climat atacorien est marqué par une grande variabilité pluviométrique. Cette dernière est caractérisée par une récession des totaux pluviométriques et du nombre annuel de jours de pluie, un retard dans l'établissement de la saison pluvieuse, une rupture au sein de la saison des pluies.

Les ambiances climatiques et bioclimatiques déterminées à partir des indices sont très éprouvantes pendant la saison sèche et éprouvantes pendant la saison des pluies, au plan thermique et hygrométrique, du fait des extrêmes alternés de chaleur, de fraîcheur, de sécheresse ou de très forte hygrométrie de l'air.

Du point de vue thermique, **la matinée paraît légèrement inconfortable, et l'après-midi s'avère très inconfortable tant au repos qu'au travail tout au long de l'année.** Ces périodes (harmattan, période de forte chaleur, saisons des pluies) constituent des moments de fragilisation de l'organisme et exigent une surveillance accrue et des précautions nécessaires.

Ce résultat confirme l'appréciation que les populations atacoriennes donnent sur les saisons, et complète les conclusions des travaux antérieurs sur l'Atacora et sur l'Afrique Occidentale.

***Le calendrier et les horaires journaliers de travail dans toutes les activités socio-économiques du département ne sont pas souvent conformes aux périodes à ambiances climatiques et bioclimatiques les moins stressantes pour l'organisme humain.*** Ce qui peut rejaillir sur le rendement au travail. Par contre, ces ambiances climatiques sont très favorables aux microorganismes pathogènes.

Il est apparu assez clairement que ***les pics du paludisme et des affections des voies respiratoires (maladies les plus fréquentes) et ceux de la rougeole et de la méningite etc., coïncident avec les périodes de stress climatiques ou***

**bioclimatiques dans l'année, c'est-à-dire l'harmattan, la période de forte chaleur et la saison des pluies .**

La relation entre ces affections et les éléments du climat existe et elle est testée de manière significative par la corrélation et le khi-deux. **Des relations existent donc entre l'état de santé des populations et le climat, même si ce dernier n'explique qu'une part du premier. Le climat et sa composante bioclimatologique ne sont, donc, que des facteurs prédisposants,** au côté des **facteurs humains** largement évoqués dans ce travail. Ces facteurs climatiques, en effet, favorisent, dans les cas étudiés, le développement des germes pathogènes et rendent le "terrain" réceptif à leur attaque en le fragilisant. Les ambiances climatiques et bioclimatiques ont donc des effets certains sur la santé et sur le rendement au travail (journées de travail perdues pour cause de maladies, baisse de rendement, d'activité ou d'entrain au travail...). **Tous ces faits participent au sous-développement socio-économique de l'Atacora.**

**Le rythme pathologique est calqué sur le rythme climatique.**

Il est apparu aussi, grâce à l'analyse de variance qu'il existe, dans la répartition des trois principales pathologies, une différence significative entre les sous-régions. Une sous-région, celle de Natitingou, s'est individualisée en ayant les plus fortes prévalences des trois pathologies. **La différenciation spatiale de ces pathologies occasionne une géographie de la santé commandée par l'offre et la consommation de santé, d'une part et par les différenciations spatiales des rythmes climatiques, notamment celui des pluies, d'autre part.**

Compte tenu de ces perspectives peu favorables au travail, il y a lieu de déterminer des calendriers et des emplois de temps axés sur des périodes les moins stressantes. Ce calendrier s'articule autour de points suivants :

Dans l'agriculture comme dans les autres activités de la vie socio-économique, la rigidité des habitudes liées au rythme annuel des saisons et des calendriers de travail nous impose de maintenir le rythme annuel. C'est particulièrement vrai pour ce qui est du calendrier agricole, lequel est intimement lié aux saisons. En conséquence, tout ajustement ne peut s'opérer que sur l'emploi du temps quotidien. Ainsi, dans le but d'obtenir un meilleur rendement au travail, il

serait souhaitable qu'entre autres, les horaires et calendriers de travail soient fixés sur les heures les moins inconfortables de la journée, c'est-à-dire entre 7 h et 12 h; et après 17 en ce qui concerne les activités autres qu'agricole. Vu la spécificité de l'activité agricole, il faut un long travail de communication pour amener les paysans à moduler leur programme d'activité en fonction des impératifs de santé.

On pourrait, certes, penser à une journée continue mais l'expérience ô combien douloureuse qu'en a faite le Bénin et la compréhension que les agents en ont eue ne l'autorisent plus aujourd'hui. Pendant le régime marxiste (1973-1990), les agents de l'Etat ne s'occupaient pas effectivement des tâches pour lesquelles ils étaient payés. Ils désertaient les bureaux pour des activités lucratives personnelles.

Dans l'ensemble et en plus de ces dispositions, pour mieux lutter contre la chaleur en milieu confiné, il faudrait des salles de classe et des bureaux spacieux, aérés, munis de nombreuses ouvertures (fenêtres et portes larges) afin de minimiser l'effet des radiations occultes émises par les murs et le substratum, lesquelles radiations conjuguées avec celles du soleil rendent l'atmosphère infernale.

Par ailleurs, la lutte contre les affections (surtout le paludisme) exige, à notre avis, la mise en place d'un vaste programme national d'assainissement du milieu et de sensibilisation des populations sur les problèmes de nuisance de toutes sortes.

Les bioclimats en rapport avec les aspects socio-économiques de la vie pose des problèmes géographiques c'est-à-dire physiques et humains : ils sont d'ordre social, environnemental, démographique, économique et sanitaire. Ce qui exige de privilégier l'interdisciplinarité et une vision globale dans toute étude du climat en relation avec le développement.

Une meilleure connaissance des relations climat-agents vecteurs pathogènes, climat-homme et climat-hydrologie-pathologie et homme pourrait aider à mieux comprendre certains problèmes de santé publique. C'est pourquoi dans nos recherches futures, nous allons essayer d'approfondir les aspects tels que climat et mortalité, climat et maladies cardio-vasculaires ou climat et mortalité infantile etc. et étendre le domaine d'étude à l'ensemble du Bénin et à l'Afrique Occidentale. Cela nécessite un travail au sein d'une équipe pluridisciplinaire et la coopération avec des organismes béninois (Centre Béninois de Recherches Scientifiques et

Techniques, Institut Régional de Santé Publique, Faculté des Sciences de la Santé, Agence Béninoise pour l'Environnement) et étrangers (Centre de Recherches de Climatologie et Groupement De Recherches 102 "Climat et Santé" à Dijon.

Nous osons espérer que cette étude puisse intéresser les décideurs politiques et les responsables des services sanitaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- ADAM S. K. et BOKO M. 1993 : Le Bénin, Paris, Edicef, 97 p.
- ADEGBIDI A. 1992 : Les déterminants socio-économiques de l'adoption de technologies nouvelles : cas du maïs sélectionné dans le département de l'Atacora. thèse de doctorat de 3e cycle en économie rurale, Abidjan, 187 p.
- ADVEXIER W. A. et PICHOT R. D., 1975 : Le Guide médical des voyages Marabout Service/Santé, Vivrières, 223p.
- AFOUDA F., 1990 : L'eau et les cultures dans le Bénin central et méridional : Etude de la variabilité des bilans de l'eau dans leur relation avec le milieu rural de la Savane africaine. Thèse de doctorat nouveau régime, Paris IV - Sorbonne, 428 p.
- AGBO A., 1977 : Main-d'oeuvre et production agricole dans l'Atacora, thèse de 3è cycle .....
- AGBO A. Valentin, 1995 : "Contraintes environnementales comme atouts des régions défavorisées : cas de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin)" in Université industrialisation et Environnement 2è Colloque Université sans Frontières Cotonou/Bénin 25 Février - 4 mars 1994 pp. 86-99.
- AGLI H. H., 1995 : Recherches sur la variabilité pluviométrique dans le bassin versant du Niger au Bénin. Mémoire de DEA de climatologie CRC/ Univ. de Bourgogne, 48 p.
- ALCOFARADO M.J., 1992, "l'influence du temps atmosphérique sur l'apparition de certains troubles respiratoires à Lisbonne" in BESANCENOT J-P., Risques pathologiques, rythmes et paroxysmes climatiques. Paris John Libbey eurotext pp147-156
- ALIDOU S. 1987 : Etude géologique du bassin paléo-mésozoïque de Kandi Nord-Est du Bénin (Afrique de l'Ouest). Publication occasionnelle, CIFEG, Paris, pp.15-28
- ALOUSSE P., 1970 : Enquêtes au Dahomey de mai 1970 sur la bilharziose génito-urinaire dans les secteurs de Natitingou et de Bassila, Cotonou, MS
- ARAKAWA H., 1960 : "Discomfort index" Tenki, vol.VII, p. 6
- ARLERY R., GRISOLLET H. et GUILMET B., 1973 : Climatologie, méthodes et pratiques 2è éd. revue augmentée Gauthier-Villars, Paris, Bruxelles, Montréal, 416 p.
- AULICIEMS A., 1971 : The Atmospheric Environment a study of comfort and performance Toronto, 166 p.
- BAILLARGEON G.,1990 : Les méthodes statistiques de l'ingénieur. Vol.1 les éditions MG Quebec 738 p.
- BALSEINTE R., 1966 : Climats montagnards et stations climatiques d'altitude en France : Essai méthodologique de bioclimatologie humaine et pré-médicale. Introduction à un aménagement climatique des montagnes françaises S.L., 527 p.
- BATTAN, L.J., 1983 : Weather in your life, W.H. Freeman and Cy, San Francisco 230 p.

- BATHILY M.R., 1972 : Santé et développement. Application aux pays de l'Afrique Occidentale Française, thèse de doctorat en économie, Université de Clermont-Ferrand, 450 p.
- BCR/INSAE/Bénin, 1993 Deuxième recensement de la population et de l'habitat, février 1992, vol.1 résultats définitif (principaux tableaux), Cotonou, 250 p.
- BCR /INSAE/ Bénin, 1994 : Deuxième recensement général de la population et de l'habitat. Février 1992-Synthèse des résultats d'analyse. Cotonou, 50p
- BECKER S., 1981: "Saesonality of deaths in Matlab, Bangladesh" Inter. Journ. of Epidemiology vol.10 N°3, Oxford Univ. pp.271-280
- BELLAIR P. et POMEROL C., 1965 : Eléments de géologie. Coll.U, A. Colin, 511p.
- BELLONCLE G. et FOURNIER Dr. G., 1975 Santé et développement en milieu rural africain. Réflexion sur l'expérience Nigérienne. Ed. Economie et humanisme/ les ed. Ouvrières, Paris 238 p.
- BELTRANDO G. et CHERMERY L., 1995 : Dictionnaire du climat, Larousse-références, Paris, 344 p.
- Bénin-Expertise, 1996 : Rapport spécial sur l'utilisation des fonds du 2e PDRA, Cotonou, 12 p.
- BERGER X., 1990 : Thermal confort Workshop on passive cooling, ISPRA, CCE, Italy pp 1-14.
- BERGER X., CANDAS V., Dah C. et GRIVELLE F., 1990 : "L'impact des réalités géographiques ou culturelles sur les prédictions environnementales issues des normes en vigueur : le cas de normes de confort thermique" in International Association Study People in thier Surrounding 11th Conference Ankara, 8p.
- BERGER X et GRIVELLE F. 1989 : "Mean skin temperature in warm humid climates" in European journal applied physiology N° 59, pp. 284-289.
- BERTON S. 1988, la Maîtrise des crues dans les bas-fonds, Dossier N° 12, GRET-ACCT, Paris, p. 413 p.
- BESANCENOT, J.P., 1972 : Recherche de Bioclimatologie humaine dans les petits Antilles et en Façade guyano-amazonienne C.R.C/Université de Bourgogne Dijon 225 p.
- BESANCENOT J-P., 1976 : Recherche de Bioclimatologie humaine en milieu tropical et méditerranéen : essai sur les effets physiologique et pathologiques du milieu sur l'homme. Centre de Recherche de climatologie - Université de Bourgogne, Dijon, 241 p.
- BESANCENOT J.P., 1977 : "l'étude du climat, en tant qu'élément du cadre de vie" in Actes des journées nationales de climatologie, Dijon nov.1975, Cahier N°7 du CRC, pp.3-13
- BESANCENOT J.P., 1987 : "Recherches de bioclimatologie humaine en zone intertropicale" in Etudes de bioclimatologie tropicale. Paris, New-York, Barcelone,... Masson. Recherches en Géographie, pp.11-28

- BESANCENOT J-P., 1986 : "Froid et santé en zone intertropicale" in Climatologie Tropicale et Etablissement humains climatology and human settlements, CRC et URA 909 Dijon, pp. 159-171.
- BESANCENOT (J.P.), 1987 : Les bioclimats humains en façade méditerranéenne de l'Europe. Etude géographique des effets physiologiques, psychique et pathologique d'une ambiance climatique sur les hommes, CRC, Université de Bourgogne Dijon, 2T. 751 p.
- BESANCENOT J-P, 1990 : "L'organisme humain face à la chaleur" in Sécheresse N°1 vol.1 pp.30-35
- BESANCENOT J-P, 1989 : "Réflexions sur le risque de coup de chaleur : Exemple des militaires français à Djibouti. in Climat et Santé N°1, Dijon
- BESANCENOT J-P 1989 : Climat et tourisme, Masson, Paris 223 p.
- BESANCENOT J.-P.,1992 : "Les cyclones tropicaux et leurs répercussions sur la santé." in Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Santé, Paris, vol. n°5, pp.291-299.
- BESANCENOT J.P., 1994 : " Asthme et climat en Malaisie" Climat et santé N°11 pp.155-157 ( Compte rendu de l'article de Lim To et al.,1993)
- BESANCENOT J-P.,1995: "Pour une approche géographique des risques climatologiques" in Annales de Géographie n°584, Paris, A. Colin, pp.360-376.
- BESANCENOT J. D., 1996 : "Vague de chaleur, pollution atmosphérique et surmortalité urbaine : l'exemple d'athènes en juillet 1987" in climat, pollution atmosphérique, santé, hommage à Gisèle Escourou pp. 47-70
- BESANCENOT J-P, 1997a : "Le climat et la santé" in Le climat, l'eau et les hommes ouvrage en hommage à Jean Mounier, PUR, Rennes, pp. 87-103
- BESANCENOT J-P, BOKO M. et OKE P.C.,1997b : " Weather conditions and meningitis in Bénin" in European Journal of Epidemiology art.no 1050 pips no 142638 pp.
- BIDOU J-E. , 1981 : "Saison sèche et sécheresse en RPB pendant la période 1970-1979" in Les Annales de la Flash N°2, UNB-Abomey-Calavi, pp 224-237.
- BIO Bigou L. B., 1987 : La vallée bénino-nigérienne du fleuve Niger : populations et développement économique thèse de doctorat de géographie, Univ. de Bourgogne, Dijon, 2 vol., 917 p.
- BITTEL J. ET SAVOUREY G., 1995 : " La vie humaine en climat froid: l'adaptation et ses limites" in Climat et Santé, cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaines N°14 Dijon pp.127-138.
- BOKO M. et HOUSSOU Ch.S., "Fréquence des amas nuageux convectifs kéroninité, rythme des précipitations dans une petite Montagne de l'Afrique Occidentale : Atacora (Bénin) A paraître.

- BOKO M., 1988 : Climats et communautés rurales du Bénin : rythmes climatiques et rythmes de développement, thèse d'état, Dijon, 608 p.
- BOKO M., 1989 : "Première approche des bioclimats humains du Bénin" in climat et santé N°1, Fac. de médecine Dijon, pp. 147-158.
- BOKO M., 1989 : "Problèmes de quantification des ambiances bioclimatiques en zone intertropicale : Application au rendement de la main-d'oeuvre rural" l'ère partie. in Climat et santé N°2, pp. 123-136.
- BOKO M. ,1990 : "Problème de quantification des ambiances bioclimatiques en zone Intertropicale : Application au rendement de la main-d'oeuvre rurale" 2è partie. in Climat et Santé N° 3, Fac. Médecin Dijon, pp. 23-33.
- BOKO M., 1991 : "Problèmes de quantification des ambiances bioclimatiques en zone intertropicale : application au rendement de la main d'oeuvre " 3è Partie in Climat et Santé N° 6 Fac médecine Dijon pp. 51 - 61.
- BOKO M., 1991 : "Pollution urbaine à Cotonou (R.B.A.O) " in Climat urbain et qualité de l'air, actes du Colloque de Fribourg (suisse), publication de l'AIC vol.4 pp. 55-61.
- BOKO M., 1992 : "Types de temps et affections des voies respiratoires chez les enfants des quartiers périphériques de Cotonou (Bénin)" in BESANCENOT J-P., Risques pathologiques, rythmes et paroxysmes climatiques. Paris John Libbey eurotext pp.279-286.
- BOKO M., 1992 : La "Sensation de temps lourd "dans le golfe de Guinée (Afrique Occidentale) in Climat et Santé N° pp. 101-113
- BOKO M. et HOUSSOU, Ch. S., 1993 : "Essai de quantification des ambiances bioclimatiques humaines. Application à la zone intertropicale" in Alizé, revue de géographie N° 1 ORSTOM/UNB, pp. 48-54.
- BOKONON-GANTA E., 1987 : Les climats de la région du golfe du Bénin thèse de 3è cycle, Paris IV, 243 p.
- BOKONON-GANTA E., 1992 : "Stress et pathologies liés aux types de temps d'harmattan dans la région du Golfe du Bénin" in BESANCENOT J-P., Risques pathologiques,rythmes et paroxysmes climatiques. Paris John Libbey eurotext pp.271-278.
- BOMBA J.C.,1991 : Les saisons et les maladies endémiques à Bangui : cas du paludisme et de la bilharziose. Mémoire de DEA, CRC-Dijon , 70 p.
- BOURE P., 1983 : Aide-mémoire de parasitologie et de pathologie tropicale, Paris Flammarion, 289 p.
- BOURREAU C. et Sylla S., 1989 : Rapport sur les forêts et la protection de la nature, rapport définitif Tome Annexe VII, MDRAC/DEP 123 p.

- BRESSE G., 1968 : Morphologie et physiologie animales, Larousse, Paris, 1056 p.
- BRILLET Ph., 1992 : "Conséquences de la sécheresse sur la bilharziose dans le Nordeste brésilien" in Sécheresse N°4 vol.3 pp.235-242
- BRISSET C. et STOUFFLET J., 1988 : Santé et médecine. La Découverte /INSERMWORSTOM, 584 p.
- BROCHU M. 1989 : "Dépôt de solifluxion (Fossile?) sur le Versant Nord-Ouest de l'Atacora, Région de Tanguiéta (Bénin)" in cahiers Géologiques, N° 113, Université P.M. Curie 4 pl. Jussieu, Paris, pp.
- BRUCE-CHWATT L. J. et Payet M., 1951 : Hygiène et santé du voyageur en zone tropical, Masson, Paris, 87p.
- BUFFAT J.J. et BRINQUIN L., 1996 : "Le coup de chaleur : de l'épidémiologie à la prévention" in Climat et Santé N°15, Dijon, pp. 5-24
- CABANAC M. et BONNIOT-CABANAC M.C., 1997 : "Une question originale en météoropathologie : De quoi est mort le coureur de Marathon" Climat et Santé n°17, Dijon, pp.155-159
- CAMBERLIN P., 1987 : Les réactions du champ pluviométrique ouest-africain aux forçages atmosphérique et océanique d'échelle régionale et planétaire. Mémoire de maîtrise, 2 t. , Dijon,
- CHAMARD Ph., 1989 : "Déficits et excédents pluviométriques en Afrique Occidentale. Essai de représentation cartographique" in Bernard Bret coordinateur Les hommes faces aux sécheresses. Nordeste brésilien Sahel africain. IHEAL & EST, pp. 69-75
- CHAMARD Ph. C. et COUREL M. F. , 1979 : "Contribution à l'étude du sahel voltaïque-Causes et conséquences de la dégradation du couvert végétal des dunes" Trav. Inst. Géogr., n°39-40 , Reims, pp.75-90
- CENTRE NATIONAL DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE (CENALA), 1981 : Les Gulmanceba du Bénin, Cotonou, p.
- CHARON C., BARNEOUT-ROUSSET M. et TOUMI M., 1994 : "Rayonnement ultra-violet et santé." in Climat et Santé, cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaines N°11 Dijon , pp.75-96.
- COMITE INFORMATION SAHEL, 1975 : QUI se nourrit de la famine en Afrique? FM / Petite Collection Maspéro, 178 p.
- CMERB/PR, 1993 : Rapport sur l'état de l'économie nationale, Cotonou, 256 p.
- CORNEVIN C., 1962 : Histoire du Dahomey , édit. Berger-Levrault, Paris, 568 p.
- CORNEVIN C., 1981 : La République Populaire du Bénin des origines à nos jours, édit. Maisonneuve-Larose, 584 p.
- COSNIER J. 1994 : Psychologie des émotions et des sentiments, Paris, Retz-Nathan, 175p.

- COUDE-GAUSSSEN G., 1992 : " Les poussières éoliennes présentent-elles des risques pour la santé ?" in Sécheresse N°4 vol.3, pp.260-264
- COULIBALY A., 1991 : Approche du confort thermique dans l'habitat social en milieu tropical. Simulation numérique d'une cellule d'habitation, validation du modèle sur cellule-Test. Thèse de doctorat d'énergétique, Paris, Université de Paris XII.138 p.
- COUREL M. F., 1984 : Etude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. Thèse de doctorat d'état ès Lettres et Sciences Humaines, Université de Paris I, 407 p.
- DANA/GROUPES Tiers-monde Naples/MDRAC, 1989 : Système de surveillance alimentaire et nutritionnelle- Province de l'Atacora, Porto-Novo, 95 p
- De LAGARD J., 1983 : Initiation à l'analyse des données, Dunod Bordas, Paris, 158p.
- DEFFONTAINES P., 1972 : L'homme et sa maison, Gallimar-NFR, Paris.
- DEMANGEOT J., 1976 : Les espaces naturels tropicaux, coll. géog. Masson. Paris, 190p.
- DELAY J. , 1965 : La psychophysiologie humaine QSJ? n°188, PUF, 128 p.
- DERRUAU M., 1976 : Géographie humaine A. Colin, coll. U, Paris, 431 p.
- DHONNEUR G., 1979 : Traité de météorologie Tropicale, application au cas particulier de l'Afrique Occidentale e Centrale, 151 p.
- DIATA V., 1987 : Recherches de bioclimatologie humaine en R.P. Congo : Introduction à écologie humaine en Afrique Centrale. Thèse de 3è cycle Paris-Sorbonne, 234 p.
- DIATA V., 1991 : "Climat et maladies pulmonaires chez l'enfant à Brazzaville" in Climat et santé n°5, Fac de médecine- Dijon, pp.115-133
- DIOP B., FONGANG S., BADIANE D., AMADOU G. et TRAORE F. , 1994 : "Structure énergétique verticale de l'atmosphère au passage des lignes de grains à Dakar" in Publications de l'AIC, vol. 7 pp. 75-82
- DIOP B., FONGANG S., 1996 : "Aspect dynamique et bilan thermique de l'atmosphère au passage de lignes de grains à Dakar" in Publications de l'AIC, vol. 9 pp. 119-126.
- DOLLFUS O., 1971 : Analyse géographique QSJ? n°1456, PUF, Paris, 128 p.
- DOMART A. et BOURNEUF J., 1983, Petit Larousse de la médecine T<sub>2</sub> 2è édit. Paris.
- DOMERGUE-CLOAREC D., 1992 : "Guerre, climat et pathologie. La guerre d'Indochine (1946-1954)" in Rythmes pathologiques et rythmes et paroxysmes climatiques ,JL pp261-270
- DORIER-APPRIL E., 1993 : "La dynamique des endémies tropicales en milieu urbain à Brazzaville" Cahiers GEOS n° 25, Univ. Paul Valery Montpellier, 46 p.
- DOUGLAS A.S. et al., 1991 : "Seasonality of disease in Kuwait" in The Lancet vol.337, pp.1393-1397

- DOUGUEDROIT A. et BART F., 1997 : "Winter dust haze in tropical southern Africa" in International Journal of Climatology vol.17 n°7 Wiley, New-York-Toronto, pp.735-744
- DOUMENGE J.P. MOTT K. E., CHEUNG C., VILLENAVE D., CHAPUIS O., PERRIN M.F. et RADEAU-THOMAS G., 1987 : Atlas de la répartition mondiale des schistosomiasés[Togo/Bénin;pp.125-131], Bordeaux, ACCT/CNRS/CEGET/O.M.S., PUB, 397p.
- DRAMANI-ISSIFOU Z., 1981, " Routes de commerce et mise en place des populations du Nord du Bénin" in le sol, la place et l'écrit. Mélanges en hommage à Raymond Mauny, t II, Société Française d'Histoire d'Outre-Mer, Paris, pp. 655-672
- DROUET J. L., CUNIN L., TALL F., BERGES J.C., et ROY T., 1993 : "Suivi du début de l'hivernage 1993 à l'aide des indicateurs occurrences et minima de températures radiatives" VEILLE CLIMATIQUE Satellitaire N°47, novembre, Lannion, pp.35-57
- DUBIEF J., 1959 : Mémoire du Sahara. T1, mémoire hors série, IMPGA, Alger, 390 p.
- DUBOS R., 1969 : L'homme et l'adaptation au milieu, traduction L. Josquin, Payot, Paris. 477 p.
- DUPONT P., 1997 : Les glandes endocrines et notre santé, URCI, Le Tremblay, 289 p.
- DURAND-DASTES F., 1969 : Géographie des airs, PUF, Paris, 274 p.
- ESCOUROU G., 1980 : Climat et environnement : Les facteurs locaux du climat, Coll. géog. Paris-New-York-Barcelone-Milan 172 p.
- ESCOUROU P., 1989 : " Les critères d'étude de biométéorologie" Climat et Santé N° 1 Fac Méd. Dijon, pp.21-31
- EUVERTE M., 1959 : Les climats et l'agriculture QSJ? n°824 PUF 128p
- FABIANI G., 1984 : Les défenses de l'organisme QSJ? N° 5, Paris, 128 p..
- FARGUES Ph. et NASSOUR O., 1989 : "les variations saisonnières de la mortalité en ville : le cas de Bamako de 1974 à 1985" in Gilles Pison, Etienne van de Walle et Mpembélé Sala-Dia kanda, mortalité et sociétés en Afrique au sud du Sahara. PUF, pp.99-117
- FAURE P., 1977 : Note explicative n°66 (6 et 8). Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000 (Feuilles de Natitingou et de Porga). ORSTOM, Paris, 68p.
- FAURE P., 1977 : Note explicative n°66 (4). Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000 (Feuille de Djougou). ORSTOM, Paris, 49p.
- FONTAINE B., 1990 : Etude comparée des moussons indienne et ouest-africaine: caractéristiques, variabilité et téléconnexion. Texte et tableaux, Dijon, 233 p.

- GAC J.-Y., 1987 : " effets thermiques des brumes sèches" : Veille Climatique satellitaire N°16 pp.46-48.
- GANONG, W-F. , 1977 : physiologie médicale Paris, Masson, 684 p.
- GARLICK J-P, Keay, R,W, J. 1970 : Human Ecology in the Tropics Symposia of the society for the study of human biology, vol IX, Pergamon Press, Oxford, London New York, Paris, 112 p.
- GAUD J.,1955 : Les bilharzioses en Afrique Occidentale et en Afrique Centrale, Bulletin de l'O.M.S. n°13, pp 209-258
- GENTILINI M. et DUFLO B., 1982 : Médecine Tropicale, Paris, Flammarion-Sciences, 682 P.
- GENTILLI J., 1958 : A Geography of climate, the University of Western Australia Press, 172 p.
- GIVONI B.,1978 : L'homme, l'architecture, et le climat, Paris, Edition du Moniteur, 460p.
- GOLVAN Y.-J., 1983 : Elément de parasitologie médicale, Flammarion médecine-sciences Paris, 571 p.
- GOUROU P.,1970 : Pour une géographie humaine, Flammarion Paris, 630 p.
- GRANSKIANSKY (P. de), 1969 : La dermatologie QSJ? N°1132 PUF 128p.
- GREENWOOD B. M., WHITTLE H.C. et BLAKBROUGH I.S., 1983 : Season and meningococcal disease in northern Nigeria. Med Tropica 143 (hs 1 ) pp 35-38
- GREGORCZUK M., 1968 : "Bioclimates of the world related to air enthalpy" in International journal of biometeorology, vol.XII, n°1 pp. 35-39.
- GROUPE CHADULE, 1987 : Initiation aux pratiques statiques en géographie, coll. Gég. Masson, Paris, Ny Barcelone, milan, Mexico Sao-Paulo, 198 p.
- GUILLOT B., CARN M. et 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 Intertropicale" in Veille climatique satéllitaire N° 21 pp. 33-48.
- GUILLOT B. et PENNARUM J., 1993 : "Champs thermiques de surface en zone soudano-sahélienne de décembre 1992 à février 1993" in Veille Climatique Satellitaire N°44 pp. 29 - 40.
- HADJEK E. R., GUTIRREZ J. R. et ESPINOSA G. A., 1984 : "Saesonality of mortality in human populations of Chile as related to a climatic gradient" in Inter. jourm. of Biometeorology vol.28 N°1, pp.29-38.
- HANDER M., 1993 : Contribution à l'étude de la bioclimatologie humaine au Maroc:l'exemple d'Assaouira. Paris Université de Paris IV, thèse de doctorat en géographie, 356 p.
- HERMANN H. et CIER F. F., 1971 : Précis de physiologie, T4 Régulation thermique, Masson Paris 489 P.

- HERNANDEZ K., 1994 : Climat et production agricole dans la région de Djougou en République du Bénin (Afrique Occidentale) Dijon, Université de Bourgogne/CRC maîtrise de géographie (option climatologie) 59 p.
- HOUNDENOU C. et HERNANDEZ K., 1998 : "Modification de la saison pluvieuse dans l'Atacora (1961-1990): exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin (A.O.)" in Sécheresse n°1 vol.9 pp.23-34.
- HOUNKANNOUNON J., 1979 : Les précipitations en RPB (d'après la normale de la période 1960-1970), UNB Abomey-Calavi, 51 p. et annexes
- ✓ HOUSSOU Ch.S., 1991 : Rythmes climatiques, rythmes pathologiques dans le Nord Ouest du Bénin (Atacora). Mémoire de DEA de climatologie, CRC Université de Bourgogne 100p + 20 p. de figures.
- ✓ HOUSSOU CH. S., 1994 : "Réflexions sur les sensations des populations et sur le choix des indices bioclimatiques en zone tropicale pluvieuse: l'exemple de Natitingou( Atacora/Bénin)" in Climat et Santé, cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaines N°11, Dijon pp.41-53
- ✓ HOUSSOU CH.S., 1995 : "conceptions, temps frais et orages dans l'Atacora (Bénin) in Climat et Santé, cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaines N°14 Dijon pp.145-149.
- ✓ HOUSSOU Ch. S., 1996 : " Rougeole, saisons et climat dans l'Atacora (Nord-ouest du Bénin) in Climat et Santé, Cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaines N°15, Dijon pp. 145-151
- ✓ HOUSSOU CH. S., 1997a : "Les ambiances bioclimatiques en milieu confiné : quelques mesures réalisées dans la ville de Ouidah (Bénin)" Climat et Santé N°17 , Dijon, pp.143-153 .
- ✓ HOUSSOU CH. S., 1997b "Quelques réflexions sur des événements climatiques en rapport avec les activités des populations du nord-Ouest du Bénin (l'Atacora)" in Denis Lamarre Les risques liés au climat, publications de l'Université de Bourgogne LXXXVII, Dijon, pp.65-76
- HUARD P. et LAPIERRE J., 1981 : Médecine et santé publique dans le Tiers-monde  
Le centurion médecine humaine 235 p.
- HUFTY A. 1976, Introduction à la climatologie Magellan PUF, Paris, 264 p.
- IROKO F., 1994 : Les hommes et les moustiques, Harmattan, Paris, .....p
- IWAKUMA T., KAWAMURA T. et PARK ONO H-S., 1994 : " Matériaux pour un atlas des bioclimats humains : le confort thermo-hygrométrique" in Climat et Santé, cahiers de bioclimatologie et biométéorologie humaines N°11, Dijon pp. 7-39.

- JANICOT S. et FONTAINE B., 1993 : "L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique Occidentale. Météorologie 8è série, n°1, pp 28-53
- VAN GINNEKEN J.K. et TEUNISSEN A. W., 1989 : "La morbidité et la mortalité par diarrhée" in Gilles Pison, Etienne Van de Walla et Mpembélé Sala-Diakanda, mortalité et sociétés en Afrique au sud du Sahara, PUF pp.163-193.
- JOHN S.H. et al., 1983 : "Seasonal variations in admissions to a tropical paediatric unit" Tropical and geographical medicine t. 35, Singapour, pp.167-172
- KALKSTEIN L. S., MANDER W. J. et JENDRITZKY G., 1996 : Climate and human health, n°243, 2e édition, WMO/WHO/UNEP, Genève, 24 p.
- KALU A E., 1977 : The african dust plume :its characteristics and propagation across West Africa in winter. Saharan dust, Scope 14,pp 95-118, John Wiley and Sons Edit.
- KOBLEVI A. et AZONHOUME A., 1981 : Pédogenèse sur le socle cristallin en zone tropicale. Projet Agro-pédologie. Etudes n°234, Agonkanmè, 50 p.
- KOUNI A. 1985 : La modernisation des campagnes du Nord-Ouest du Bénin. Opération de développement rural dans l'Atacora et héritages agraires chez les yowa, les Lokpa, et les Piyobé du versant méridional de la chaîne montagneuse. Thèse de 3è cycle Université de Paris I, 640 p.
- LAHIRI M., 1991 : " Les indices bioclimatiques, d'un mal nécessaire à un moindre mal : réflexion sur l'exemple indien" in Climat et santé, cahiers de bioclimatologie et de biométéorologie humaines N°6 Dijon, pp. 25-38.
- LAMARRE D., 1991: Pluies et formations nuageuses sur l'Amérique isthmique. Thèse de doctorat d'Etat ès-lettres et Sciences humaines, 2 tomes, 313 + 200 p.
- LAMBERGEON D., 1977 : Relation entre les pluies et les dépressions en Afrique Occidentale. Publication DEM, n°57, ASECNA, Dakar, 57 p.
- LAMBERGEON D., DZIETARA S. et JANICOT S., 1981 : "Comportement du champ de vent sur l'Afrique Occidentale". La Météorologie Vième série, n° 25, pp. 69 -82
- LANDSBERG (H.E.), 1969 : Weather and Health, an introduction to biometeorology, New-York Boudladay and Cny. Inc, 148p.
- LAPEYSSONNIE L., 1970 : Eléments d'hygiène et de Santé publique sous les tropiques. Paris, GAUTHIERS-VILLARS 2e édition 365 p.
- LE BRAS M., GUERIN B., VILLENAVE D. et DUPONT A., 1986 : "Approche des conséquences sanitaires des aménagements hydro-agricoles en zones tropicales. le calcul des journées de travail perdues." in Bull. Soc. Path. Ex. 79 Laval pp.251-258. Le Centurion/médecine humaine. 235 p.
- LEBEDEV, A.N., 1970 : The climate of Africa, part 1 Jerusalem 482 p.

- LEE D. H. K., 1965 : "Climatic stress indices for domestic animals" in International journal of biometeorology, vol. IX, n°1, pp. 29-35
- LEROUX M., 1970 : La dynamique des précipitations en Afrique Occidentale. Doctorat de 3ème cycle. Dakar FLSH, 282 P
- LEROUX M., 1975 : "Climatologie dynamique de l'Afrique" in Textes et Documents de géographie tropicale N° 19 CEGET CNRS Bordeaux pp. 91 - 111.
- LEROUX M., 1980 : Le climat de l'Afrique Tropicale. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Dijon 4T 1427 p.
- LEROUX M. 1988 : "Variabilité des précipitations en Afrique Occidentale : les composants aérologiques du problème" in Veille Climatique Satellitaire n°22, pp. 26-45
- LOWRY W.P, 1969 : Weather and life, an introduction to biometeorology, Academic press, New-York and London 305 p.
- MAIRIAUX Ph. et MALCHAIRE J., 1990 : Le travail en ambiance chaude. Principes, méthodes, mise en oeuvre, Paris, Milan, Barcelone, Mexico, Masson, 172 p.
- MARCHAL F. et GRISELIN M.,1992 : "Climat et pathologie au cours de l'expédition "des femmes pour un pôle" " in Besancenot J. P.: Risques climatiques , rythmes et paroxysmes climatiques, John Libbey, pp. 227-238
- MARCHAND J.-P. 1985 : Contraintes climatiques et espace géographique : le cas irlandais. Caen, Paradigme, 336 p.
- MATHER J. R. 1974 : climatology : Fundamentals and applications Mc Gramhill, New-York-Paris, 412 p.
- MENARD B., 1996 : Contibution à l'étude de la santé dans le Tiers-monde. Exemple de la trilogie pathologiques "malnutrition-Diarrhées-affections respiratoires" observée chez les enfants. Univers. de Caen, thèse de doctorat de géographie, 3 tomes, 1974 p.
- MENAUT J.C., 1994 : "Effets des feux de Savane sur le stockage et l'émission de carbone et des éléments trace" in sécheresse N° 4. Vol.4, pp. 251-261.
- MERCIER P., 1968 : Tradition, changement, histoire, les "Somba" du Dahomey septentrional, Anthropos, Paris, 538 p.
- MERGER R., MELCHIOR J. et LEVY J., 1979 : Précis d'obstétrique, 5è édition revue et augmentée, Paris, Masson, 755p.
- MEYER (Philippe), 1983 : physiologie humaine, Flammarion ....sciences, Paris, 1300 p.
- MINGUI A., 1985 : Climat et culicidés au Congo Sud-Occidental : Essai d'analyse bioclimatique et contribution à l'étude entomologique des vecteurs des maladies tropicales : paludisme et fièvre jaune, mémoire de DEA, Paris IV - Sorbonne 48 p.
- MIRANDA (Patricia), 1991 : "Evaluation des conditions de la ventilation naturelle de l'habitat tropical humide" in Le climat Vol. 9 N°1, Québec pp. 5-30.

- MISSENARD, A., 1969 : La chaleur animale, PUF, QSJ? N°205, 3e édition, 128 p
- MONNIER Y., 1980 : " méningite cérébro-spinale, harmattan et déforestation" in les cahiers d'Outre-mer, vol.XXXIII N° 130, pp.103-121.
- MOUCHET J., ROBERT V. et CARNEVALE P., 1991 : "Le déficit de la lutte contre le paludisme en Afrique Tropicale: place et limites de la lutte antivectorielle" Cahiers Santé vol.1 n°4 pp.277-288
- MPRPE/Direction de la coordination des ressources extérieures, 1996 : Rapport du financement du développement 1995, Cotonou.
- MUNN, R.E., 1970 : Biometeorological methods, Academic Press, New-York and London, 366 p.
- NTCHA, K. et Nata, F. 1984 : L'enclavement et ses effets économiques et sociaux : le cas la Province du l'Atacora UNB, Bénin 70 p.
- NEWVY, G, 1991 : l'homme et l'eau dans le domaine tropical Masson, Paris 227 p.
- NICHOLSON E.S., 1985 : "Subsaharian rainfall 1981-1984" JCAM 24 pp.1388-1391.
- NICHOLSON E.S.,1990 : "The nature of rainfall fluctuations in subtropical Africa" MWR 108, pp.473-487
- NICOLAS J.P., 1958 : " Les climats africains et biogéographie humaine" In Bulletin de l'IFAN TXX, série B N° 1-2 pp. 7-67
- NICOLAS J. P., 1959, Bioclimatologie de St Louis du Sénégal, Dakar, 340 p.
- OJO O., 1972 : "Energy balance climatology of man in Ibadan Nigéria "International geography. La géographie internationale ,Toronto, Unia. Press, T<sub>1</sub>.
- OJO O. , 1977 : The climates of West-Africa, Heinemann London Ibadan Nairobi-Lusaka, 219 p.
- OJO O. ,1985 : "Physicoclimatic Responses to thermal conditions in Tropics : the Lagos Experience" in Climatologie et établissements humains actes du symposium N° 23, CRC Dijon pp. 1989-2013
- OKE, P.C.,1993 : Types de temps et recrudescence de la méningite cérébro-spinale au Bénin Cotonou/ Abomey-Calavi Université Nationale du Bénin, maîtrise de géographie. 139 p.
- OLIVIER G. , 1980 : L'écologie humaine, PUF, QSJ? N°1607 2e édition, 128 p
- O.M.S. ,1995 : Rapport sur la santé dans le monde, réduire les écarts, Genève 119 p.
- OTCHOUMARE N., 1974 : Climat et tourisme au Dahomey, DES de Tourisme, CES de Tourisme Paris 143 p.
- PAGNEY P., 1976 et 1994 : Les climats de la terre. Masson, 1ère et 2è éditions, Paris, 166 p.
- PAGNEY P., 1991 : "Réflexions à propos d'un atlas mondial des bioclimats humains" in Climat et Santé N°6, Fac Médecine - Université de Bourgogne Dijon pp. 7-24.

- PAGNEY P. et BESANCENOT J. P., 1982 : "Human bioclimatology in tropical zones. Discussion and practical implications" Climatological notes n°29, Tsukuba, Japan, pp. 56-63.
- PAGNEY P. et BESANCENOT J. P., 1982 : "Human bioclimatology in intertropical zone. Application to the town of Brazzaville" Climatological notes n°30, Tsukuba, Japan, pp. 158-163.
- PEDELABORDE P., 1982 : Introduction à l'étude scientifique du climat, nouvelle édition, revue et corrigée SEDES, Paris 353 p.
- PENE P. et Al., 1981 : Santé et médecine en Afrique tropicale. Paris, Doin éditeurs, 261 p.
- PERARD J., 1988 : "Invasions froides sur les Philippines durant l'hiver boréal : exemple de retroaction entre systèmes atmosphériques d'échelles et de zonalité différentes" Etudes de Climatologie Tropicale, hommage offert à P. Pagney, Masson, pp 139-151.
- PERARD J., BOKO M. et BOKONON-GANTA E. B., 1990 : "Contraintes climatiques et croyances en Afrique tropicale : essai d'ethnoclimatologie" Publications de l'AIC, vol.3 Lannion, pp.163-171
- PERARD J., 1992a : " Orages au Bénin : modèle scientifique modèle traditionnel" Cahier du CRC n° 14 pp. 33-40
- PERARD J., 1992b : "Estimation des risques climatiques en Afrique Tropicale : approche méthodologique". Publications de l'AIC, vol. 5, Dijon, pp.99-104
- PERARD J., 1996 : "Risques climatiques et espace vécu dans le monde tropical" Le climat, l'eau et les hommes en hommage à Jean Mounier, PUR, pp.105-111 .
- PERARD J. et BESANCENOT J. P., 1997 : "Climatic and pathological rhythms in a humid tropical area, the case of the Philippines" in M.Yoshino et al (Eds), climates and societies, a climatological perspective, KAP, London, pp. 235-254
- PFEIFFER V., 1988 : Agriculture au Sud du Bénin : passé et perspectives, Paris, L'Harmattan, 172 p.
- PIRCHER V. ET CHEZE J.-L., 1993 : "Electricité atmosphérique et systèmes orageux" La Météorologie 8e série N°4, décembre pp.31-41.
- PLAISANCE, G., 1985 : Forêt et Santé, guide pratique de sylvothérapie. Edit. Dangles St Jean de Brayes, 506 p.
- PLAISANCE G., 1992 : "Particularités pour la santé des climats régionaux français et leurs variantes forestières" in Climat et Santé N° 7, Fac. de Médecine, Université de Bourgogne Dijon pp. 13-32.
- PROST A., 1989 : "Environnement, comportements et épidémiologie des maladies" in Rougemont et Brunet-Jailly Planifier, gérer et évaluer la santé en pays tropicaux. Doin Edit. Paris, pp.65-90

- R B/MSP/Direction Nationale de la Protection Sanitaire, 1994 : Programme de lutte contre le paludisme, Cotonou, 50 p.
- REMY G., 1990 : "Fondements écologiques de la ceinture de la méningite en Afrique Sud saharienne" Climat et santé N° 3, Fac. de médecine, Dijon pp.
- RICHARD Y., 1993 : Relations entre la variabilité pluviométrique en Afrique australe tropicale et la circulation océanique. Thèse de doctorat, Univ. d'Aix-Marseille I, 2 vol., 252 p.+ fig.
- do REGO, K. 1992 : Le régime des vents au Bénin et les possibilité d'utilisation de l'énergie éolienne. Mémoire de Maîtrise de géographie. Labo. Climato. UNB, Abomey-Calavi, 128p.
- SAMBA-KIMBATA M. J. Précipitations et bilan de l'eau dans le bassin forestier du Congo et ses marges. Thèse d'Etat, Univ. de Bourgogne , 2 vol. 242 +163 p de figures.
- SARR B., 1995 : Climat et Agriculture en Afrique Tropicale :le cas de la riziculture dans les espaces aménagés du bassin du fleuve Sénégal, thèse de doctorat de géographie nouveau régime, CRC/ Univ. de Bourgogne 360 P.
- SCHARLAU K., 1943 : "Die Schwüle als meBbraeGröBe" Bioklimatische Beibletter der Meteorologischen Zeitschrift, vol.X, n° 1 pp.19-23
- SECK A. et MONDJANNANGNI A.C., 1967 : L'Afrique Occidentale, PUF Magellan, 371 p.
- SERVICE de l'HYDROLOGIE, 1993 : Annales hydrologiques se années 1985 à 1992. D/ Hydraulique/MEMH/Bénin, Cotonou, 194 p.
- SERHAU, 1992 : *Atlas cartographique de la région nord du Bénin, CRPMS Pato-Novo, 52 p*
- SERVICE des STATISTIQUES SANITAIRES et de la DOCUMENTATION, 1988 : Statistiques Sanitaires des années 1985-1986, MSP/Bénin.
- Statistiques Sanitaires des années 1990-1994, MSP/Bénin
- SIPLE P. A., PASSEL Ch. F., 1945 : "Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures" in Proceeding of the American Philosophical Society, vol. LXXXIX, n°1, pp.177-199
- SORO B.N., DAVIS C.E., COULIBALY A. et DIOMANDE, 1988 : Eléments d'épidémiologie des méningites dans le nord de la Côte d'Ivoire, Méd.Tropicale 48 pp.145-148
- SORRE M., 1955 : "Géographie psychologique" in Traité de psychologie appliquée chap. III, Paris, PuF, 52 p.
- SORRE M., 1971 : Les fondements biologiques de la géographie humaine. Essai d'une écologie humaine A. Colin Paris, 447 p.
- SUTOUR F., 1995 : "La relativité des indices en bioclimatologie humaine" in Climat, pollution atmosphérique, santé, hommage à Gisèle Escourrou, GDR 102 Climat et santé, pp.97-114.

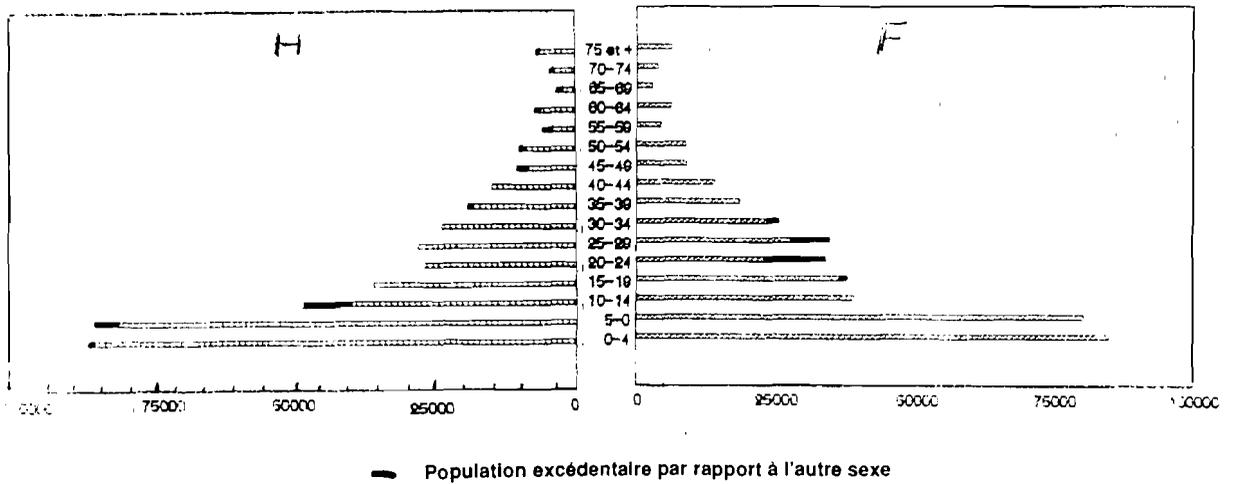
- SUCHEL J.B., 1988 : Les climats du Cameroun, Thèse d'Etat Université de St Etienne, 4T 1180 p.
- TABUTIN D., 1988 : Population et santé en Afrique au Sud du Sahara, Harmattan, Paris 554 p.
- TALL F., NACRO B., BOSENEC B. et al., 1991 : "Etude du coût des rougeoles graves dans un centre hospitalier du Burkina-Faso" in Cahiers Santé vol1 n°4 pp.311-316
- TASSOU M., 1991, Production agricole et migrations dans la sous-préfecture de Boukoumbé mém. de maîtrise cotonou UNB 87p
- TCHIBOZO C. F., 1981 : Structure et Dynamique des milieux naturels : Contribution à l'étude biogéographique de l'Atacora. Thèse de 3è cycle. Université de Paris 7. Jussieu 324 P.
- THOME E. C., 1959 : "The discomfort index" in Weatherwise, vol.XII, pp. 57-60
- TIANDO E., 1993 : "L'historiographie du Bénin septentrional, l'état de la question" in Africa Zamani Nouvelle série N°1 pp. 95-106.
- TOVO M., 1995: Réduire la pauvreté au Bénin. CEDA/Banque Mondiale 339p
- TROMPETTE R., 1977 : "Les Dahomeyides au Bénin, Togo et Ghana, une chaîne de collision d'âge pan-africain" Revue de géologie Dynamique et de géographie physique Vol 21 fascicule 5, Paris, pp. 339-349.
- TROMPETTE R. et BESSOLLES B., 1979 : "La chaîne panafricaine :zone mobile 'Afrique Centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise" in Géologie de l'Afrique, mémoire du BRGM N° 92, 396 p.
- VALLERY-RADOT, P. et AL., 1971 : Pathologie médicale N° 18 ORL Optamologie, stomatologie, Flammarion Méd-Sc. 97 p.
- VALLERY-RADOT, P. et AL., 1971 : Pathologie médicale N°9 : maladies infectieuses et parasitaires, flammarion Méd -Sc. Paris 219 p.
- VENNETIER P., 1973 : Les villes d'Afrique Tropicale Coll. géog. Masson Paris 199 p
- VEYRET Y. et PECH P., 1993 : L'homme et l'environnement PUF. Coll 1er cycle
- WHO (O.M.S.), 1990 : Potential health effects of climatic change, Report of a who task Group, Geneva, 58 p.
- YATTARA J.M., 1986 : "Analyse de la formation de brumes sèches du 21 septembre 1986 sur la Mauritanie et le nord-ouest du Sénégal" Veille climatique Satéllitaire n°15, Lannion pp. 28-33
- YEKPE P.J., 1991 : Contribution à l'étude de l'harmattan dans le bas et le moyen Bénin. Cotonou, Université Nationale du Bénin, maîtrise de géographie. 63 p.
- ZIME, A.C., 1992 : Contribution à l'étude des précipitations dues aux lignes de grains au Bénin à partir des images météosats II et des niveaux Kérauniques, mémoire de maîtrise de géographie. Labo de climato. UNB, Abomey-Calavi 110 p.

ZOMAHOUN C., 1985 : Réflexion sur la stratégie de lutte antipaludique par la chimiothérapie des accès fébriles en RPB, mémoire de fin d'études Cotonou 112 p.

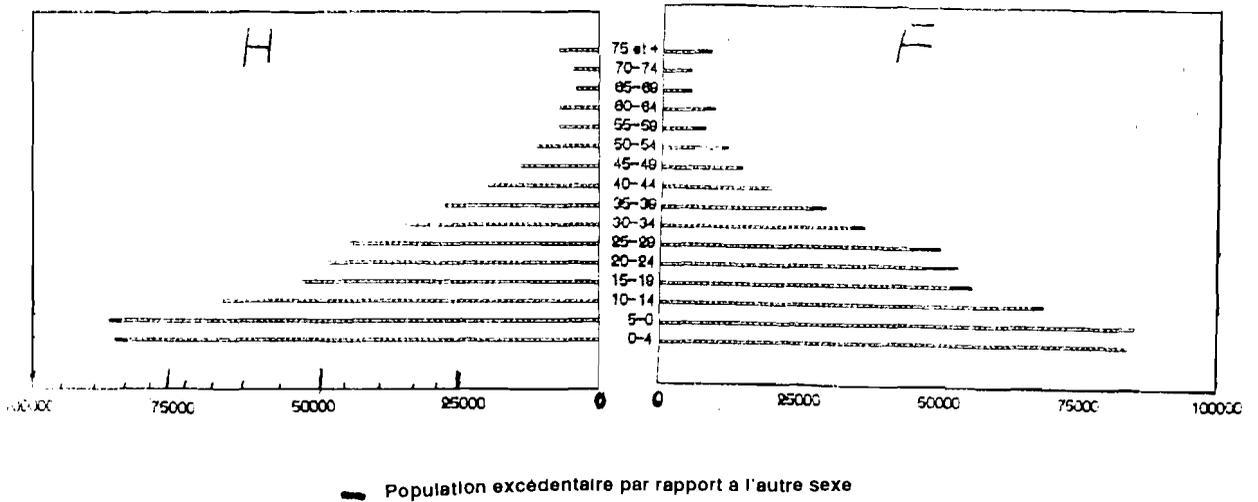


### Annexe n°3

Pyramide des âges de la population  
du Borgou (1992)



Pyramide des âges de la population  
de l'Atlantique (1992)



# Retour aux racines...

*Avec la dévaluation, même les citadins reprennent goût aux médecines traditionnelles. Il y en a de particulièrement efficaces.*

**E**n Afrique, au-delà de la méfiance des citadins vis-à-vis de la médecine traditionnelle et de ceux qui l'exercent, souvent considérés comme des gens maléfiques, le développement de la pharmacopée s'est longtemps heurté à des intérêts économiques. Ainsi, à partir de 1978, l'OMS (Organisation mondiale de la santé) avait fait de timides pas en direction de la mise sur pied d'un programme de développement de médicaments à partir de plantes médicinales, mais aucun financement n'a été débloqué. En 1985, c'est au tour des pays africains de rédiger, sous l'égide de l'OUA, une charte de la pharmacopée africaine, mais elle ne sera pas reconnue par tous les États. Pour le docteur Dakuyo, spécialiste de la pharmacopée traditionnelle au Burkina et pharmacien à Banfora, la crise a quelque chose de bon : "Depuis la dévaluation, on constate que les gens se tournent de plus en plus vers la médecine traditionnelle. On constate aussi que des Occidentaux, de même que des entreprises pharmaceutiques, aident aujourd'hui à la promotion de remèdes à base de plantes".

## Pas de médecine au rabais

Dans le domaine du traitement du paludisme, par exemple, un réseau d'échanges Sud-Sud et Nord-Sud a été mis sur pied depuis le début des années quatre-vingt-dix entre tradipraticiens de divers pays africains et scientifiques européens, dans le cadre de la recherche sur les antipaludiques traditionnels. Ces échanges portent notamment sur des informations d'ordre technique, méthodologique, ainsi que dans le domaine de la formation. Car pour le docteur Dakuyo, un des artisans de la découverte du N'Dribala (*Cochlospermum planchonii* Hook.f.), un antipaludique traditionnel largement répandu au Burkina depuis une quinzaine d'années, l'augmentation du nombre de tradipraticiens ne

## PHARMACOPEE TRADITIONNELLE



doit pas se faire au détriment de la qualité. "Nous assurons pour cela une formation des tradithérapeutes et menons un travail de sensibilisation en direction du personnel moderne de santé", dit-il. L'objectif étant "d'amener les deux médecines, qui sont complémentaires, à collaborer, car il n'y a pas de médecine au rabais". Un mariage des deux médecines que pratique depuis des années le Béninois Paul Anani, infirmier herboriste qui a pignon sur rue à Cotonou, qui assure que "la pharmacopée peut réussir là où la médecine moderne a échoué" et que "les gens ont de plus en plus confiance en elle".

Le phénomène n'est pas nouveau. En Afrique, on a toujours eu recours aux remèdes locaux. Si les urbains ont longtemps pris de haut cette médication "bonne uniquement pour les gens des campagnes", la vapeur s'est inversée depuis la dévaluation du franc CFA. "Elle a renforcé la demande en produits de la pharmacopée locale", souligne le Groupement d'étude et de formation sur les outils solaires (Gefosat) dans une étude consacrée à la promotion de la pharmacopée au Burkina. En effet, si la pharmacopée allège la pénurie de médicaments, la production des plantes médicinales en

quantités industrielles fait encore défaut. Aucun pays africain ne possède d'infrastructure technologique adéquate pour la réaliser. "Nous avons une forte demande de N'Dribala, puisque nous exportons des dizaines de sachets vers certains pays voisins. Malheureusement nous produisons encore artisanalement", déplore le docteur Dakuyo.

## Absence de cadre juridique

Le développement de la médecine traditionnelle se heurte par ailleurs au manque de cadre juridique. Seuls quelques pays africains disposent d'un cadre réglementaire adapté. C'est le cas du Togo où, selon la loi-cadre pharmaceutique actuellement en discussion au Parlement, "les tradipraticiens sont officiellement reconnus, ainsi que la possibilité qui leur est offerte de vendre des remèdes traditionnels bénéficiant d'une procédure allégée de mise sur le marché". La loi accorde par ailleurs le droit de substitution aux pharmaciens. Au Burkina, "la pharmacopée est reconnue au niveau du code de la santé publique et on en tient compte dans la politique générale de la santé au niveau du ministère", assure le docteur Dakuyo.

LUCIEN AHONTO

# Attention poison

*Faux vaccins, fausses pilules, faux antibiotiques, sirops pour enfants remplis d'antigel pour moteurs... La contrefaçon pharmaceutique explose en Afrique. Les experts chiffrent à 10 % la part des médicaments impropres à la consommation, actuellement en circulation sur le continent.*

L'horreur a frappé le Niger au printemps 1995. Une pandémie de méningite s'abat sur la population. Les autorités nigériennes décident d'organiser une vaste campagne de vaccination avec l'appui d'organismes internationaux. En mars, le Nigeria fait parvenir 88 000 doses de vaccins siglés Pasteur Mérieux et SmithKline Beecham, normalement au-dessus de tout soupçon. Les équipes de Médecins sans frontières (MSF) Belgique, qui travaillent dans le département de Tahoua, participent activement au programme. Stupeur. Les vaccins se diluent mal et présentent d'étranges filaments noirs. Après expertise, les laboratoires Mérieux confirment que ces vaccins n'ont jamais été produits dans leurs usines. Plus grave, ces faux ne contenaient aucun principe actif. On peut estimer que 60 000 personnes ont été vaccinées dans la région de Tahoua avec ces copies, sur un total de 650 000. Combien sont mortes de la méningite, croyant être à l'abri du danger ? Beaucoup, certainement. Une plainte du laboratoire lyonnais traîne maintenant depuis près de deux ans sur le bureau du juge Courroye.

## Des organisations criminelles

Jacques Pinel, pharmacien, responsable de l'approvisionnement à Médecins sans frontières, se souvient : "lorsque l'on utilise des vaccins que l'on a approvisionnés, on ne les vérifie pas. Il ne nous est jamais venu à l'esprit d'effectuer des analyses sur des produits Mérieux. Dans le cas de cette épidémie, les vaccins ont été échangés au Nigeria. Les bons ont été sortis de la chaîne, vendus et remplacés par de mauvais qui n'ont coûté que le prix de l'emballage. On est en face d'un cas typique de contrefaçon criminelle". Après l'affaire du Niger, MSF a renforcé les contrôles de médicaments à la source. Des vérifi-

cations faciles dans les pays où la production est réglementée, mais beaucoup plus difficile pour les pays du Sud. Un véritable casse-tête pour cette ONG qui achète plus de 50 millions de francs de médicaments chaque année et dont 50 % sont de fabrication locale. C'est là que les dangers de substitution des produits sont les plus pointus. Dans un document daté du 30 septembre dernier, la direction de MSF donnait à ses équipes les règles à suivre dans les pays en développement : "Dans presque tous ces pays prolifèrent des produits pharmaceutiques et médico-nutritionnels sous-dosés, dégradés ou falsifiés. L'approvisionnement local est donc interdit tant que MSF ne sera pas capable de gérer des

**On retrouve des faux antibiotiques dans toute l'Afrique. Ce sont des capsules faciles à remplir avec de la farine ou de l'amidon.**

achats locaux sans risque." Quant à désigner les coupables, Jean-Yves Videau, pharmacien responsable de la Centrale humanitaire médico-pharmaceutique de Pharmaciens sans frontières, est formel : "On ne sait pas. Tout se monte et se défait très vite. Dès qu'un réseau est constitué, dès lors qu'il est connu, il devient fragile et disparaît. Il suffit d'un petit labo et de quelques chimistes. Un lot peut être produit en quelques semaines. Dans le cas du Niger, il y a eu des magouilles à Lagos. C'est suffisamment clandestin pour que personne ne sache jamais comment ces vaccins sont arrivés sur un circuit officiel. Des faux médicaments, on en détecte régulièrement. Ce sont bien souvent de faux antibiotiques qui ne contiennent pas du tout de substance active. On en retrouve pratique-

ment sur toute l'Afrique. L'Ampicilline un antibiotique de base, est l'un des médicaments le plus souvent frelaté. Ce sont des capsules très faciles à remplir avec de l'amidon, de la farine. On en trouve partout : au Cameroun, en Guinée, au Niger et même en Haïti." Au Nigeria, en 1990, 109 nourrissons sont morts pour avoir ingurgité du sirop à base de paracétamol contenant en fait de l'antigel pour moteurs, un solvant industriel extrêmement toxique. "Le médicament de contrefaçon est une manière formidable de blanchir de l'argent, explique Jean-François Gaulis, représentant de la Fédération internationale de industries du médicament : "Ce sont des organisations criminelles qui mettent sur pied ces trafics. Elles ne coûtent pas n'importe quoi. Il s'agit de médicaments à forte consommation et à forte valeur ajoutée. Les antibiotiques, par exemple, sont très demandés et ne coûtent pas cher à réaliser. "On peut comprendre l'agacement de Jean-François Gaulis devant le manque à gagner que constitue la copie pour les laboratoires. Le marché du faux médicament est bel et bien lucratif. La contrefaçon de produits pharmaceutiques dans le monde représenterait chaque année près de 50 milliards de francs, ce qui porte à 7 % en moyenne le taux de faux médicaments vendus sur la planète. Pour l'Afrique, des études menées ponctuellement et à partir desquelles il est impossible de généraliser montrent que dans certains pays, ce taux pourrait s'élever jusqu'à 30 % et parfois 60 %. Et le développement du fléau se fait à grande vitesse.

## 50 milliards de pertes

Devant l'ampleur du préjudice, l'OMS et la Fédération internationale des industries du médicament prennent le taureau par les cornes. Ils ont détec-

## Annexe n°5

Traitements de certaines affections et coûts des médicaments en pharmacie privée  
(prix de 1995)

Affections	Traitements	0 à 5 ans		6 ans et plus	
		Posologies	Coûts	Posologies	Coûts
Paludisme simple	Nivaquine + Aspirine ou Nivaquine + Efferalgan ou Fansidar + Paracetam	1 boîte (cp) ou 1 flacon (suspension)	1.350 à 3.075 f.cfa	1 boîte 2 boîtes 1 boîte	2.930 à 3.075 2.590-
	Quinimax (0,2) + Serum glucosé + Perfuseur + Aspégic (0,5) ou Fansidar inj + quinim 0,4 + Paracetamol	1 boîte 3 flacons, 3 unités, 6 flacons	8.055 f.cfa	1 boîte 2 ampoules	5.815 f.cfa
Affections respiratoires	Ozothine inj + seringue ou Bronchalèn	1 flacon 6 unités	1.530 f.cfa 600 f.cfa	1 boîte 6 unités	1.465 f.cfa 600 f.cfa
	Rhinatiol + Soframycin ou +supradyne + Paracetam ou Rhinoféb	1 boîte 1 boîte	950 f.cfa 1.335	1 flacon 1 boîte	870 2.860 400 1875-
Broncho-pneumonie	Péni GIM + Ozothine + Soframyc + Seringue ou Totapen inj + Pneumorel cp + Otrivin	7 flacons 1 boîte 1 boîte 6 unités	2.450 1.530 1.335 600	14 boîtes 1 boîte 6 unités 6 flacons 1 boîte	4.900 1.465 600 6.510 4.360
	Vermox sp + Alvityl sp + Fumafer + support - nutrition	1 boîte 1 boîte 1 boîte	1.525 2.865 1.575	2 boîtes 1 boîte + support-nutrition	2.420 1.575
	Péni G IM Ampicilline 250mg ou	14 flacons	4.900	28 flacons 30 flacons	9.800 32.550
	Gentalline 10mg Seringue Soludécadr	14 ampoules 14 unités	7.560 1.400	30 amp.de 80mg 14 unités 1 boîte	52.025 1.400

## Annexe n°6

### Paludisme

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E.	DDL	CARRÉS MOYENS	TEST F	PROBA
VAR. TOTALE	198371.86	239	830.01		
VAR. FACTEUR 1	117320.07	3	39106.69	163.25	0.0000
VAR. FACTEUR 2	19971.86	11	1815.62	7.58	0.0000
VAR. INTER F1*2	6353.26	33	192.52	0.80	0.7685
VAR. BLOCS	9691.28	4	2422.82	10.11	0.0000
VAR. RESIDUELLE 1	45035.39	188	239.55		

variable résiduelle

E.T. (C.V.

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%

FACTEUR 1 : LOCALITES

15,48 40,9%

NOMBRE DE MOYENNES 2 3 4  
VALEURS DES PPAS 5.59 6.71 7.36

F1 LIBELLES MOYENNES GROUPES HOMOGENES

1	NAT	74.90	A
1	DDJ	31.32	B
2	KER	28.84	B
4	TAN	16.44	C

## ANNEXE 7

Nom - Prénoms (pas obligatoire)

Quartier :

Age :

Nom Chef de concession :

Activité exercée ou profession :

Depuis quand résidez-vous dans ce Département ?

Effectif dans la maison : mur de la maison : terre de barre  *1/2*

carrique de ciment

Nombre de chambres :

Toiture : paille  tôle  *nombre*

1- Le mobilier dans les maisons :

a- Fauteuil même pliant : nombre :

en bois  fer  mauvais état  bon état

b- Chaise : nombre :

en bois  fer  mauvais état  bon état

c- lit : nombre :

en bois  fer  mauvais état  bon état

d- natte placée à même le sol :

grande épaisseur  petite épaisseur  bon état   
mauvais état

e- matelas ou paillason posé par terre :

f- les enfants dorment-ils sur : un lit  une natte

matelas posé par terre  sous une moustiquaire

2- Les habitudes vestimentaires :

a- les enfants sont-ils toujours vêtus à la maison ?

oui  non  pourquoi ?

b- vos enfants pendant la saison des pluies ou l'harmattan portent-ils de pull-over ? oui  non

le matin : oui  non

le soir : oui  non

matin et soir

3- Votre appréciation psychologique du temps qu'il fait

a- harmattan : désagréable au repos  désagréable au travail

agréable au repos  agréable au travail

b- période forte chaleur : agréable : au repos  au travail

désagréable : au repos  au travail

c- saison des pluies : agréable : au repos  au travail

désagréable : au repos  au travail

d- maladies courantes pendant l'harmattan

méningite  toux  grippe  paludisme

maladies des voies respiratoires  rougeole  colique

fatigue  maux d'yeux  rhume

e- maladies fréquentes pendant la période très chaude

boutons sur le corps  méningite  rhume  diarrhée

maux d'yeux  paludisme  fatigue

f- maladies fréquentes pendant la saison des pluies

boutons sur le corps  maladies des voies respiratoires

paludisme  toux  grippe  colique

maux de poitrine  diarrhée  fatigue

4- Nombre de jours de travail perdus pour maladie pour chacun des membres de votre famille pendant :

- préparation des champs : harmattan  
pendant la forte chaleur

- le semis :

- entretien des champs (sarclage) :

- la récolte :

- maladies à la base de ces jours perdus :

méningite  maux d'yeux  paludisme  tuberculose

fatigue  colique  diarrhée  rougeole

varicelle

5- A quelles périodes de l'année notez-vous dans votre localité le plus de décès ?

- de vieillards ? (vieilles) ?

harmattan  période de chaleur  saison des pluies

- d'enfants de 0 à 5 ans ?

harmattan  temps de forte chaleur  saison des pluies

- de quelles maladies meurent les gens le plus ici ?

méningite  tuberculose  maladies des voies respiratoires

fatigue  toux  grippe  vomissement  colique

paludisme  diarrhée  morsure d'insectes ou de serpents

6- A quelles périodes de l'année, vous est-il moins pénible de travailler ?

harmattan  période de chaleur  saison des pluies

-A quels moments de la journée, vous est-il moins pénible voire plus agréable de travailler ?

matin  10 heures à midi  midi à 16 heures

16 heures à 18 heures  soir après le coucher du soleil  nuit

-A quelles périodes de l'année vous est-il agréable de vous reposer dans votre maison : salon, chambre ?

harmattan  période de forte chaleur  saison des pluies

-A quels moments de la journée, vous est-il agréable de vous reposer dans votre maison : salon, chambre ?

matin  10 heures - midi  midi - 16 heures

après le coucher du soleil  nuit

-A quelles périodes de l'année, dormez-vous agréablement (bien) la nuit dans votre chambre ?

harmattan  période de chaleur  saison des pluies

-A quelles périodes de l'année, dormez-vous mal la nuit dans votre chambre ?

harmattan  période de chaleur  saison des pluies

-Où dormez-vous alors ? au dehors, à la belle étoile

sur la terrasse  à même le sol au salon

.../...





## LISTE DES FIGURES

Figure 1- Localisation de la République du Bénin dans l'espace ouest-africain	14
Figure 2- Situation de l'Atacora	17
Figure 3- Carte administrative de l'Atacora	18
Figure 4- Diagramme systémique des bioclimats humains dans l'Atacora	22
Figure 5- Réseau de stations	25
Figure 6- Homogénéité des données climatologiques	28
Figure 7- Atacora : Sous-Régions	32
Figure 8- Relief de l'Atacora	40
Figure 9- Atacora : géologie	41
Figure 10- Atacora : végétation	44
Figure 11- Cours d'eau de l'Atacora	49
Figure 12- Régimes de trois cours d'eau de l'Atacora	53
Figure 13- Pression, vents et principales discontinuités en surface en janvier (a) et en juillet (b)	58
Figure 14 - Champ moyen de pression dans la moyenne et la haute troposphère en Afrique en janvier (a) en juillet (b) ( M. Leroux, 1975)	59
Figure 15- Migrations mensuelles moyennes en surface des principales discontinuités en Afrique (ASECNA, 1973, cité par B.Sarr, 1995)	62
Figure 16- Les migrations mensuelles moyennes du FIT sur le Bénin (conçu à partir des travaux de M. Leroux, 1970, 1980)	63
Figure 17- Trajectoires des poussières sahariennes au-dessus de l'Afrique de l'ouest (A. E. Kalu, 1977)	65
Figure 18- Fréquence du nombre de jours d'orage dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)	69
Figure 19- Topographie et nuages convectifs en Afrique de l'Ouest, vers 8°N (7°62 au méridien d'origine)	74
Figure 20a)- Fréquence du nombre de jours de pluies	

dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)	75
Figure 20b)- Régime annuel moyen des hauteurs de pluie dans l'Atacora (1961- 1990)	78
Figure 21a) b) c) d) Rythme moyen des températures et de l'humidité relative minimale dans l'Atacora (1961-1990)	79
Figure 22a)- Température minimale au pas de temps journalier dans l'Atacora (1971-1990)	84
Figure 22b)-Humidité relative minimale au pas de temps journalier dans l'Atacora (1971-1990)	85
Figure 23- Température maximale au pas de temps journalier dans l'Atacora (moyenne 1971-1990)	87
Figure 24 Rythme annuel de l'insolation à Natitingou	88
Figure 25a)-Vitesse moyenne du vent à 6h, 12 h et 18 h	88
Figure 25b)-Direction dominante du vent à Natitingou, suivant les saisons	89
Figure 26a)- Atacora : tendance pluviométrique (1961-1990)	92
Figure 26b)- Evolution du nombre de jours de pluie dans l'Atacora	92
Figure 27-Evolution interannuelle des hauteurs de pluie dans quatre stations de l'Atacora	95
Figure 28a)- Régime annuel des hauteurs des pluies de certaines années dans l'Atacora	97
Figure 28 b)- Ecart centré réduit des hauteurs de pluie à Tanguiéta et à Natitingou	98
Figure 29a) b) c)- Tendence thermique et hygrométrique dans trois stations de l'Atacora (1961-1990).	100
Figure 30- Peuplement de l'Atacora	104
Figure 31a)- Pyramides des âges de la population de l'Atacora en 1979	109
Figure 31 b)- Pyramides des âges de la population de l'Atacora en 1992	110
Figure 32 a)- Carte de densité de population par sous-préfecture en 1979	112
Figure 32 b)- Carte de densité de population par sous-préfecture en 1992 (b)	113
Figure 33 a)- Croquis de la ville de Natitingou	116

Figure 33-b Types d'habitation liés aux groupes sociolinguistiques dans l'Atacora.	119
Figure 34- Atacora : Routes, pistes rurales et quelques grands marchés	140
Figure 35-. Infrastructures sanitaires de l'Atacora.	145
Figure 36- Constante de convection	162
Figure 37a)- Charge ou déficit thermique par radiation	162
Figure 37b)- Evaluation de la température de radiation ( $T^{\circ}r$ ) en fonction de la température lue au thermomètre à globe.	162
Figure 38- Intensité de l'évaporation maximale, $E_p$ , (d'après Haines et Hatch)	163
Figure 39- Les éléments de l'équilibre thermique	166
Figure 40a) b) c)- Le pouvoir réfrigérant de l'air (K) à l'heure du maximum thermique	180
Figure 41 a) b) c)- L'indice de confort (DI) à l'heure du maximum thermique	181
Figure 42a) b) c)- L'humidité relative minimale	182
Figure 43a)b)c)- Le pouvoir réfrigérant de l'air (K) à l'heure du minimum thermique	186
Figure 44a) b) c)- L'indice de confort (DI) à l'heure du minimum thermique	187
Figure 45a) b) c)- La température minimale	188
Figure 46a) b) c)- L'humidité relative maximale	189
Figure Figure 47a) b) c)- La tension de vapeur ( $T_{vap}$ )	190
Figure 48a) b) c)- Diagrammes de synthèse des ambiances thermiques au pas de temps journalier à l'heure du maximum thermique	193
Figure 49a) b) c)- Diagramme de synthèse des ambiances hydriques au pas de temps journalier à l'heure du maximum thermique	194
Figure 50a) b) c)- Diagramme de synthèse des ambiances thermiques au pas de temps journalier à l'heure du minimum thermique	195
Figure 51a) b) c)- Diagramme de synthèse des ambiances hydriques au pas de temps journalier à l'heure du minimum thermique	196

Figure 52a) b)- Diagramme de synthèse des ambiances thermiques au pas de temps mensuel	197
Figure 53a) b)- Diagramme de synthèse des ambiances hydriques au pas de temps mensuel	198
Figure 54 a) b) Synthèse globale des ambiances bioclimatiques de l'Atacora	199
Figure 55-a) b) Détail de la synthèse globale des ambiances en fonction des stress thermiques et hydriques ( par déficit ou par excès) au pas de temps mensuel	200 -201
Figure 56- Fréquence absolue du nombre de jours de pluies en phase diurne dans l'Atacora (moyenne (1971-1990)	209
Figure 57- Fréquence absolue des jours de pluie de diverses durées, en phase diurne dans l'Atacora de 1971 à 1990	210
Figure 58- Fréquence absolue des jours de pluie de diverses hauteurs, en phase diurne dans l'Atacora de 1971 à 1990	210
Figure 59- Ambiances thermiques dans deux salles de classe à Natitingou, en janvier 1993	218
Figure 60a) b)- Ambiances hydriques dans deux salles de classe à Natitingou en janvier 1993	218
Figure 61a) b)- Ambiances hydriques dans deux maisons à Natitingou en janvier 1993	219
Figure 62a) b) c)-Ambiances thermiques et hydriques dans deux salles de classe à Natitingou en mars 1993	221
Figure 63- Bioclimats humains, calendrier et horaire de travail dans l'Enseignement et dans les services administratifs et commerciaux	227
Figure 64- Bioclimats humains et calendrier agricole dans l'Atacora	228
Figure 65- Le rythme saisonnier du paludisme dans le monde	237
Figure 66- Le rythme saisonnier des affections des voies respiratoires dans le monde	242
Figure 67- Le rythme saisonnier de la bilharziose aux Philippines et à Bangui	245
Figure 68-Rythme annuel moyen de certaines maladies dans l'Atacora (1985-1994)	249
Figure 69-a) b) c)- Conditions de développement de l'anophèle et de la plasmodie dans l'Atacora au pas de temps décadaire (moyenne 1971-1990)	250

Figure 70- a) b) c)- Conditions de développement du virus de la rougeole dans l'Atacora au pas de temps décadaire (moyenne 1971-1990)	257
Figure 71-a) b) c)- Conditions de développement des germes de la broncho-pneumonie et de l'onchocercose dans l'Atacora au pas de temps décadaire (1971-1990)	258
Figure 72- Evolution ds cas cliniques (toutes affections confondues) de 1985 à 1994	265
Figure 73- Evolution de certaines maladies dans l'Atacora (1985-1994)	266
Figure 74a)- Variabilité du rythme annuel du paludisme dans l'Atacora (1985-1989)	273
Figure 74b)- Variabilité du rythme annuel de la broncho-pneumonie dans l'Atacora (1985-1989)	278
Figure 74c)- Variabilité du rythme annuel des diarrhée dans l'Atacora (1985-1989)	280
Figure 75a)b- Variation interannuelle des conditions thermiques de développement de l'anophèle et de la plasmodie dans l'Atacora (1985-1989)	274
Figure 76- Variation interannuelle des conditions hydriques de développement de l'anophèle et de la plasmodie dans l'Atacora (1985-1989)	275
Figure 77- Variation interannuelle des conditions de développement du germe de la broncho-pneumonie (1985-1989)	279
Figure 78- Prévalence des trois principales pathologies de l'Atacora de 1985 à 1989 (Test de Newman-Keuls à 5%)	290

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1- Tableau de contingence	34
Tableau 2- Débits annuels du Mékrou, de la Pendjari et de Magou	51
Tableau 3- Nombre de jours d'orage dans l'Atacora (1969-1985)	68
Tableau 4- Amplitudes thermiques et hygrométriques par décade dans l'Atacora (1971-1990)	81
Tableau 5- Les années très humides et les années très sèches, de 1961 à 1990, suivant les quintiles	94
Tableau 6- Synthèse des faux départs de la saison pluvieuse, à l'échelle pentadaire (V.M. Akouègniho, 1994)	96
Tableau 7a)- Répartition de la population du Bénin par département en 1979 et 1992	106
Tableau 7b)- Répartition de la population du Bénin par département et par tranches d'âges (%) d'après le recensement de 1992	107
Tableau 7c)- Répartition par sexes et par âges de la population de l'Atacora (%) d'après les recensements de 1979 et 1992.	108
Tableau 8- Gains en journées de travail à l'hectare par type de culture grâce à l'attelage dans l'Atacora	133
Tableau 9- Atacora : production agricole et pastorale, et rendement à l'hectare, lors de certaines campagnes (1981-1990)	135
Tableau 10- Revenu agricole annuel moyen dans l'Atacora en 1989	137
Tableau 11- Nombre de cas cliniques de certaines affections et leur coût de traitement par cas	148
Tableau 12- Pourcentage des sujets des tranches d'âge indiquées ayant fréquentés les services de santé de l'Atacora (1987-1989)	150
Tableau 13- Quelques recettes provenant de la pharmacopée traditionnelle béninoise	152
Tableau 14- Echelle de confort bioclimatique suivant les indices	178
Tableau 15- Méthode de synthèse des ambiances bioclimatiques	179
Tableau 16a) b)- Synthèse annuelle des ambiances bioclimatiques par station dans l'Atacora (%)	202-203

Tableau 17- Emotions qui animent les populations confrontées aux anomalies climatiques suivant les réponses des populations interrogées (nombre de réponses).	205
Tableau 18- Fréquence kéraunique dans l'Atacora (1971-1990)	207
Tableau 19- Ambiances biométéorologiques à la station de Natitingou (janvier 1993)	217
Tableau 20- Valeurs de certains paramètres biométéorologiques dans une maison à Tchilimina les 20 et 21 mars 1993	222
Tableau 21- Ambiances biométéorologiques sous abri à la station de Natitingou en mars 1993	222
Tableau 22- Variation thermique journalière dans les bâtiments et à la station synoptique à Natitingou mesures de la matinée et celles de l'après-midi (°C) du 6 au 15 janvier et du 18 au 23 mars 1993	223
Tableau 23- Opinion défavorable de diverses catégories socioprofessionnelles sur les éléments du temps, en fonction de leurs activités	232
Tableau 24- Occurrence de certaines maladies dans l'Atacora suivant enquêtes de terrain et données cliniques	261
Tableau 25- Quelques paramètres statistiques de variabilité	267
Tableau 26- Taux annuels de prévalence de certaines maladies dans l'Atacora (%)	268
Tableau 27-Taux de létalité de quelques maladies.	270
Tableau 28- Relation statistique entre paludisme et éléments du climat (régression)	284
Tableau 29-Relation statistique entre rougeole et éléments du climat (régression)	285
Tableau 30- Relation entre méningite, broncho-pneumonie et certains éléments du climat (khi-deux)	288
Tableau 31-Taux de fréquentation des centres de santé de l'Atacora par sous-préfecture de 1985 à 1989 (en %)	292

## Liste des photos

Photo 1a) : Dégâts dus à l'orage. Une classe détruite dans les environs de Boukoumbé	72
Photo 1b) : Dégâts dus à l'orage. Un arbre déraciné sur la route Djougou - Natitingou.	72
Photo 2 : Une salle de classe à l'école primaire publique de Tabota (Boukoumbé) Des ouvertures jouent le rôle de porte d'entrée et de fenêtres. Toiture en tôles sans plafond, sol non cimenté	117
photo 3a) : " Tata somba " (vue de face) vers Perma	122
Photo 3b) : " Tata somba " ( vue de dessus) vers Perma La seule ouverture, la porte d'entrée, est très petite.	122
Photo 4 : Maisons au milieu des arbres et des cultures à Natitingou124. Au premier plan: quelques pieds de mil et de papayer. A l'arrière plan : des manguiers	124
Photo 5 : Enfants nus dans les environs de Kota ( route Natitingou-Kouandé)	125
Photo 6 : Animation du marché local de Manta (Boukoumbé)	139
Photo 7 : Difficultés de voyage : véhicules défectueux, inadéquats et surchargés en bagages et en passagers	141

## LISTE DES ANNEXES

1- L'échantillon des enquêtes de terrain	314
2- Histogramme des résidus des cas de paludisme, de diarrhée et de broncho-pneumonie dans l'Atacora (1985-1989)	315
3- Pyramide des âges des populations du Borgou (a) et de l'Atlantique (b) en 1992	316
4- Problèmes de santé (coupures de journal)	317
5- Coûts des maladies suivant les traitements et les frais de pharmacie	318
6- Tableau des résultats de l'analyse de variance: paludisme (a), diarrhée(b) et broncho-pneumonie (c)	318
7- Questionnaire d'enquêtes de terrain	319-323