# UNIVERSITE DE LOME
**DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE**


# CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL : EVALUATION DE L'EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES AU TOGO

**MEMOIRE DE MAITRISE**


**Pessiezoum ADJOUSSI**

**Sous la direction de Kodjovi EDJAME**

***a***

*Mes parents :*

*Papa Paul Mawanki ADJOUSSI*
*Et*
*Maman Pauline Kéméalo KAMALO-ADJOUSSI*
*Pour tous les efforts et sacrifices consentis pour mon devenir,*
*vous méritez infiniment plus.*

# REMERCIEMENTS

La réalisation de ce document n'aurait pas abouti sans l'aide, à des degrés divers de certaines personnes envers lesquelles nous éprouvons de profonds sentiments de reconnaissance. Nous remercions :

- Monsieur **Kodjovi EDJAME**, qui a su patiemment et courageusement diriger ce mémoire, ses précieux conseils en climatologie et en informatique ne nous ont jamais fait défaut, il nous a offert un cadre de travail et de bonnes conditions matérielles et techniques, sans quoi ce travail n'aurait pas abouti ; plus qu'un Directeur, il a été pour nous un parent.
- Les membres du jury qui ont accepté apprécier en premier ce document.

- Le FEM et le PNUD pour le Projet qui nous a assisté matériellement et grâce auquel nous avons pu rédiger ce mémoire.

- Monsieur **K. BADAMELI**, dont les conseils nous ont agréablement motivé à toujours aller de l'avant.

- Monsieur et Madame **Mèwèzino KAMALO**, Madame **Tomwisso BATAKA** dont l'assistance ne nous a jamais manqué depuis le début de notre cursus universitaire. Vous avez consenti d'énormes sacrifices pour voir ma formation aboutir, recevez ici mes remerciements.
- Monsieur **Kpatcha BETEMA** et **Tanty Jacqueline ADAKE**, Monsieur **Tchiou ANIMAOU** pour tout le soutien que vous m'avez apporté dans l'élaboration de ce document, surtout dans la phase de collecte et de saisie de données, Dieu vous le rendra au centuple.

-Monsieur le Directeur des Services Météorologiques du Togo, et Monsieur **Telouh AWESSO** pour la cordialité des échanges et la facilité qu'ils nous ont accordé dans la phase de collecte de données.

- Tout le personnel du Projet "Changement Climatique", en particulier Mesdames **Catherine AMEGAN,** et **Gaëlle ACKEY,** pour la chaleur des échanges et concours qu'elles ont apportés.

- Notre jeune Frère **Akèdaguè ADJOUSSI** dit **Zeus**, pour tous les conseils et l'assistance spirituelle qu'il nous a apporté.

- Nos Frères et Sœurs, en Particulier Monsieur **Essohèina POUTOULI** et Monsieur **Justin ATCHALL**.

- Nos ami (es) Mlle **Nadège POROTE,** Monsieur **Landry Komi CAPITAINE**, **Didie**r **BAMALI**, **Jacqueline MAKOUHOUI** et Monsieur **Yves AWI** pour la cordialité des échanges fructueux que nous avons eu.

- Nos amis du Département de Géographie **Adéwi, Péssé, Daré** etc…

- Tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce document.

# SOMMAIRE

**Dédicace…….…ii**
**Remerciements…….……....iii**
**Sommaire……..iv**
**Résumé…….……..v**
**Introduction générale……...1**

**CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE ET METHODOLOGIE D'ETUDE..…...3**

1.1 - Présentation générale……..3
1.2 - Notion de changements climatiques……...7
1.3 - Méthodologie d'étude…….……...11

**CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DES REGIONS D'ETUDE...….21**

2.1- Le Littoral……...21
2.2- La région Maritime……30
2.3- La région des Plateaux……...35
2.4- La région centrale……...41
2.5- La région de la Kara……...48
2.6- La région des Savanes……54

**CHAPITRE 3 : ETUDE DE L'EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES REGIONAUX……..…63**

3.1- Les précipitations……..63
3.2- Les températures……79
3.3- L'humidité relative…….…89
3.4- L'insolation…….96

**CHAPITRE 4 : DISCUSSION DES RESULTATS…… 100**

4.1- L'interprétation ……100
4.2- L'augmentation de la température : les facteurs fondamentaux du réchauffement au Togo……104
**Conclusion générale……..109**
**Bibliographie……114**
**Liste des cartes……..117**
**Liste des tableaux……..117**
**Liste des figures……118**
**Table des matières……119**

# RESUME

L'introduction dans tout système climatique, d'un changement au niveau des éléments de base régissant le grand complexe climatique induit d'énormes modifications dans les traits d'ensemble du climat.

Partant de cette hypothèse et des techniques utilisées en statistique descriptive, des moyennes régionales ont été calculées afin de définir les comportements normaux des paramètres, avant l'analyse ou l'évaluation de leur comportement évolutif.

Le découpage climatique laisse ressortir six régions, obtenues à partir des températures moyennes annuelles et des hauteurs d'eau annuelles diversement enregistrées sur le territoire, avec chacune une certaine particularité que régissent, dans l'ensemble, les centres d'action de la circulation atmosphérique générale ouest-africaine : les anticyclones des Açores et de Ste Hélène.

Ayant la certitude selon certaines études du GIEC, qu'un effet de serre naturel maintient déjà la terre à une température supérieur à la norme, vu l'importance de l'effet des paramètres climatiques choisis sur la vie agricole, une analyse minutieuse de leur évolution s'impose aux fins d'une planification agricole à long terme.

Ainsi, selon les résultats du calcul des indicateurs mensuels d'anomalies, nous avons aujourd'hui la conviction qu'il y a :

- au niveau des températures un renforcement de la tendance en hausse des valeurs à tous les niveaux et dans toutes les régions du pays. La température moyenne globale du Togo a augmenté de ( +0,5°C ) par rapport a la norme de 1961 à 1990. Les valeurs minimales ont considérablement augmenté surtout sur le Littoral, tandis que Les maximales présentent une évolution très timide et assez nuancée.
- au niveau des précipitations, une péjoration générale est observée, à des degrés divers, elle varie suivant les régions et la longueur de la série d'observation.
- une légère augmentation des valeurs de l'humidité relative, davantage dans les régions septentrionales qu'au sud.
- Une diminution générale des durées d'insolation par rapport à la norme.

Selon nos projections pour 2025, s'il arrivait que ces tendances se maintiennent, et qu'aucune action ne s'entreprend dans le but d'atténuer le phénomène, la situation va s'empirer.

A cet effet, certaines mesures techniques et politiques de mitigation ont besoin d'être entreprises afin de protéger les générations présentes et futures.

# *Introduction générale*

Parmi les grands problèmes que doit affronter l'humanité à la fin de cette dernière décennie du vingtième siècle, celui que posent les changements climatiques ne cessent de gagner en importance.

En effet, depuis les années 1960, une série d'événements a fait passer les recherches sur le climat au premier plan de l'actualité. La gravité des crises qui ont favorisé l'appauvrissement alimentaire mondial, l'étendue des souffrances qu'ont éprouvé les pays africains de la région du Sahel au cours de la sécheresse des années 1968 - 1973 ainsi que bien d'autres problèmes d'ordres environnemental et social ont contribué à cristalliser l'attention sur les facteurs climatiques.

Quelqu'un disait un jour en plaisantant que, <<tout le monde parle du climat, mais personne ne fait rien pour le changer>>. Justement, on avait toujours pensé que l'homme n'avait aucune influence sur le climat. Aujourd'hui les scientifiques pensent de plus en plus le contraire. Selon les études des experts du GIEC, la température superficielle moyenne de l'air a augmenté de 0,3 à 0,6°c au cours des cent dernières années, le rejet dans l'atmosphère du dioxyde de carbone et d'autres gaz est pris pour cause principale de cette augmentation parce qu'il provoque des modifications atmosphériques à long terme.

Depuis une dizaine d'années, deux facteurs importants concernant les rapports entre l'homme et le climat de la terre ont été identifiés : l'utilisation des combustibles fossiles qui se solde par une augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, qui perturbent les cycles radiatifs du globe puis dans certaines régions, l'effet des aérosols (particules microscopiques en suspension dans l'air ayant tendance à refroidir l'atmosphère).

Bon nombre d'études et de travaux réalisés à cet effet sur le Togo par : EDJAME K. S "Changement Climatique Global : les syndromes perçus au Togo",

Dodé JOHNSON "impact microclimatique du lac artificiel de Nangbéto", Pawesitom AAWI " Contribution à l'étude de la vulnérabilité de l'agriculture dans le Nord Togo ; le cas de la préfecture de la Kozah" et d'autres ouvrages à l'échelle internationale tels que les différents rapports du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC ), et Gérard MEGIE dans "les conséquences d'un changement de composition de l'atmosphère sur l'équilibre de l'ozone", ne paraissent pas aborder de façon convaincante, l'étude de l'évolution du climat à l'échelle locale.

Les paramètres climatiques évoluent certes, mais comment évoluent - ils ? Quels-en sont les plus affectés dans le pays ? Et comment se comportent-ils par rapport au climat local ? Comment l'homme influence - t - il leur régime ? Telles sont les différentes questions auxquelles nous essayerons de répondre dans ce mémoire.

Pour y arriver, nous avons subdivisé notre étude en quatre grandes parties :

La première partie est destinée à la présentation de la zone d'étude, quelques notions de changements climatiques, à la méthodologie et à l'opportunité du sujet.

La seconde partie, présentera une étude des caractéristiques climatiques régionaux dans leur évolution normale, et décennale ;

La troisième partie sera consacrée à l'analyse du caractère évolutif des paramètres climatiques régionaux ; et l'interprétation des résultats de notre étude viendra achever l'ouvrage.

# *CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE ET METHODOLOGIE D' ETUDE*

## 1.1 - PRESENTATION GENERALE.

### 1.1.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Togo est l'un des plus petits pays de la sous - région ouest africaine. Il a une superficie de 56 600 km $^2$ et une population estimée à plus de 4 000000 d'habitants en 1997. Situé entre la République du Bénin à l'est, la République du Ghana à l'ouest et le Burkina Faso au Nord, il admet une frontière naturelle au sud. Il a une forme étirée entre 6° N et 11° N. Il s'étend sur une longueur de 600 Km à vol d'oiseau et sa largeur varie entre 50 km et 145 km. Lomé en est la capitale ; elle est située à l'extrême sud où le pays s'ouvre sur l'Atlantique par le Golfe du Guinée. (Carte 1 )

### 1.1.2 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

#### 1.1.2.1 - Aperçu climatologique général

La circulation atmosphérique du fuseau Ouest-africain est régie par deux principales cellules de haute pression : l'anticyclone des Açores au nord, l'anticyclone de sainte Hélène au sud.

En hiver boréal, l'anticyclone maritime des Açores et celui continental au-dessus du Sahara deviennent très actifs et s'associent pour donner un puissant centre d'action situé surtout sur le désert du Sahara. Le flux continental sec, et très stable qui en résulte s'appelle alizé boréal ou harmattan. C'est un vent sec et froid de secteur nord - est.

**Carte n°1** : Situation du Togo

**Légende**

1- Globe terrestre

2- Le continent africain

3- Le Togo

L'anticyclone sainte Hélène, en été boréal, devient prépondérant. Il émet un flux maritime humide et chaud appelé mousson. A l'origine de composante sud - est, il atteint les côtes du golfe de Guinée dans une direction sud - Ouest à cause de la déviation par la force de Coriolis au passage de l'équateur. C'est un flux assez instable.

Comme on le remarque, les deux masses d'air présentent beaucoup de différences. Elles soufflent simultanément. L'air sahélien advectif vers le sud et vers l'ouest est très chaud et très sec alors que l'air de mousson advecté vers le nord et l'est, est nettement moins chaud et plus lourd, plus humide. Ces raisons thermiques et dynamiques expliquent la naissance d'une surface de discontinuité appelée, Front Intertropical (F I T ), ou Zone de convergence Intertropicale (Z C I T), ou encore Equateur météorologique. C'est une zone de délimitation qui sépare les alizés boréals constitués de masses d'air sahélien ou soudanais de composante nord-est à est, et les alizés australs constitués de masses d'air maritime de composante sud (TELOUH, 1985), une zone qui se déplace beaucoup, poussée par la puissance du flux issu des hautes pressions de l'hémisphère se trouvant en saison froide : l'alizé nord-est pendant l'hiver boréal, et mousson du sud-ouest pendant l'hiver austral (il faut noter que ce flux de mousson étant un alizé au départ est un vent chaud et sec, donc n'entraînant pas de pluies, mais traversant l'océan atlantique, se charge d'humidité et change de secteur en traversant l'équateur, devenant ainsi un flux de mousson dans la basse troposphère ). Outre le changement du secteur sud-est en secteur sud-ouest des vents qu'on remarque en Afrique de l'ouest, l'arrivée du FIT est également caractérisée par une brusque augmentation de l'humidité de l'air, donnant à la ZCIT une structure hétérogène. C'est de cette hétérogénéité que dépendent majoritairement les précipitations en Afrique de l'ouest, au Togo notamment. (Figure n°1 )

Ces mouvements atmosphériques que nous avons étudiés plus haut définissent les caractéristiques d'un climat tropical chaud et humide. Ce climat

couvrant tout le fuseau ouest-africain est également celui dont jouit le Togo, mais son étirement en latitude (6°-11°) nord fait qu'on y observe certaines variantes de.

**Figure n°1** : Circulation atmosphérique générale ouest africaine.

**Source** : Atlas du Togo, 1981

Dans le sud du Togo, jusqu'au 7e parallèle règne un climat subéquatorial ou guinéen avec quarte saisons, deux saisons pluvieuses, une grande de mars à juillet avec un maximum en juin et une petite de Septembre à Octobre ; l'amplitude thermique annuelle y varie peu. Une autre caractéristique de ce climat est le nombre élevé de mois secs (4 mois), et les plus faibles totaux pluviométriques (Lomé 911 mm) bien que cette partie du Togo soit située sur la côte en bordure de l'océan atlantique et à proximité des centres de basses pressions équatoriaux.

Le climat soudanien est la seconde variante. Il règne au nord du pays au - delà du 7e parallèle ; il est caractérise par un régime unimodal. Il n'y a qu'une seule saison de pluie dont la durée diminue progressivement du sud vers le nord. La seconde caractéristique est l'amplitude thermique annuelle qui est très marquée.

Entre ces deux extrêmes se trouve une zone de transition autour du parallèle 7. On y observe deux régimes : bimodal et unimodal, exemple d'Atakpamé où on n'a pratiquement pas de saison sèche ( JOHNSON, 1997).

Le climat togolais est comme on le voit, celui régnant dans toute l'Afrique de l'ouest surtout humide et côtière. Cependant, le Togo paraît ne pas profiter de sa position en bordure de l'océan, à cause de l'anomalie climatique du Sud -Togo.

## 1.2 - NOTIONS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Par changements climatiques, le groupe de travail I du GIEC entend, toute évolution du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines.

Cette définition diffère de celle de la convention - cadre des nations - unies sur les changements climatiques (CCNUCC ), où l'on entend par changements climatiques, des variations du climat directement ou indirectement dues à une activité humaine qui modifient la composition de l'atmosphère globale et qui viennent s'ajouter à la variabilité climatique naturelle observée au cours de périodes comparables ( CCNUCC, 1992 ).

CHOISNEL (1992), cité par JOHNSON (1997 ) ira plus loin en mettant beaucoup plus l'accent sur l'équilibre énergétique du système terre- océan - atmosphère. Pour lui, le changement climatique a une ampleur assez importante. Ce changement correspondrait à " une modification importante de l'équilibre énergétique du système terre -océan -atmosphère, conduisant à un changement irréversible du climat moyen et concerne à priori le globe terrestre dans l'ensemble ".

Et au suédois LANSBERG de renchérir en définissant le changement climatique comme étant " le déplacement des conditions climatiques sur le globe et de ce, fait localement, l'apparition d'une nouvelle condition d'équilibre".

Il apparaît donc au fil de ces différentes perceptions de la notion du changement climatique qu'il s'agit d'un profond bouleversement du climat moyen

normal sur une longue période, un changement dans lequel la distribution statistique des valeurs des éléments climatiques est modifiée d'une façon significative dans la mesure où les données reflètent essentiellement une nouvelle population de valeurs, autrement dit une nouvelle gamme de climats.

Cette notion de changement du climat est cependant à distinguer de l'anomalie ou fluctuations climatiques qui reflètent un écart temporaire souvent radical par rapport à la moyenne ou à la zone centrale de la distribution de fréquence d'un élément climatique. Après un tel écart, la situation revient toutefois à la normale ou aux valeurs d'un excès dans le sens opposé.

La notion de changements climatiques comme tous les autres concepts varie d'un chercheur à un autre, d'un scientifique à un autre. Cependant tous cherchent à expliquer un même phénomène : l'évolution dans le temps et dans l'espace des paramètres du climat, liée aux activités anthropogéniques et entretenue par l'effet de serre .

### 1.2.1 - L' EFFET DE SERRE ET SES ORIGINES

L'effet de serre est le réchauffement de la basse atmosphère par un filtrage sélectif du rayonnement infrarouge émis. Il a été découvert par le Prix Nobel de chimie en 1908, le Suédois SVANTE ARRHENIUS ( 1959 - 1927 ). On l'appelle effet de serre par analogie aux serres dans les pays tempérés, sous lesquelles sont cultivées les plantes délicates notamment tropicales au cours des périodes trop froides.

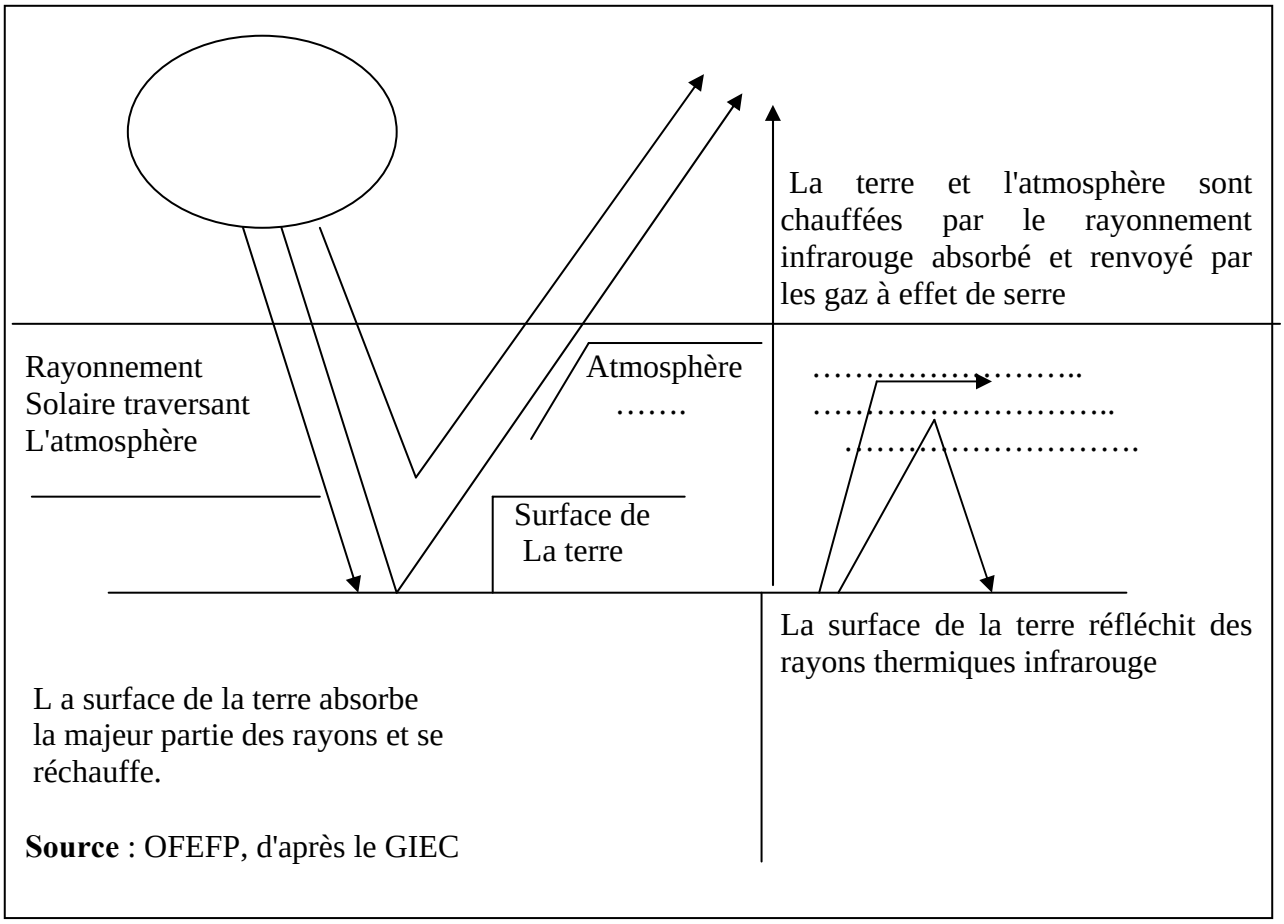
Pour, J. TRICART (1988 ), cité par JOHNSON l'effet de serre se définit comme, "le réchauffement de la basse atmosphère au contact du sol, autrement dit, le climat tel qu'il résulte d'une moins bonne conductibilité thermique de cette atmosphère vers l'espace ", selon lui toujours, " le principe même de l'effet de serre a pour effet un accroissement de température".

Son mécanisme est simple. En effet, le rayonnement lumineux à courte longueur d'onde qui arrive directement du soleil, centré sur une longueur d'onde de 0,6 um, et dont une part est réfléchie par la haute atmosphère d'un jour clair sans y

être absorbé par ses différents gaz, échauffe la surface de la terre, continent, océan, glace et donc évidemment, la biosphère.

Cette surface échauffée émet à son tour un rayonnement de grande longueur d'onde vers l'espace, dans le domaine de l'infrarouge ( spectre s'étendant sensiblement de 4 à 80um, centré vers 15um ). Cette fois - ci une partie importante de ce rayonnement est abordée et reémis vers la terre par les molécules de certains gaz de l'atmosphère, non pas par ses constituants principaux, l'azote et l'oxygène, mais par la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone troposphérique et depuis quelques années les gaz organo - halogénés dits, CFC ( chlorofluo - carbures ) tous à l'état de trace. A tous ces flux radiatifs, il faut ajouter les flux convectifs, dont la plus grande partie correspond au flux de chaleur latente ( évaporation et condensation de l'eau ). ( Figure n°2 )

**Figure n°2** : L'effet de serre.



### 1.2.2 - LES GAZ A EFFET DE SERRES D' ORIGINE ANTHROPIQUE ET LEURS PRINCIPALES SOURCES DANS LE MONDE.

#### 1.2.2.1 - Les principaux gaz à effet de serre d'émission anthropique.

L'atmosphère, les océans et la biosphère ont été soumis exclusivement pendant des millions d'années aux cycles naturels. Aujourd'hui, l'homme est le principal facteur influent sur l'environnement. Notre mode de vie et notre économie ont pour effet d'augmenter la concentration des gaz présent dans l'atmosphère à l'état de trace, ces gaz provoquent l'effet de serre. L'effet calorifique de la serre augmente : elle nous réchauffe !

Le tableau n° 1 indique la liste des gaz d'émission anthropique retenus comme étant responsables de l'effet de serre.

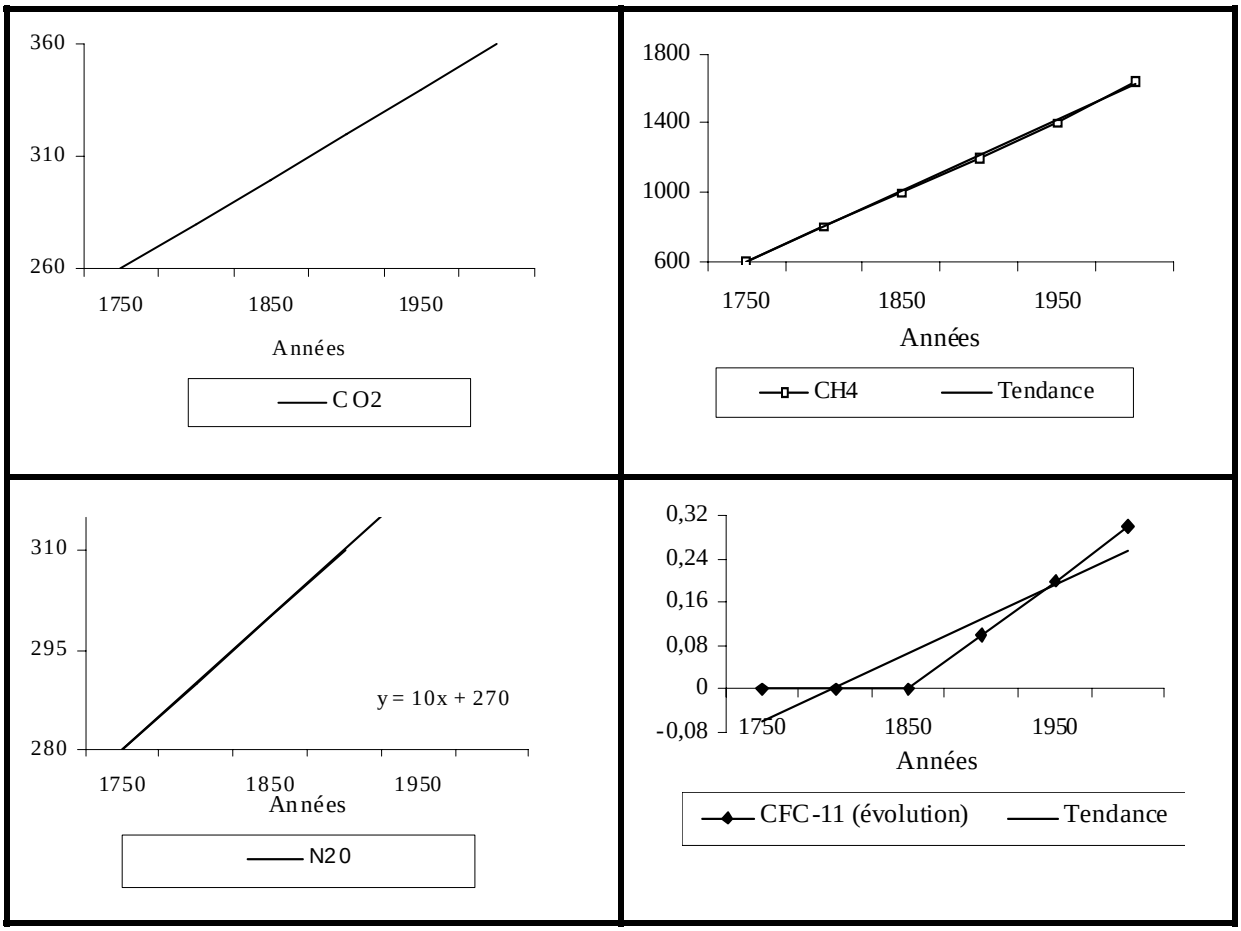



**Figure n°3** : Evolution dans le monde des principaux Gaz à effet de serre.

Tableau n°1 **: Les principaux gaz à effet de serre**

| Formules chimiques | Nom du gaz |
|---|---|
| CFC | Chlorofluorocarbone |
| CFC - 11 | Tétrafluorométrane ($CF_4$) |
| CFC - 116 | Hexafluoroéthane (C2F6) |
| $C_2F_6$ | Hexafluorométhane (CFC 116) |
| $CF_4$ | Tétrafluorométrane (CFC - 116) |
| $CH_4$ | Méthane |
| $CO_2$ | Dioxyde de carbone |
| HCFC | Hydrochlorofluorocarbone |
| HFC | Hydrofluorocrbone |
| $N_2O$ | Oxyde Nitreux |
| $NO_X$ | Oxydes d'azote |
| PFC | Hydrocarbure perfluoré |
| $SF_6$ | Hexafluorure de soufre |
| $SO_2$ | Dioxyde de soufre |
| $SO_X$ | Oxydes de soufre |
| **Source** : GIEC, 1996 | |

La troisième conférence des parties (COP3), tenue à Kyoto en décembre 1997, à retenu un "panier" de six gaz, étant considérés comme les principaux responsables de l'effet de serre ( Tableau n°2 ).

Tableau n°2 : **Panier des six gaz concernés par le protocole de Kyoto.**

| Gaz | Formules chimiques | Potentiel de réchauffement sur 100 ans |
|---|---|---|
| Dioxyde de Carbone | CO2 | 1 |
| Méthane | CH4 | 21 |
| Oxyde nitreux | N2O | 310 |
| Hydrofluorocarbones | $C_XH_YF_Z$ | entre 140 et 11700 |
| Perfluorocarbones | $C_XF_Y$ | entre 6500 et 9200 |
| Hexafluoride sulfuré | SF6 | 23900 |
| **Source** : Intergovernmental Panel on Climate change (IPCC), radiative Forcing of climate change, the 1994 rapport of the scientific assessment working of IPCC, summary for polycy markers, 1994 | | |

## 1.3 - METHODOLOGIE D' ETUDE

### 1.3.1 - PROBLEMATIQUE

Les changements climatiques constituent un des problèmes préoccupant du monde actuel où l'homme, par souci de développement, n'hésite pas à porter

atteinte à son environnement ou mieux à son écosystème. Le choix de tout modèle de développement nécessite une connaissance parfaite du climat, de ses réactions et interactions, de son évolution dans le temps et dans l'espace. Cette connaissance n'est malheureusement pas cernée par l'homme, qui pour satisfaire ses besoins vitaux, en particulier énergétiques, alimentaires, etc., détruit des systèmes écologiques entiers pour l'installation d'industries, de centrales thermiques, nucléaires, des exploitations agricoles, etc., polluant l'atmosphère.

Ainsi, sous l'effet de la pression démographique et de ses incidences sur le climat, l'humanité toute entière est en proie aux changements climatiques dont les signes précurseurs sont déjà perceptibles à l'échelle régionale voir planétaire. Cette situation inquiète la communauté internationale. Selon les scénarios les plus pessimistes du GIEC, la terre risque d'enregistrer une croissance de 3 à 5°C d'ici l'an 2100 si rien n'est fait pour freiner la croissance de la production anthropique des GES.

Cependant, grande est l'incertitude au sein du monde scientifique. Au moment où le monde entier cherche des solutions au problème du réchauffement planétaire, certains entrepreneurs, pétroliers, et charbonniers, constitués en la " Global Climate Coalition" qui est un groupe de pression, s'opposant bien évidemment à la limitation de l'effet de serre, engagent une polémique à travers les grands journaux américains . Mais, la réalité subsiste et toutes les voies y convergent : il s'agit du réchauffement planétaire qui, ne laisse personne indifférent.

Au Togo, le souci du confort et d'industrialisation, entraîne l'importation massive des engins occasion, notamment des véhicules, des réfrigérateurs ( fonctionnant au CFC ), des machines d'industries… ( très polluantes installées dans la zone franche de Lomé), dépassées ou dont on ne vent plus dans les pays développés. Comme conséquences, on note un réchauffement très sensible des différentes villes du pays, surtout de Lomé la capitale où une récente étude de BAMALI, (2000) ; révèle une augmentation de la température de l'ordre de 1,4 °C. Il ressort de ce constat que l'usage incontrôlé de véhicules vieillissants, d'usines

polluantes, etc…, détériore progressivement notre environnement et notre climat par la nature des gaz qu'ils émettent. Or, selon le dernier rapport ( 1999 ) de la Direction du Transport Routier , le parc auto compte actuellement plus de 100.000 véhicules, un nombre sans cesse croissant.

Au moment où les pays développés déploient d'énormes efforts pour préserver l'équilibre de leur écosystème, notamment, celui du climat, les pays en développement en général, et le Togo en particulier, contribuent de diverses manières à une dégradation du leur, soit par l'importation et l'usage des engins de seconde main ou d'industries très polluantes, soit par des systèmes intensifs de cultures, à Anié par exemple, ou encore par "l'exploitation directe des bois destinés à la vente ou à la consommation", BIGNAN, 1996 ; or " la végétation se développe par l'assimilation chlorophyllienne, qui absorbe du $CO_2$ , et chaque tonne de bois ( qui est du carbone C ), s'il n'est ni brûlé ni décomposé, représente un gain net en oxygène, une réduction du $CO_2$ ", René DUMONT, 1989.

Aujourd'hui, la dégradation du climat togolais n'est certes pas très avancée, en particulier dans le nord du pays où les "réseaux" de pollution ne sont pas encore très étendus, et assez denses ; il est cependant menacé par l'action sans cesse croissante de l'homme.

- Quel est donc l'état actuel des paramètres climatiques dans les six régions climatiques du pays ?
- Pouvons-nous associer les populations locales à la lutte contre les changements climatiques et à la gestion de l'environnement ?
- Quelle serait leur part de responsabilité dans cette dégradation ?

### 1.3.2 - INTERET DU SUJET

Notre thème d'étude est d'actualité, parce que la question du changement climatique est aujourd'hui un des domaines privilégiés de la recherche scientifique. Cependant, l'essentiel de ces recherches ou des efforts de réduction des GES se limite aux grandes puissances industrielles, car pense-t-on, l'Afrique et

les autres pays du Tiers Monde ne polluent pas pour le moment assez et devront " surseoir momentanément aux limitations de leurs émissions, afin de protéger leurs efforts de développement industriel".

Il est certes vrai que le Tiers Monde a besoin de développement. Mais le mal étant plus facile à éradiquer à ses débuts, nous avons choisi ce thème pour attirer l'attention de nos pouvoirs publics et des populations sur l'état actuel de notre climat et des dangers que nous courons s'il arrivait à changer. A travers ce mémoire, et les résultats que nous espérons escompter, nous pensons pouvoir montrer que le processus s'est déjà déclenché dans notre pays et a atteint un niveau de non retour, et qu'il est temps d'agir si nous voulons éviter le pire.

### 1.3.3 - OBJECTIFS ET HYPOTHESES DE LA RECHERCHE

#### 1.3.3.1 - Les objectifs généraux

L'objectif principal de nos travaux, vu l'intérêt capital que suscite le thème, vise, grâce à l'analyse des moyennes régionales de ces paramètres climatiques sur toute l'étendue du territoire, à quantifier l'évolution actuelle des paramètres et à mettre en évidence le phénomène de réchauffement et du changement climatique au Togo. Ces travaux permettront en outre de redéfinir la nouvelle gamme climatique sur l'ensemble du territoire.

#### 1.3.3.2 - Objectifs spécifiques

Ils consistent à :

- Redynamiser et actualiser l'étude du climat au Togo, au regard de l'intensification de l'effet de serre,
- Mettre en évidence la corrélation entre les activités humaines et l'évolution du climat,
- Attirer l'attention des populations et des pouvoirs publics sur les effets néfastes des changements climatiques,
- Aider par les résultats de nos travaux à la planification de mesures plus efficaces, notamment dans la recherche et la sélection de nouvelles variétés agricoles adaptées à la nouvelle gamme de climats.

#### 1.3.3.3 - Hypothèses de la recherche

Partant de nos observations et constats, et du fait qu'aucun développement ne peut se faire sans atteinte à l'environnement, étant donné que l'homme vit dans, et de son milieu naturel avec lequel il établit des relations interactives, et s'aidant des différentes mutations que connaît notre pays et qui se traduisent par :

- L'urbanisation accrue,
- L'importation massive de véhicules d'occasion,
- Le phénomène "zémidjan" ou flux de taxis-moto,
- L'importation d'appareils électroménagers fonctionnant au CFC ( réfrigération, climatisation, etc… )
- La pollution accrue de nos villes
- La déforestation, etc.

les hypothèses suivantes ont été formulées :

a) les Chercheurs du GIEC ont établi une relation entre les changements climatiques et les gaz à effet de serre qui sont essentiellement d'origine anthropique. Un doublement du $CO_2$ suffirait à augmenter de plusieurs degrés la température de la terre. Or les activités, mieux les sources de ces substances ne cessent de se multiplier dans notre pays. Cet état induirait la hausse de leur concentration dans l'atmosphère, à coup sûr, une modification certaine des paramètres climatiques en l'occurrence la température.

b) Les besoins énergétiques, le faible pouvoir d'achat des togolais ( ceux-ci ne peuvent pas se procurer du gaz naturel ), et la destruction chaque année sans remplacement, de grandes superficies de forêts naturelles pour des besoins domestiques ( bois d'œuvre et charbon de bois.). Les grands pôles de destruction sont essentiellement les Plateaux et la région centrale. Or la superficie forestière togolaise est très faible. Le domaine classé couvrait en 1990, 810.000 ha, soit 14 % de la superficie du pays. L'estimation du taux de déboisement permet, selon un rapport conjoint

PNUD/Banque Mondiale, rapport N° 5221 - TOG, de situer le chiffre des superficies déboisées à 1.740.000 ha chaque année. Cette situation alarmante entraînerait non seulement une baisse de la pluviosité, mais réduirait également l'étendue des puits de carbone par conséquent l'augmentation de la température ambiante avec toutes les implications possibles.

c) Le couplage de ces deux facteurs fondamentaux avec d'éventuelles complications ou rétroactions du cycle naturel du climat au Togo pourrait accélérer le phénomène à l'échelle de notre pays en particulier et de la planète en général.

Nos recherches seront dans l'ensemble guidées par ces trois points de départ.

### 1.3.4 - DEROULEMENT DES TRAVAUX

Dans le souci premier de vérifier nos hypothèses de recherche et d'atteindre les objectifs fixés, nous avons au préalable procédé à la collecte de données climatiques, ces valeurs ont ensuite subi un traitement susceptible de nous fournir les résultats escomptés.

#### 1.3.4.1 - Collecte des données climatiques

***A/ PARAMETRES D' ETUDE***

Quatre aspects ont été fondamentalement considéré :

La température a été étudiée sous quatre principaux aspects : la température moyenne mensuelle maximale, la température moyenne mensuelle minimale, la température moyenne mensuelle et l'amplitude thermique.

Les précipitations ont été étudiées en tenant uniquement compte des hauteurs mensuelles régionales.

L'humidité relative a été analysée sous trois aspects ; l'humidité relative moyenne mensuelle, l'humidité relative maximale moyenne mensuelle, et l'humidité relative minimale moyenne mensuelle.

Pour l'étude de l'insolation, nous avons considéré l'insolation mensuelle.

### *B/ LES PRINCIPALES STATIONS D' OBSERVATION*

Les données régionales avec lesquelles nous avons travaillé proviennent des données du réseau des stations d'observation du Togo. Au total 21 stations ont été prises en compte, nous aurions aimé, pour que notre étude soit plus proche de la réalité, qu'il aie beaucoup plus de stations répondant à nos critères de sélection, notamment la longueur de la série. Le tableau n°3 indique la nature de ces stations.

Tableau n° 3 **: Identification des stations**

| Code | | Noms de stations | Types de stations | Latitude | | | Longitude | | | Altitude ( M ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ORSTOM | ASECNA | | | Degré | Minute | SE | Degré | Minute | SE | |
| 0000100 | X097 | Lomé-Aéro | Synop | 6 | 10 | N | 1 | 15 | E | 20 |
| 0004000 | X095 | Aného | P | 6 | 14 | N | 1 | 36 | E | 11 |
| 0005800 | X098 | Baguida | P | 6 | 10 | N | 1 | 22 | E | 5 |
| 0015400 | X068 | Notsé | Clim | 6 | 57 | N | 1 | 11 | E | 150 |
| 0020800 | X085 | Tsévié-ville | P | 6 | 26 | N | 1 | 13 | E | 95 |
| | | Danye | P | | | N | | | E | |
| 0004900 | X052 | Atakpamé | Synop | 7 | 35 | N | 1 | 7 | E | 400 |
| 0016600 | X070 | Kpalimé | Clim. | 6 | 53 | N | 0 | 39 | E | 205 |
| 0018100 | X078 | Tabligbo | Synop. | 6 | 35 | N | 1 | 30 | E | 51 |
| 0012100 | X076 | Kouvé | P | 6 | 40 | N | 1 | 25 | E | 150 |
| | | Kouma-konda | Clim | | | N | | | E | |
| 0017800 | X038 | Sotouboua | P | 8 | 34 | N | 0 | 59 | E | 380 |
| 0017500 | X033 | Sokodé | Synop | 8 | 59 | N | 1 | 7 | E | 400 |
| 0006700 | X040 | Blitta | P | 8 | 20 | N | 0 | 59 | E | 350 |
| 0013300 | X022 | Kara-ville | P | 9 | 33 | N | 1 | 11 | E | 290 |
| 0016300 | X017 | Pagouda | P | 9 | 45 | N | 1 | 19 | E | 430 |
| 0015100 | X016 | Niamtougou | Synop | 9 | 46 | N | 1 | 6 | E | 461 |
| 0014500 | X010 | Mango | Synop | 10 | 22 | N | 0 | 28 | E | 146 |
| 0007900 | X005 | Dapaong-ville | P | 10 | 51 | N | 0 | 12 | E | 300 |
| 0006100 | X009 | Barkoissi | P | 10 | 32 | N | 0 | 18 | E | 163 |
| | | Borgou | P | | | N | | | E | |

**Source** : Télouh AWESSO, 1996

### *C/ DONNEES DISPONIBLES*

#### *a - Données pluviométriques mensuelles*

Les données pluviométriques dont nous disposons sont les données mensuelles de hauteur d'eau des 21 stations retenues du pays. Ces stations sont choisies suivant les critères ci-après :

- Disponibilité des données sur une période de 38 ans, de 1961 à 1990 (normale) et de 1991 à 1998.
- Répartition spatiale assez uniforme des stations sur l'ensemble du territoire.

Parmi toutes ces stations retenues, nous avons :

- 6 stations synoptiques
- 3 stations climatiques
- 12 stations pluviométriques ( Tableau 3 )

#### *b - Données de températures*

Sur les 21 stations seules les données de 8 stations sont disponibles pour les périodes allant de :

1961 à 1998 pour Lomé-aéro, Tabligbo, Atakpamé, Sokodé, Mango, et Kouma konda.

De 1981 à 1998 pour Dapaong, Niamtougou, Kara, Sotouboua.

#### *c - Données d'humidité relative*

De toutes ces stations, 8 disposent de l'humidité relative moyenne mensuelle allant de

- 1961-1998 pour Lomé-aéro, Tabligbo, Atakpamé, Sokodé, Mango, Kouma-konda.
- 1981-1998 pour Niamtougou, Kara-ville.

#### *d - Données d'insolation*

Il s'agit des données mensuelles disponibles essentiellement au niveau des stations synoptiques, suivant une échelle de temps dépendant de la date de création du site.

### 1.3.4.2 - Traitement de données

Tous les traitements ont été réalisés à l'aide du support informatique, sur la feuille de calcul EXCEL 97.

Pour le traitement numérique des données, la caractéristique de valeur centrale la plus utilisée, la moyenne arithmétique a été sollicitée pour le calcul des valeurs régionales. Sa formule est :

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i \qquad \textbf{(1)}$$

Nous avons pour plus de précision préféré d'autres caractéristiques notamment les quintiles, qui divisent la série en cinq parties égales, ainsi nous avons $Q_1$; $Q_2$; $Q_3$; et $Q_4$. Les valeurs obtenues par le calcul des différents quintiles sont 20 % ( $Q_1$ ), 40 % ($Q_2$ ), 60 % ($Q_3$ ), 80 % ($Q_4$ ). Pour une distribution donnée, cela signifie, pour chacun de ces pourcentages, qu'il est inférieur à cette valeur. Exemple, 20 % des valeurs sont inférieurs à $Q_1$ ; 40 % à $Q_2$ ; 60 % à $Q_3$ ; etc… La médiane est ici égale à : $\frac{Q2 + Q3}{2}$

D'autres caractéristiques de dispersion ont été utilisées.

L'amplitude thermique, qui est l'une des caractéristiques de dispersion absolue, représente la différence entre deux valeurs extrêmes d'une variable. Elle a été utilisée pour la détermination de l'intervalle de variation entre la température maximale et celle minimale.

Outre cette caractéristique de dispersion absolue utilisée, il y a également l'écart type ($\sigma$) qui correspond à la racine carrée de la somme des carrés des différences entre les valeurs mensuelles d'un paramètre observé et la moyenne de la station divisée par le nombre d'observations.

La formule est :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{x})^2 ni}{\sum ni}} \qquad \textbf{(2)}$$

Pour mieux comparer ces valeurs mensuelles du point de vue de leur dispersion, nous avons calculé les coefficients de variation (V %).

$$V\ \% = \frac{\sigma}{\overline{X}}.100 \qquad \textbf{(3)}$$

Aussi, afin de mieux apprécier l'évolution mensuelle et interannuelle des paramètres, nous avons sollicité les indicateurs ou indices mensuels d'anomalies ( I. A ), préalablement définis et employés par NICHOLSON, 1988. Il s'agit concrètement d'une variable centrée réduite, dont voici la formule :

$$I.A = \frac{Xi - \overline{X}}{\sigma} \qquad \textbf{(4)}$$

Ce premier chapitre, nous a permis de voir clairement le cadre conceptuel dans lequel s'inscrit notre étude, et les diverses connaissances sur les changements climatiques. Mais, c'est le traitement statistique de ces valeurs d'observation qui nous permettra de faire des études fructueuses et intéressantes afin d'évaluer les différentes variations de comportement relevées dans le climat, comme les chapitres suivants le montreront bien.

# *CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DES REGIONS D' ETUDE*

L'étude de la variabilité du climat est capitale pour la vie sur la planète. Car indubitablement, les changements climatiques ont toujours des incidences sur les systèmes naturels, la santé et le bien-être des sociétés. Cependant, cette évolution ne saurait être appréhendée que si l'on connaissait au préalable, les comportements, les caractéristiques normales des paramètres climatiques à étudier. Il s'avère donc indispensable en prélude à cette analyse et afin d'évaluer et de quantifier efficacement cette évolution, de procéder à une fine analyse des comportements saisonniers et inter annuels du climat dans les différentes régions d'étude, dans le but d'expliciter le plus clairement possible les traits caractéristiques du climat moyen préexistant.

Le découpage régional a été fait en se basant fondamentalement sur les hauteurs d'eau normales et les températures moyennes annuelles normales diversement enregistrées sur le territoire. Cet aspect nous a permis, tout en conservant les dénominations administratives, de découper le territoire en six régions climatiques à savoir ( Carte 2 ):

- *Le littoral*
- *La région maritime*
- *La région des plateaux*
- *La région centrale*
- *La région de la Kara*
- *La région des savanes*

## 2.1- *LE LITTORAL*

### 2.1.1 GENERALITES

Nous entendons par littoral, la portion de terre recevant l'influence directe de l'océan. Il s'étend entre le cordon littoral sableux et l'isohyète 900 mm. D'ouest en

Est, il s'étend de Lomé à Aného. C'est la zone la plus industrialisée du pays avec l'installation de la zone franche industrielle dans la zone portuaire, elle est également très équipée en infrastructures hôtelières et administratives. Sur le plan agricole, c'est une zone qui ne connaît pas le développement d'intenses activités agricoles, seul le maréchage s'y développe excellemment. Les précipitations sont faibles la normale se situe autour de 800 mm.

### 2.1.2 - LES PRECIPITATIONS

Par définition, elles désignent tous corps liquides ou solides qui tombent du ciel, (neige, pluie, grêle, etc.). Sous cette rubrique, nous nous intéresserons principalement à l'évolution inter mensuelle et saisonnière des quantités de pluie tombées au cours de la période ( 1961-1990 ) dans les différentes régions d'études.

Le littoral tout comme les autres régions du pays est soumis aux migrations au sol de l'équateur météorologique (FIT). Cette migration imprime à la zone un régime pluviométrique de type bimodal.

#### *A-) LE REGIME PLUVIOMETRIQUE*

" Le régime pluviométrique est la répartition de la hauteur des précipitations annuelles entre les diverses périodes, le plus souvent entre les divers mois de l'année " ( PEGUY , 1961).

Le littoral connaît un régime bimodal caractérisé par quatre saisons : deux saisons pluvieuses, une grande et une petite ; deux saisons sèches une grande et une petite également.

Pour déterminer les différentes saisons, nous avons utilisé une méthode très simple qui consiste à définir les valeurs-seuils pour déterminer le caractère sec ou humide d'un mois ou d'une saison. Cette méthode nécessite l'utilisation des hauteurs de pluie mensuelle et les données de températures mensuelles correspondantes observées au cours d'une période de 30 ans. A cet effet, un mois est dit :

**Carte n°2** : Régions climatiques du Togo.

- écologiquement sec si $P \leq 2T$
- écologiquement subsec si $2T \leq P \leq 3T$
- écologiquement subhumide si $3T \leq P \leq 4T$
- écologiquement humide si $P \geq 4T$

➢ La saison humide

La hauteur annuelle normale calculée à partir de trois stations d'observation ( Lomé Aéroport, Aného et Baguida ), au cours de la période allant de ( 1961 à 1990 ) est évaluée à 874,8 mm, une quantité qui devrait être plus importante vu la latitude à laquelle se situe la zone. Nous observons au cours de l'année des saisons pluvieuses inégalement réparties :

- la première saison, la plus longue, débute en mars et s'achève en juillet, elle dure cinq mois. Très pluvieuse, elle atteint son maximum en mai et juin respectivement à 148,2 mm et 234,4 mm. [ Figure 4]
- la seconde saison, très brève est moins arrosée, elle couvre les mois de septembre et octobre, les deux mois enregistrent respectivement 74,7 mm et 76,2 mm .

Contrairement à ce que l'on aurait pensé, le littoral est moins arrosé que les régions de l'intérieur, notamment le proche littoral, ou la région maritime.

➢ La saison sèche

A l'instar de la saison humide on observe également deux périodes de sécheresse au cours de l'année :

- la grande saison sèche, dure 4 mois et est surtout caractérisée par l'extrême indigence des précipitations avec une moyenne de 61,7 mm soit un déficit moyen de l'ordre de 750 mm par rapport aux deux saisons de pluies. D'énormes disparités entre les hauteurs mensuelles de pluies sont observées ; ce qui nous amène à distinguer les mois écologiquement secs

notamment les mois de janvier (6,2 mm) et de décembre (9,5 mm), des mois écologiquement subsecs tels le mois de février (25,8 mm) et le mois de novembre (20,2 mm), ces deux derniers mois constituent la charnière entre la saison humide et la saison sèche.

- La petite saison sèche est très courte, centrée sur le mois d'août. Elle a la particularité d'être moins sévère, surtout avec l'installation du courant marin froid de Benguela sur la côte togolaise en août qui adoucit les températures. Les précipitations au cours de cette période sont plus importantes par rapport à la première saison, 37,1 mm. [ Figure n°4 ]

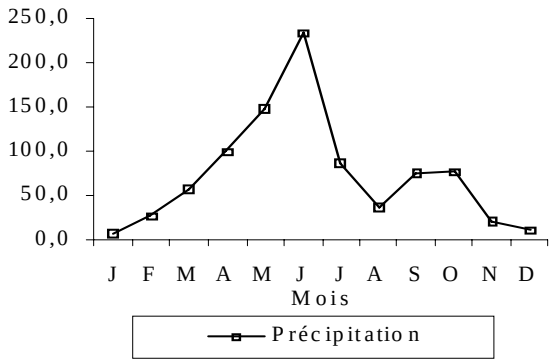



**Figure n°4** : Précipitations moyennes mensuelles sur le Littoral

### 2.1.3 - LES TEMPERATURES

La température est un élément déterminant du rayonnement et du bilan énergétique. C'est aussi un paramètre capital dans la caractérisation des climats.

Pour mesurer ou déterminer la température de l'air, on dispose d'un thermomètre à maximum qui relève la température la plus élevée de la journée et d'un thermomètre à minimum qui donne la température la plus basse de la journée. La demi-somme de ces deux extrêmes donne la moyenne. C'est une donnée très importante en ce sens qu'elle est " la plus utilisée et sert également d'élément de différenciation entre les différentes zones climatiques ".

Cette analyse portera essentiellement sur les températures maximales, minimales et moyennes.

#### 2.1.3.1 - Les températures maximales moyennes mensuelles

D'une moyenne annuelle de 30,7°C, les températures maximales sont, en général, plus élevées en saison sèche qu'en saison humide. Les mois enregistrant les températures maximales les plus élevées sont les mois de février (32,3°c), mars (32,5°c) et avril ( 32,1°c), le second pic est observable durant la seconde saison sèche, notamment aux mois de novembre et de décembre(31,6°c) ( Tableau n°4 ).

Ce rythme thermique sera atténué par l'arrivée de la mousson et des premières pluies. C'est surtout au mois d'août, que l'on observe les plus basses valeurs maximales moyennes mensuelles de température pouvant baisser jusqu'à 28°C.

#### 2.1.3.2 - Les températures minimales moyennes mensuelles.

Leur distribution saisonnière est similaire à celle des maxima moyens mensuels, avec des allures très proches [Figure n°6]. Les diverses phases de chaleur et de fraîcheur sont observées au cours des mêmes périodes :

* Les minima les plus élevés sont atteints en février et mars respectivement à 24°C et 24,5°C.

La seconde période de chaleur est observée au cours des mois d'octobre et novembre voir décembre( Tableau n°4 )

* Les plus faibles valeurs s'observent par contre en juillet, août, septembre, à 22,5°C, 22,3°C et 22,5°C.

#### 2.1.3.3 - La température moyenne mensuelle

Elle est la demi-somme des températures maximales moyennes et des minimales moyennes mensuelles .

L'analyse de sa courbe révèle l'existence de deux périodes de chaleur avec un léger fléchissement au niveau de la seconde ( Figure n°5 ).

Cette caractéristique est d'ailleurs commune à toutes les régions du pays. Mais l'important, étant de voir l'état moyen de la température dans les zones climatiques du Togo, nous remarquons que le Littoral est l'une des zones du pays où la température est relativement moins élevée , la normale moyenne annuelle est égale à 26,9°C.

- Le premier pic de chaleur s'observe en mars/avril respectivement à ( 28,5°C) et (28,2°C), le second en novembre (27,3°C). Ceci se comprend aisément d'autant plus que c'est essentiellement au cours de ces périodes que observent les durées d'insolation les plus élevées ( Tableau n°4 ).

- La saison froide s'observe manifestement au cours de la grande saison humide et de la petite saison sèche, avec des valeurs moyennes mensuelles apparemment faibles (25,4°C) et (25,2°C) en juillet et août respectivement. Ce qui s'explique bien par le fait des effets combinés des précipitations et du courant marin froid ( Figure n°6 ).

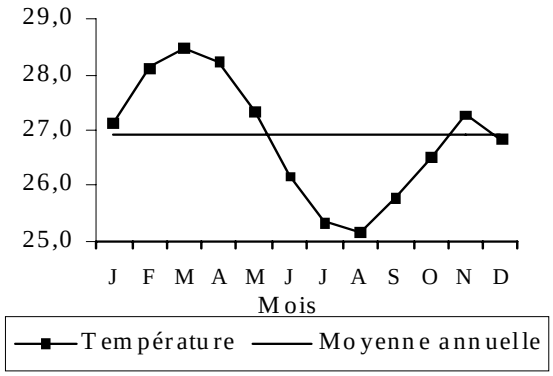



**Figure n°5** : Température moyenne mensuelle sur le Littoral

### 2.1.3.4 - L' Amplitude thermique moyenne mensuelle

L' Amplitude thermique est la différence entre la température maximale moyenne et la température minimale moyenne. Elle est exprimée en degré celsus. Généralement faible en régime thermique tropical, ses valeurs dépendent surtout de la dispersion des extrêmes par rapport à la moyenne. En effet , plus les extrêmes s'éloignent des valeurs centrales, plus l'amplitude augmente; plus

elles se rapprochent du centre plus l'amplitude diminue. Sur le Littoral l'amplitude thermique est plus élevée en périodes sèches, janvier (9,2°C), février (8,3°C) et mars (8°C), c'est au cours de cette saison que l'étendue de la distribution moyenne mensuelle de température est très grande, tandis qu'elle est faible en saison humide juin, juillet, respectivement (4,8°C) et (4,3°C) puis en septembre (5,6°C) (Tableau n°4 ).

Tableau n°4 **: Températures moyennes mensuelles**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T°C moy. | 27,1 | 28,1 | 28,5 | 28,2 | 27,3 | 26,2 | 25,4 | 25,2 | 25,8 | 26,5 | 27,3 | 26,8 | 26,9 | 1,1 | 4,1 |
| T°C min. | 22,5 | 24 | 24,5 | 24,4 | 23,5 | 22,8 | 22,5 | 22,3 | 22,5 | 22,8 | 22,9 | 22,6 | 23,1 | 0,8 | 3,5 |
| T°C max. | 31,7 | 32.3 | 32,5 | 32,1 | 31,3 | 29,6 | 28,2 | 28 | 29 | 30,4 | 31,6 | 31,6 | 30,7 | 1,6 | 5,2 |
| Ampl.Ther | 9,2 | 8,3 | 8 | 7,7 | 7,8 | 6,8 | 5,7 | 5,7 | 6,5 | 7,6 | 8,7 | 9 | 7,6 | 1,6 | 5,2 |

**Légende :**

T°C moy. : Température moyenne

T°C max. : Température maximale moyenne mensuelle

T°C min. : Température minimale moyenne mensuelle

Ampl. Therm. : Amplitude Thermique

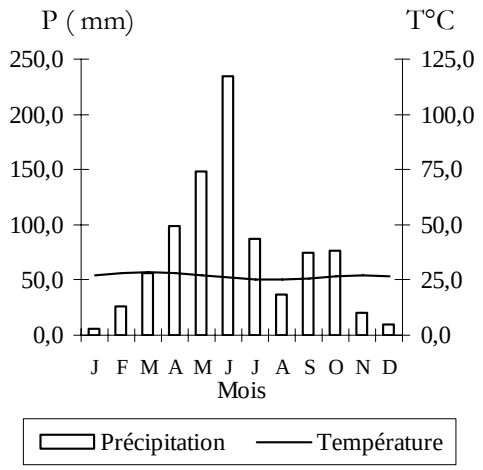



**Figure n°6** : Diagramme ombrothermique sur le Littoral

### 2.1.4 - L' HUMIDITE RELATIVE MOYENNE MENSUELLE

L'humidité relative ou degré d'hygrométrie est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la masse d'eau contenue dans l'air et celle que contiendrait le même volume s'il était saturé.

L'humidité relative sur le Littoral est constamment élevée avec une moyenne mensuelle supérieure à 80% (Figure n°7). Son évolution saisonnière est étroitement liée aux précipitations et à l'évaporation. C'est surtout en saison humide que l'on observe les maxima les plus forts, 98% en juin et septembre .

Les minima les plus bas sont par contre enregistrés en périodes connaissant une forte évaporation, il s'agit essentiellement des mois de janvier (55,6%) et février (59,4%).( Tableau n°5).

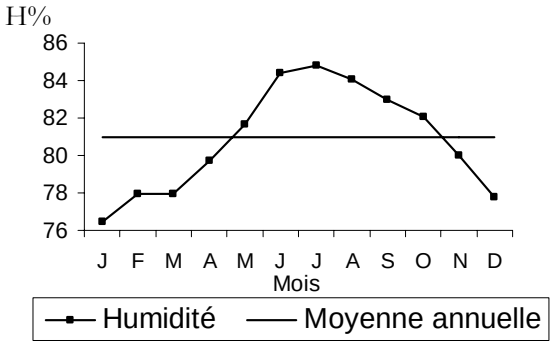



**Figure n°7** : Humidité relative moyenne mensuelle sur le Littoral

Le niveau de l'humidité relative atmosphérique n'est pas surprenant étant donné la proximité de l'océan, des différents courants marins, et des masses d'air (mousson ) qui se succèdent sur la côte chargeant ainsi l'atmosphère d'humidité.

**Tableau n° 5 : Humidité relative moyenne mensuelle**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H% (max.) | 97.4 | 96.5 | 95.5 | 96.4 | 97.5 | 98 | 96.8 | 96.2 | 96.6 | 97.6 | 98 | 97.8 | 97 | 0.8 | 0.82 |
| H% (moy.) | 76 | 78 | 78 | 80 | 82 | 84 | 85 | 84 | 83 | 82 | 80 | 78 | 81 | 2.9 | 3.58 |
| H% (min.) | 55.6 | 59.4 | 60.4 | 63 | 65.8 | 70.9 | 72.8 | 71.9 | 69.4 | 66.5 | 62 | 57.7 | 64.6 | 5.8 | 8.97 |

**H% (max. )** : Valeurs maximales ; **H%** (min.) : Valeurs minimales ; **H%** (moy ) : Valeurs moyennes.

### 2.1.5 - L'INSOLATION

C'est la durée durant laquelle le soleil a été visible. Elle est largement dépendante des saisons. L'observation du rythme d'insolation révèle de longues durées moyennes mensuelles au cours de la période allant d'octobre à mai. Il s'agit de la période au cours de laquelle les activités pluviogènes sont faibles par

conséquent, le ciel est moins couvert. La moyenne mensuelle d'heures se situe au–delà des sept heures ou un cumul moyen annuel de 78,5 heures.

La saison humide est moins ensoleillée, la moyenne mensuelle se situe au tour des 4,5 heures, ce qui s'explique par l'importance du plafond très persistant en cette saison (Figure n°8 ).

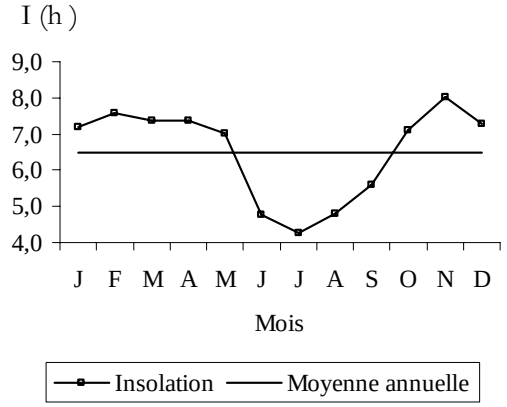



**Figure n°8** : Insolation mensuelle sur le Littoral

Le littoral ou frange côtière jouit d'un climat subéquatorial de type guinéen à quatre saisons, deux saisons humides et deux saisons sèches. Mais à l'opposé des zones situées à la même latitude telles Abidjan, Lagos etc… , le Littoral togolais connaît une sévère anomalie pluviométrique négative, enregistrant en moyenne 850 mm. Malgré l'indigence des précipitations, l'humidité relative y est constamment élevée, au-delà des 80 % ; les températures, elles, sont relativement atténuées dû à la proximité de l'océan qui joue son éternel rôle de régulation.

## *2.2 -LA REGION MARITIME*

Relativement petite, elle est caractérisée par l'isohyète 900 mm traversant la zone allant de la limite nord du cordon lagunaire (autrement dit au talus de Tokoin ) à la latitude d'Agbélouvé.

### 2.2.1 - LES PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

Recevant l'influence de l'océan, cette zone est géographiquement bien située pour bénéficier d'une importante pluviosité, ce qui n'est pas le cas, comme le montre la normale régionale, (942,3 mm), calculée sur 30 ans (1961–1990).

#### 2.2.1.1 - Le régime pluviométrique

Il est bimodal, avec deux extrêmes, le premier en juin et le second en septembre octobre.

***A.)- LA SAISON DES PLUIES***

Il y en a deux : une petite et une grande.

- La grande saison des pluies, plus longue, dure cinq mois en moyenne. Elle débute en mars, les hauteurs mensuelles d'eau connaissent une croissance progressive et régulière jusqu'en mai/juin où elles atteignent leur maximum à 146,7 mm et 198,1 mm, puis commence un fléchissement en juillet, (88,8 mm), qui s'achève en août ;

- La deuxième saison de pluies, brève, couvre trois mois, de septembre à novembre. Son maximum est atteint en septembre à (100,1 mm) en moyenne. Les précipitations de cette saison sont moins importantes que la première (Figure n°9).

***B.)- LA SAISON SECHE***

Deux saisons également :

- La grande saison sèche, plus longue, a plutôt les caractéristiques d'une saison sèche de climat tropical soudanien. Les précipitations sont généralement faibles, les températures moyennes relativement élevées rendant la période très rude, contrairement à la situation de la région des plateaux, plus à l'intérieur. Elle débute en novembre et finit en février/mars avec le début de la grande saison des pluies, sa durée moyenne est de quatre mois. Le mois de janvier est le moins arrosé donc plus sec, il connaît l'arrivée de l'harmattan qui vient corser la situation par ses caractéristiques physico-chimiques restrictives. La quantité de pluie enregistrée au cours de ce mois est de 6,2 mm, ce qui le classe dans la catégorie des mois écologiquement très secs, $P<2t$.

- la petite saison sèche, très courte, est centrée sur le mois d'août. Son caractère sec est surtout accentué par le courant marin froid de Benguela qui s'installe sur la côte togolaise au cours de ce mois. Elle reçoit, une quantité de précipitations plus ou moins significative (51,3 mm). Contrairement à la grande saison sèche, moins pluvieuse et plus chaude, la petite saison est fraîche avec de coups de vents fréquents. La fin de la saison est marquée généralement par une hausse sensible des températures grâce à l'arrivée des masses d'air chaud et humide de la seconde saison de pluie (Figure n°9).

En dépit de sa situation très favorable, la région maritime connaît une faiblesse de sa pluviométrie. En effet, cette région située à une latitude de 6° N, est caractérisée par une isohyète de 900 mm, ce qui n'est pas normal. Par contre les régions de l'intérieur reçoivent des hauteurs de pluies supérieures aux 1000 mm, ceci, dû à l'anomalie climatique négative que connaît le Sud - Togo (Figure n°11 ).

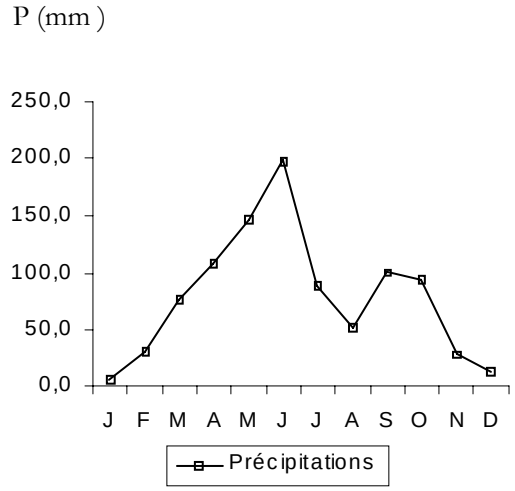



**Figure n°9** : Précipitation moyenne mensuelle dans la région maritime

### 2.2.2 - LES TEMPERATURES

Leur analyse nous permettra de mieux nous fixer sur le régime thermique en vigueur dans la région. La normale de températures, calculée sur 30 ans (1961-1990) est égale à 27,1°c. Cette norme connaît d'énormes fluctuations inter mensuelles et inter saisonnières (Figure n°10).

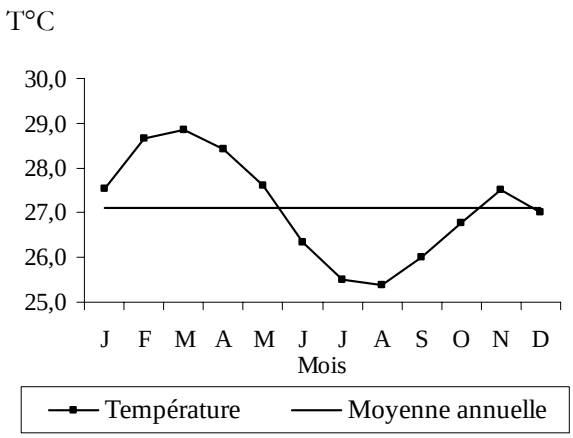



**Figure n°10** : Température moyenne mensuelle dans la région maritime

Le maximum moyen mensuel le plus élevé, est observé en janvier et est de l'ordre de 33,9°C, tandis que le minimum mensuel moyen le plus bas est relevé en août avec 21,9°C (Tableau n°6 ).

Le climat est constamment chaud sans être excessif, tout comme les autres régions climatiques du pays à l'exception de la région des savanes. Comme dans l'ensemble du monde tropical, l'amplitude thermique moyenne mensuelle n'est pas très élevée et varie entre 10,8°c en janvier et 6,6°c en juillet.

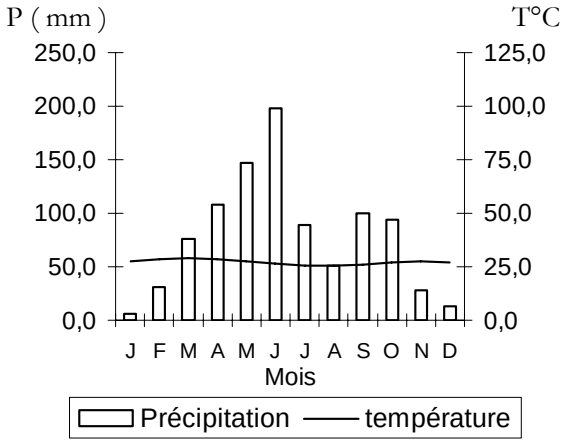



**Figure n°11** : Diagramme ombrothermique dans la région maritime

**Tableau n°6 : températures moyennes mensuelles**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T(°c)Max. | 32,9 | 33,9 | 33,7 | 33 | 32 | 30,2 | 28,8 | 28,8 | 29,9 | 31,1 | 32,4 | 32 | 31,6 | 1,8 | 5,7 |
| T(°c)Moy | 27,5 | 28,7 | 28,9 | 28,4 | 27,6 | 26,3 | 25,5 | 25,4 | 26 | 26,8 | 27,5 | 27 | 27,1 | 1,18 | 4,4 |
| T(°c)Min. | 22,1 | 23,5 | 24 | 23,8 | 23,2 | 22,5 | 22,2 | 21,9 | 22,2 | 22,4 | 22,6 | 22 | 22,7 | 0,72 | 3,2 |
| A.T. | 10,8 | 10,5 | 9,4 | 9,2 | 8,8 | 7,7 | 6,6 | 6,9 | 7,7 | 8,7 | 9,8 | 10 | 8,9 | | |

**T°C max**. : Valeurs maximales ; **T°C min**. : Valeurs minimales ; **T°C moy**. : Valeurs moyennes

### 2.2.3 - L' HUMIDITE RELATIVE MOYENNE MENSUELLE

Elle est constamment élevée, normalement de 78,5% avec de fortes variations mensuelles et saisonnières. Généralement la saison humide connaît de forts taux d'humidité relative avec des valeurs qui se situent au-delà des 80%. Le maximum moyen mensuel le plus élevé est observé en saison de pluies, au mois de juin le plus faible durant la saison sèche, avec l'augmentation du taux d'évaporation (Figure n°12). Cette baisse atteint parfois des valeurs limites comme 48,7% en janvier (Tableau n°7 ) :

- l'humidité relative maximale moyenne connaît au cours de l'année deux sommités, la première en juin, 97,6% et la seconde en novembre 97,7%, ces deux correspondent à la saison pluvieuse.
- les minima suivent l'allure des maxima avec cependant une moyenne mensuelle inférieure à 60,1% et un écart type inter mensuel de l'ordre de 7,5 %.

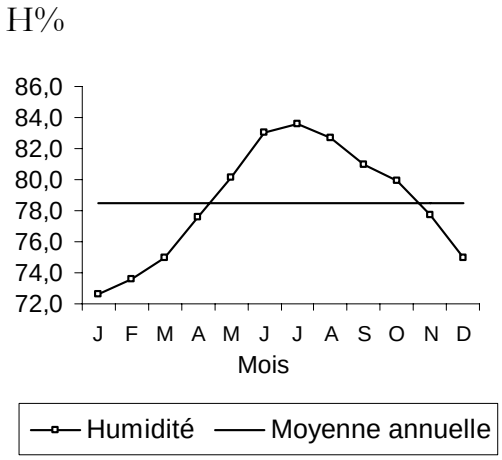



**Figure n°12** : Humidité relative moyenne mensuelle dans la région maritime

**Tableau n°7 : humidité relative mensuelle**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H% Max. | 96,6 | 96,3 | 95,7 | 96,5 | 97,3 | 97,6 | 96,8 | 96,4 | 96,6 | 97,4 | 97,7 | 97,3 | 96,8 | 0,6 | 0,6 |
| H% Min. | 48,7 | 50,9 | 54,2 | 58,8 | 63 | 68,5 | 70,4 | 69 | 65,3 | 62,6 | 57,7 | 52,6 | 60,1 | 60,1 | 1,7 |
| H% moy | 72,6 | 73,6 | 74,9 | 77,6 | 80,2 | 83,2 | 83,1 | 83,6 | 82,7 | 81 | 80 | 77,7 | 75 | | |

**H% ( max. )** : Valeurs maximales ; **H%** ( min.) : Valeurs minimales ; **H%** ( moy ) : Valeurs moyennes.

### 2.2.4 - L' INSOLATION MOYENNE MENSUELLE

Le cumul moyen annuel est élevé soit 71,7 heures, mais moins que le littoral. Les durées d'insolation enregistrées sont plus longues en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les allures moyennes mensuelles de la figure n°13 présentent les mois de février, mars, avril et novembre comme étant les plus ensoleillés.

A l'inverse, la saison humide est moins ensoleillée, en témoignent les valeurs des mois de juin (4,9 h) juillet (4,2 h), août (4,3 h) et septembre (5,1 h) (Figure n°13).

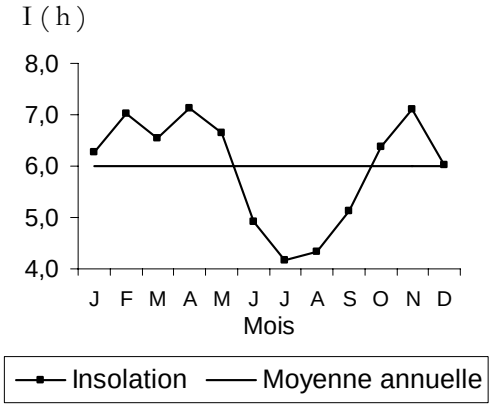



**Figure n°13** : Insolation mensuelle moyenne dans la région maritime

Le climat de la région maritime, tel que caractérisé dans ses grands traits, est un climat de type équatorial de transition à quatre saisons caractérisées par une faiblesse et irrégularité des précipitations qui se concentrent sur deux périodes de l'année : la grande saison de pluies de mars à juillet, et la petite saison des pluies de septembre à novembre. Cette région se singularise en Afrique de l'ouest par la faiblesse de ses précipitations. Cet état de chose constitue un véritable handicap économique que ne compense pas totalement la présence des trois cours d'eau côtiers de direction Nord – sud : le Mono, le Haho, le Sio. Les températures sont constamment élevées mais pas très excessives (27,1°c), l'humidité relative est également considérable (plus de 80%).

## *2.3 -LA REGION DES PLATEAUX*

Caractérisée par l'isohyète 1500 mm, elle produit la presque totalité du café et du cacao exportés, ses produits ont représenté en 1978 un peu plus de 38% de la

valeur totale des exportations et 97% de celles des produits agricoles. C'est une région qui s'étend de la latitude de Gamé à la latitude de Blitta. A l'échelle des produits vivriers, elle fournit plus de 35% du tonnage global des principales denrées alimentaires et constitue l'une des régions touristiques les plus visitées du pays.

### 2.3.1 - LES PRECIPITATIONS

Abondantes, tous les mois sont pratiquement pluvieux. C'est l'une des régions les plus pluvieuses du pays avec une normale de 1500 mm, malgré sa situation relativement avancée à l'intérieur des terres. La distribution mensuelle de ce cumul annuel normal définit ce que nous pouvons appeler un régime pluviométrique.

#### 2.3.1.1 - Le régime pluviométrique

Il est marqué par deux saisons pas très nettement distinctes l'une de l'autre étant donnée l'importance des précipitations mensuelles durant toute l'année.

##### *A-) LA SAISON PLUVIEUSE*

Tous les mois étant pratiquement pluvieux, cette différenciation n'a pas été aisée. Mais grâce à la méthode de calcul des valeurs-seuils exposée au (2.1.2) nous avons pu clairement discerner les contours de ces saisons.

La saison des pluies débute en février et s'achève en novembre / décembre, elle dure en moyenne 10 mois avec une légère dépression en août. Les hauteurs d'eau mensuelle varient d'un mois à un autre. L'analyse de l'ombrique révèle deux pics, le premier en juin à 223,4 mm et le second en septembre à 210 mm, avec une baisse de précipitations en août, une période que nous ne pouvons pas qualifier de sèche étant donnée l'importance de la hauteur d'eau mensuelle recueillie, supérieur aux 4 T. Au fur et à mesure que l'on s'avance à l'intérieur des terres, la petite saison sèche des régimes climatiques guinéens diminue d'importance, parfois devient inexistante, ce qui donne à la région, la caractéristique de transition climatique vers un régime unimodal à deux saisons franches.

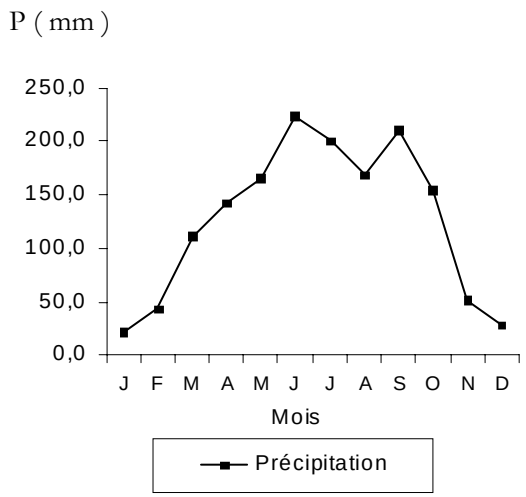



**Figure n°14** : Précipitation moyenne mensuelle dans les Plateaux

***B-) LA SAISON SECHE***

Très brève, elle couvre deux à trois mois relativement assez pluvieux, décembre (28,1 mm), janvier (21,2 mm) et février (42,7 mm).

### 2.3.2 - LES TEMPERATURES

Les températures moyennes mensuelles de la région des plateaux sont légèrement atténuées par l'importance des pluies et l'altitude de la région. Leur évolution mensuelle suit celui d'un régime thermique de type tropical. L'analyse de la courbe thermique en témoigne par ses deux périodes de chaleur. La première va de janvier à mai, les valeurs sont supérieures à 30°c sauf en mai où on note un léger début de fléchissement. Le mois de février est le plus chaud de l'année avec une température maximale de 33°C.

La seconde période de chaleur est moins longue et moins rude. Elle est observée au cours des mois de novembre et décembre avec 30,8°C.

Ces deux saisons chaudes contrastent avec le régime thermique maximal de la période de juin à octobre. En effet, les maxima en cette saison sont faibles, les plus basses valeurs sont enregistrées en juillet et août (26,9°C). [ Tableau n°8 ]

Les valeurs minimales présentent un comportement mensuel et inter saisonnier très proche des maxima moyens. Les différentes phases de fraîcheur et

de chaleur sont observées au cours des mêmes saisons (Figure n°15). Les plus basses valeurs sont enregistrées en août et septembre, 19,6°C.

Contrairement aux autres régions l'écart type inter mensuel des minima est très faible, autour de 0,6°C donc un fort regroupement des valeurs.

#### 2.3.2.1 - Températures moyennes mensuelles

Elles sont, nous ne saurons assez le dire, la demi-somme des maxima mensuels moyens et des minima mensuels moyens. Les valeurs de cette variante sont faibles avec une normale de 25,1°c, inférieure à celle des autres régions faisant de la région des plateaux la région la plus fraîche du pays. D'une manière générale, les valeurs sont élevées en février, mars, avril respectivement à 26,9°C, 26,8°C (Figure n°15). Cette canicule est rapidement atténuée par l'importance des activités pluviogènes qui la rabaissent jusqu'à 23,2°c en août (Figure n°16 ).

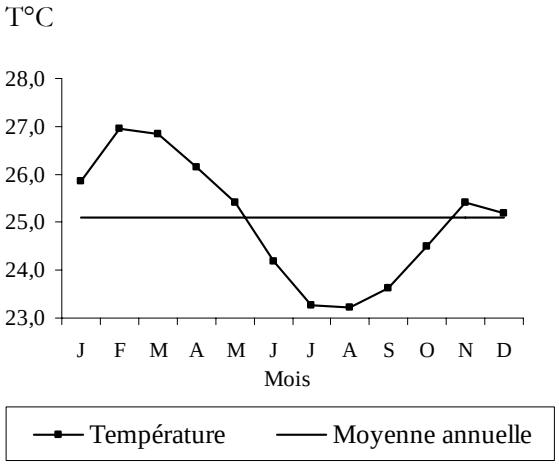



**Figure n°15** : Température moyenne mensuelle dans les Plateaux

#### 2.3.2.2 - L'amplitude thermique moyenne mensuelle

Son évolution inter mensuelle est très proche des trois premières variantes de températures à savoir les températures maximales moyennes, les températures minimales moyennes à partir desquelles elle est calculée d'où sa grande dépendance. Elle est élevée en saison sèche, janvier (11,7°c) et faible en saison des pluies, juin (8,2°c) juillet (7,2°c). (Tableau n°8). L'amplitude thermique ici est plus importante que dans la région maritime et sur le Littoral.

Tableau n°8 **: Températures moyennes mensuelles**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T°C max. | 31,7 | 33 | 32,6 | 31,3 | 30,3 | 28,3 | 26,9 | 26,9 | 27,7 | 29,2 | 30,8 | 30,6 | 29,9 | 2,1 | 7% |
| T°C min. | 20 | 20,8 | 21,1 | 21 | 20,6 | 20,1 | 19,7 | 19,6 | 19,6 | 19,8 | 20,0 | 19,8 | 20,2 | 0,6 | 2,9 |
| T°C moy. | 25,9 | 26,9 | 26,8 | 26,2 | 25,4 | 24,2 | 23,3 | 23,2 | 23,6 | 24,5 | 25,4 | 25,2 | 25,1 | 1,3 | 5,1 |
| Ampl.Ther | 11,7 | 12,2 | 11,5 | 10,3 | 10,7 | 8,2 | 7,2 | 7,3 | 8,1 | 11,4 | 10,8 | 12,8 | 9,7 | 1,5 | 15 |

**T°C max**. : Valeurs maximales ; **T°C min**. : Valeurs minimales ; **T°C moy**. : Valeurs moyennes ; **Ampl.Ther**. : Amplitude thermique

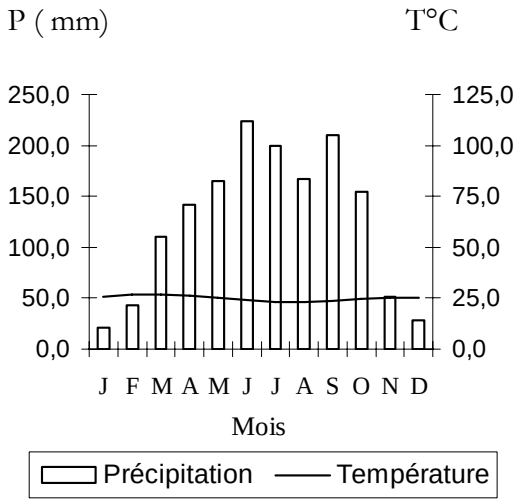



**Figure n°16 :** Diagramme ombrothermique dans les Plateaux

### 2.3.3 - L' HUMIDITE RELATIVE

L'importance des hauteurs d'eau journalière, décadaires voire mensuelles imprime un caractère particulier à l'humidité relative de la région des plateaux.

#### 2.3.3.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle

Elle est généralement élevée durant toute l'année, la plus faible valeur, observée, en janvier est égale à 75,4 %. Les autres mois sont au– dessus de cette valeur, l'importance des précipitations explique ce comportement. Les mois de juin, juillet, août, septembre enregistrent les valeurs les plus élevées, en moyenne 99 % (Tableau n°9).

#### 2.3.3.2 - L'humidité relative minimale mensuelle moyenne

Son allure n'est pas loin des maxima. La plus faible observation est faite en janvier (35,8%) tandis que les plus fortes sont enregistrées en juin, juillet et août, respectivement à 70 %, 77 % et 74 %. Cette dispersion évolue avec un écart type de 14,3 et un coefficient de variation de l'ordre de 23,87 %.

#### 2.3.3.3 - L'humidité relative moyenne mensuelle

Etant la demie somme de l'humidité relative maximale moyenne mensuelle et de l'humidité minimale moyenne mensuelle, son comportement est une sorte de synthèse des deux extrêmes, par conséquent suit étroitement leur régime (Figure n°17). Les valeurs sont impressionnantes, comme le montre le tableau n°10, la norme est de l'ordre de 76,6 %.

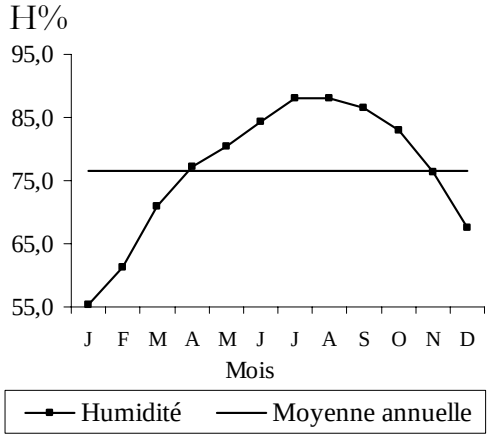



**Figure n°17** : Humidité relative moyenne mensuelle dans les Plateaux

Tableau n°9 : **Humidité relative moyenne mensuelle**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H% max. | 75 | 83,9 | 92,2 | 95,4 | 96,6 | 98,1 | 99,1 | 99 | 99 | 98,2 | 96 | 86,1 | 93,2 | 7,6 | 8,15 |
| H% min. | 35,3 | 38,9 | 49,8 | 59,2 | 64,4 | 70,5 | 77 | 77 | 74 | 67,8 | 56,6 | 48,9 | 59,9 | 14,3 | 23,8 |
| H% moy. | 55,3 | 61,4 | 71 | 77,3 | 80,5 | 84,3 | 88 | 88 | 86,5 | 83 | 76.3 | 67,5 | 76,6 | 10,8 | 14,1 |

**H% ( max. )** : Valeurs maximales ; **H%** ( min.) : Valeurs minimales ; **H%** ( moy ) : Valeurs moyennes.

### 2.3.4 - L' INSOLATION MOYENNE MENSUELLE

A l'instar des autres régions climatiques du pays, la durée d'insolation moyenne mensuelle est plus élevée en période de faible ou d'absence totale de pluie. La norme

annuelle est égale à 75,8 heures. Les mois les moins ensoleillés sont évidemment les mois de juin, juillet, août et septembre (Figure n°18).

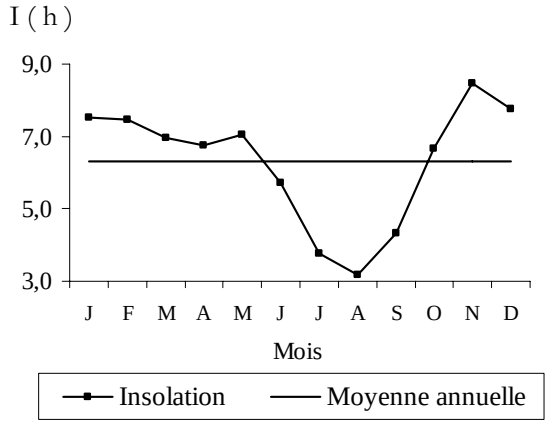



**Figure n°18 :** Insolation mensuelle moyenne dans les Plateaux

La région des plateaux, comme nous venons de nous en rendre sûrement compte au cours de cette analyse des données mensuelles, calculées à partir des données journalières et décadaires, des différents paramètres climatiques, est une région de transition climatique entre le climat guinéen à quatre saisons et celui tropical humide à deux saisons bien distinctes. Les précipitations sont très abondantes, la normale est de 1500 mm. Cette quantité de pluie est très intéressante pour l'agriculture, la région est l'un des greniers du pays avec une diversité culturale (maïs, mil, pomme de terre et igname etc...). C'est aussi l'un des poumons de l'économie du pays grâce à sa production du café, coton et du cacao.

## *2.4 - LA REGION CENTRALE*

### 2.4.1 - SITUATION

Comme l'indique son nom, elle est située au centre du pays et couvre une zone allant de la latitude de Blitta à la latitude de Bafilo. Les principales villes sont : Sokodé (chef lieu de la région), Sotouboua, Blitta, Bafilo et Tchamba.

### 2.4.2 - LES PRECIPITATIONS

#### *A ) LE REGIME PLUVIOMETRIQUE*

- La saison humide ou pluvieuse

Les quantités de pluie tombées sont " normalement " évoluée à 1300 mm, une quantité non négligeable dont les 9/10 sont observés en saison de pluies qui dure en

moyenne 7,5 à 8 mois de mars à octobre, soit plus de 93 %. Il ne s'agit cependant que d'une normale, cette durée oscille d'une année à l'autre et affecte sérieusement les calendriers agricoles, surtout en début de saison. Tantôt elle est précoce, dans les 2e et 3e décades du mois de mars, ou très tardive au cours des deux dernières décades d'avril. Les fins de saison sont généralement brusques marquées par des orages et des averses de courtes durées observables déjà au cours de la dernière décade du mois de septembre. Mais c'est surtout l'harmattan un vent sec et chaud soufflant du désert vers la côte, qui marque, par son apparition au cours des 1 ère décades de novembre, la fin de la saison des pluies, soit autour du 365è jour du calendrier Julien.

La courbe unimodale de précipitations présente une asymétrie assez significative à gauche. Ce qui indique que la période d'installation de la saison des pluies dans la région est plus longue et plus lente que son retrait. Ces précipitations mensuelles ne sont cependant pas uniformément réparties, le maximum est atteint en août à 270,7 mm en moyenne. La dispersion s'effectue avec un écart type inter mensuel moyen de 88,9 mm et un coefficient de variation inter mensuel moyen équivalant à 87,2 %.

Les précipitations au cours de la saison des pluies, qui dure en moyenne 234 jours (A. TELOUH, M. V. K. SIVAKUMAR, 1996), sont bien reparties en générale sur toute la durée de la saison, ce qui permet à la région d'être sur le plan agricole très productrice, surtout la préfecture de Sotouboua qui est très douée dans la production de tubercules d'ignames et du sorgho et bien d'autres denrées alimentaires.

- La saison sèche.

Elle couvre 4 à 4,5 mois, de novembre à février/mars, plus précisément sur 131 jours en moyenne selon le calendrier Julien. C'est une période très faiblement arrosée avec en moyenne 70 mm de pluie. Un déficit de 1230 mm est donc observé, pour passer de la saison pluvieuse à la saison sèche, soit 94,61 %. Des mois très secs, sont enregistrés avec des hauteurs de pluies ne dépassant guère les 5 mm, tels les mois de décembre, et janvier qui observent respectivement 4,5 mm et 2,7 mm. Le mois de mars est le plus arrosé de cette saison avec 32,2 mm, marquant ainsi la période

charnière entre la saison sèche et la saison pluvieuse. Les mois de novembre et février connaissent une pluviosité plutôt moyenne, respectivement de 16,9 mm, et 12,9 mm (Figure n°19).

L'harmattan (qui est un vent chaud et sec, souvent chargé de poussière, venant du Sahara et soufflant sur l'Afrique de l'ouest notamment sur le Togo de novembre à février) renforce la sécheresse dans la région en décembre et janvier.

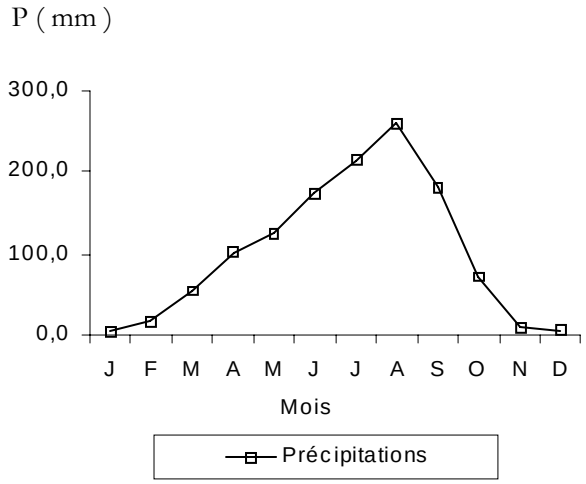



**Figure n°19** : Précipitation moyenne mensuelle dans la région centrale

Somme toute, la région centrale connaît un régime pluviométrique propice à la production agricole, notamment des cycles végétatifs les plus cours aux cycles les plus longs (sorgho). C'est le déséquilibre existant entre saison pluvieuse et saison sèche qui affecte sévèrement la vie des végétaux.

### 2.4.3 - LES TEMPERATURES

En un lieu donné la température est un élément déterminant du rayonnement et du bilan énergétique. C'est aussi un paramètre capital en agroclimatologie notamment dans les processus de croissance des végétaux.

#### 2.4.3.1 - Les Températures maximales

Les maxima de température sont généralement élevés dans la région centrale, situés au-dessus des 30°C. Les valeurs fluctuent énormément d'un mois à l'autre avec un écart type de 2,6°C et un coefficient de variation équivalent à 8 %. La saison sèche est la période la plus chaude de l'année. En effet, les températures les plus élevées y

sont observées, notamment aux mois de février et mars avec des moyennes atteignant les 35,7°C. L'une des caractéristiques importantes de cette période est l'apparition de vagues de chaleur à la limite du supportable. Les autres mois ne sont moins chauds que de quelques centièmes de degré celsus, novembre 34,1°C ; décembre 33,3°C ; et janvier 34,1°C.

Les températures maximales les plus basses sont enregistrées au cours du mois de septembre, à 28,5°C. La période de faible température maximale coïncide avec la saison humide qui vient apporter un coup de fraîcheur à la région.

**2.4.3.2 - Les Températures minimales moyennes mensuelles**

A l'inverse, les températures minimales présentent une courbe d'évolution contraire à celle des maxima. Autrement dit, elles présentent une configuration assez singulière. Les minima moyens les plus bas s'observent, durant la saison sèche : janvier (17,9°C), novembre (16,6°C) décembre (17,4°C).

Par contre les valeurs les plus élevées sont observées en mars (22°C) et avril (22,4°C), période de transition entre la saison sèche et la saison pluvieuse. Une fois installée, la saison pluvieuse maintient, jusqu'en septembre, les minima autour de 20-21°C du fait des flux de mousson chauds, humides et lourds ( Figure n°20 ).

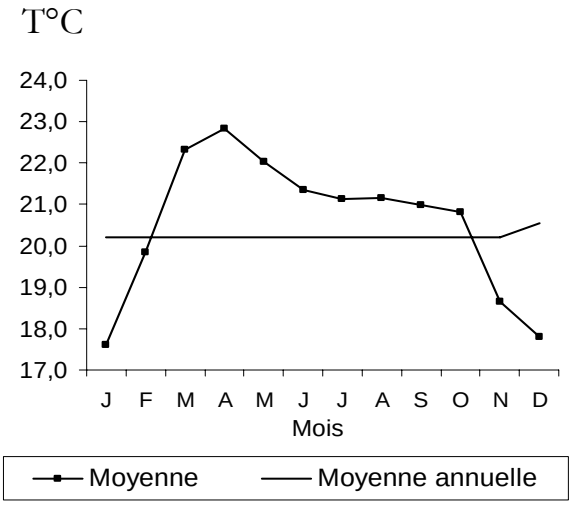



**Figure n°20 :** Température minimale moyenne mensuelle dans la région centrale

**2.4.3.3 - Les Températures moyennes**

Leur courbe présente deux maxima, avec une légère baisse du second. Ces deux pointes, la première en mars/avril et la seconde en octobre/novembre, indiquent des

épisodes de chaleur d'un régime thermique tropical. Cependant c'est particulièrement la première pointe située en mars/avril qui traduit mieux ce caractère. Les valeurs moyennes mensuelles se dispersent autour de 26,3°C avec un écart type inter annuel de 1,5°C et un coefficient de variation égale à 5,7 % (Figure n°21).

L'analyse de cette courbe révèle l'existence de deux périodes de fraîcheur relative:

- la première, observée au cours des mois de décembre et de janvier est très courte, avec des températures respectivement de 25,7°C et 25,9°C.
- la seconde, plus longue cinq mois, de juin à octobre, coïncide avec la période la plus arrosée de l'année.

D'une manière générale les moments de chaleur correspondent à la période transitoire entre la fin de la sécheresse et le début de la saison des pluies. La période froide corresponde par contre, d'une part à la période d'harmattan et d'autre part à la période d'intenses activités pluviogènes.

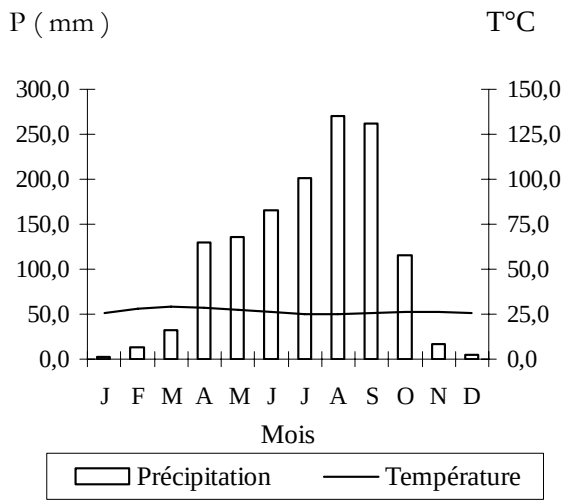



**Figure n°21 :** Diagramme ombrothermique dans la région centrale

### 2.4.3.4 - L'amplitude thermique

La différence entre les températures maximales et celles minimales est appelée amplitude thermique. Cette amplitude est fonction des extrêmes. Au fur et à mesure que ces derniers s'éloignent de la moyenne, comme nous l'avions dit plus haut,

l'amplitude augmente, elle baisse dans le cas inverse. En effet, on constate un creux qui s'étend sur cinq mois : mai, juin, juillet, août, septembre avec des amplitudes respectivement égales à 10,7°C ; 9,6°C ; 8,4°C ;8,2°C ; 8,8°C ; données situées quasiment en dessous de la moyenne mensuelle décennale égale à 12,45°C. Avec ces moyennes sur 10 ans (1982-1991), le comportement saisonnier de cette amplitude thermique présente des valeurs élevées, enregistrées essentiellement durant les saisons de chaleur, période au cours de laquelle les extrêmes s'éloignent considérablement des valeurs centrales, notamment aux mois de décembre, janvier, février, mars avec respectivement 15,9°C ; 16,2°C ; 15,7°C ; 13,7°C. Il faut remarquer que c'est surtout en période d'harmattan que les amplitudes thermiques sont très élevées, novembre (17,5°C) ; janvier (16,2°C), (Tableau n°11). Elle est également plus élevée ici que dans les trois précédentes régions étudiées.

Tableau n°10 : **Températures moyennes mensuelles**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T°C max. | 34,1 | 35,7 | 35,7 | 34,4 | 32,7 | 30,8 | 29,1 | 29 | 28,5 | 32 | 34,1 | 33,3 |
| T°C min. | 17,9 | 20 | 22 | 22,4 | 22 | 21,2 | 20,7 | 20,8 | 19,7 | 19,2 | 16,6 | 17,4 |
| T°C moy. | 25,9 | 27,8 | 29,3 | 28,6 | 27,3 | 26 | 25,5 | 24,9 | 25,4 | 26,3 | 26,3 | 25,7 |
| Ampl.Ther | 16,2 | 15,7 | 13,7 | 12 | 10,7 | 9,6 | 8,4 | 8,2 | 8,8 | 12,8 | 17,5 | 15,9 |

**T°C max**. : Valeurs maximales ; **T°C min**. : Valeurs minimales ; **T°C moy**. : Valeurs moyennes ; **Ampl.Ther**. : Amplitude thermique

### 2.4.4 - L' HUMIDITE RELATIVE MENSUELLE

#### 2.4.4.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle

Elle évolue au cours de l'année en fonction des saisons. La courbe des moyennes mensuelles sur 10 ans présente un extremum en août, durant la saison humide. Les autres valeurs mensuelles se dispersent autour de 86,3 % avec des écarts moyens allant de -7,2 % en janvier à 3,9 % en août. L'écart type de cette dispersion est égale à 12,5% avec un coefficient de variation de l'ordre de 14,48 %. L'augmentation de l'humidité de l'air atmosphérique au cours des mois d'avril à octobre s'explique par l'intensité des pluies. Comme on le remarque, le mois d'août est le plus pluvieux avec une humidité relative maximale qui atteint les 98,3 %. Le mois de janvier, milieu de la

saison sèche, connaît logiquement une humidité maximale très faible, la plus faible de la série 61,1% (Figure n°22 ).

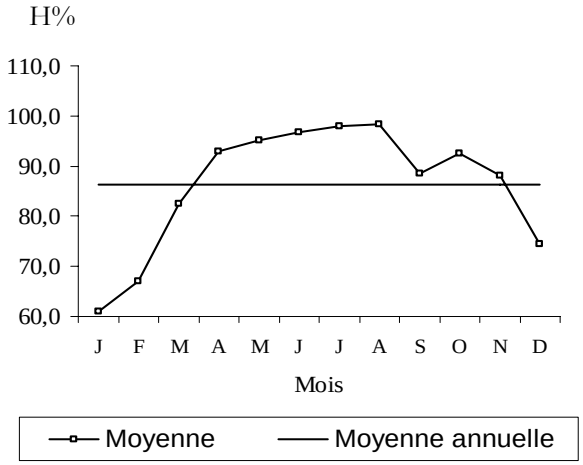



**Figure n°22** : Humidité relative maximale moyenne mensuelle dans la région centrale

**2.4.4.2 - L'humidité relative minimale.**

Contrairement aux comportements des maxima de températures moyennes qui présentent une allure légèrement opposée aux minima, les minima de l'humidité relative moyenne se calquent sur le comportement des maxima. La courbe présente une croissance régulière de janvier à août où elle plafonne à 68,8%. Puis en quatre mois elle rejoint son minimum de l'année en janvier (24,4%).

Somme toute, l'analyse du comportement des principaux paramètres du climat de la région centrale, nous permet de constater que cette région est le domaine d'un climat de type tropical humide caractérisé par deux saisons de durée inégale, 7 à 8 mois pour la saison humide et 4 à 5 mois pour la saison sèche, avec cependant quelques variations au Sud de la région à Blitta où tantôt, le climat est unimodal, tantôt bimodal. La température moyenne oscille autour de 26°c. De novembre à février, l'harmattan, vent chaud et sec issu des régions sahéliennes, y modifié la vie des êtres et des choses. Le mois de mars avec ses fortes chaleurs, marque la transition entre la saison sèche et la saison humide. En avril éclatent de gros orages annonciateurs de la saison des pluies qui ne débute véritablement qu'en juin avec un maximum en août. La fin de la saison est marquée en octobre par des tornades violentes et brèves.

Tableau n°11 **: Humidité relative mensuelle**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H% max. | 61,1 | 67 | 82,4 | 93 | 95,1 | 96,8 | 98,1 | 98,3 | 88,6 | 92,6 | 88,2 | 74,6 | 86,3 | 12,5 | 14,5 |
| H% min. | 24,4 | 25,9 | 36,3 | 49 | 56,5 | 61,9 | 67,9 | 68,8 | 65,8 | 53 | 35,9 | 27,6 | 47,7 | 17 | 35,5 |
| H% moy. | 42,7 | 46,5 | 59,3 | 71 | 75,8 | 79,3 | 83 | 83,5 | 76,8 | 73,2 | 62,1 | 51,1 | 67 | 14,3 | 21,3 |

**H% ( max. )** : Valeurs maximales ; **H%** ( min.) : Valeurs minimales ; **H%** ( moy ) : Valeurs moyennes.

## *2.5 - LA REGION DE LA KARA.*

### 2.5.1 - PRESENTATION

Limitrophe de la région centrale, côté nord, ses principales villes sont : Kara, Bafilo, Niamtougou, Bassar, Pagouda et Kanté. Elle est également dotée d'une centrale thermique, d'une usine d'égrenage du coton et d'un aéroport international.

### 2.2.2 - LES PRECIPITATIONS.

Les précipitations de cette région sont, tout comme la précédente, régies en majorité par le balancement du FIT ; mais à cette latitude commence déjà par se faire sentir, l'effet de la continentalité. L'évolution saisonnière des précipitations présente deux saisons très contrastées :

- saison sèche
- saison humide

#### *A - LA SAISON DES PLUIES.*

La "normale" des totaux annuels de précipitations est égale à 1250 mm, une quantité non négligeable, mais les variabilités inter annuelles réduisent leur importance.

Les hauteurs d'eau mensuelles calculées sur une période de 10 ans (1981-1990), présentent une saison pluvieuse relativement brève par rapport à la région centrale, elle dure en moyenne 7 mois soit 219 jours. Elle débute en moyenne au 105$^{e}$ jour du calendrier Julien et prend fin au 324$^{e}$ jour. Soit d'avril à octobre. Les hauteurs d'eau maximales sont atteintes en août à 239,5 mm. Les mois les plus pluvieux sont juillet, août et septembre.

La différence fondamentale notée entre le régime pluviométrique de la région de la Kara et celui du centre se situe au niveau des départs de saisons, départs qui sont

moins pluvieux dans la Kara. En effet, les mois d'avril et mai enregistrent en moyenne dans la Kara respectivement 87,8 et 112,3 mm, un niveau largement franchi dans le centre où l'on observe en moyenne des hauteurs d'eau atteignant 129,4 mm en avril et 135,5 mm en mai. [ Figure n°23 ].

### *B - LA SAISON SECHE*

Elle est plus longue qu'au centre, avec une durée moyenne de cinq mois, soit 145 jours, de novembre à mars. Très faiblement arrosée, elle enregistre en moyenne 57,7 mm, contre 70 mm dans le centre soit un déficit de 12,3 mm. Dès novembre, et à cause de la situation relativement proche des centres de haute pression désertique, la région est soumise à un phénomène précoce, l'harmattan qui vient renforcer la sécheresse par son caractère très sec.

Les variations inter mensuelles sont très importantes. En effet, les mois les plus arrosés de cette période sont les mois de novembre, et mars respectivement 10,8 mm et 37 mm ce dernier mois est le passage de la saison sèche à la saison pluvieuse tandis que la période d'octobre à novembre est le passage de la saison des pluies à la saison sèche. Les mois de décembre et janvier sont par contre très secs avec des hauteurs de pluies tendant vers 0, respectivement 2,1 mm et 1,4 mm. Ces deux mois marquent l'entrée en plein cœur de l'harmattan, donc de la saison sèche.

En définitive, la région de la Kara, jouit d'un régime pluviométrique adéquat à l'agriculture surtout à la diversité culturale. Mais la saison sèche rude et relativement longue, due aux effets de la continentalité, vient rompre cette harmonie pour imprimer un rythme de vie très dur aux êtres vivants.

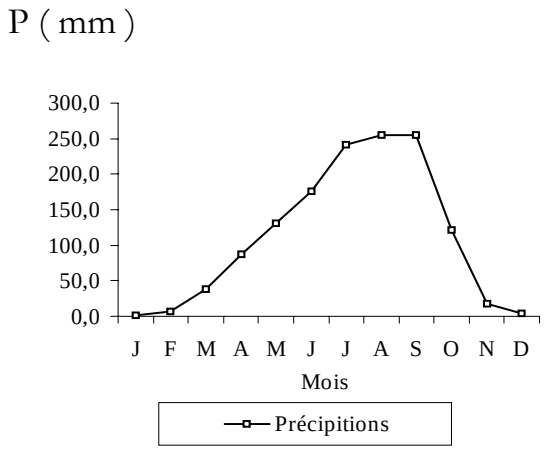



**Figure n°23** : Précipitation moyenne mensuelle dans la Kara

### 2.5.2 - LES TEMPERATURES

Les températures tout comme les précipitations déterminent la vie ; elles sont essentiellement à la base de l'élimination sélective de certaines espèces aussi bien végétales, humaines qu'animales. La normale de la région, calculée, sur une période de 10 ans (1981-1990), est de 26,9°C.

#### *A - LES TEMPERATURES MAXIMALES*

Le régime de ces maxima est très classique. Ils sont plus élevés en saison sèche où ils plafonnent en février – mars, respectivement à 36,1°C et 36,5°C, période d'intense chaleur. Notons, particulièrement que la période de chaleur à Kara est plus intense qu'au centre. En effet, les données de températures maximales moyennes dans la Kara sont plus élevées qu'au centre, à quelques exceptions près.

Cette anomalie est liée à l'effet de continentalité. La saison des pluies qui débute en avril vient adoucir ces maxima. Cette progression régressive atteint son plus bas niveau en août, le mois le plus pluvieux de la zone, à 28,8°C. Puis, reprend la croissance régulière de la courbe, au fur et à mesure que le FIT se retire et que les précipitations deviennent rares, pour retoucher le sommet en mars.

#### *B - LES TEMPERATURES MINIMALES MOYENNES MENSUELLES*

Elles sont aussi plus élevées que celles de la région centrale. L'analyse de la courbe thermique indique une évolution différente des maxima, de sorte que les minima absolus moyens s'observent durant la période sèche : novembre, décembre, janvier avec respectivement 18,8°C ; 18,4°C et 18,6°C, plutôt qu'en saison des pluies, cette période pré indiquée correspond à l'arrivée de l'harmattan.

Les valeurs minimales les plus élevées sont enregistrées en mars et avril avec respectivement 23,3°C et 23,7°C. Il faut dire que les précipitations provoquent leur baisse systématique.

#### *C - LES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES*

Elles présentent comme les extrêmes un régime thermique de type tropical avec deux pics, le second généralement très faible parfois imperceptible. Les plus fortes valeurs

sont enregistrées en mars et avril avec respectivement 29,9°C et 29,5°C tandis que les moyennes les plus faibles sont obtenues en août et septembre avec 25°C et 24,8°C respectivement. ( Figure n°24 ).

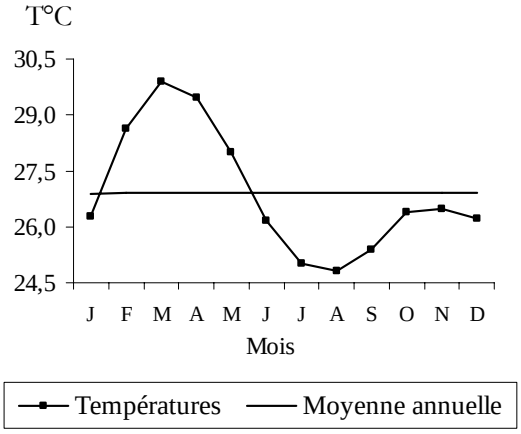



**Figure n°24** : Température moyenne mensuelle dans la Kara

### *D - L'AMPLITUDE THERMIQUE MOYENNE MENSUELLE*

Son évolution inter mensuelle suit le rythme saisonnier des précipitations. Elle n'est pas très élevée parce que le régime thermique est de type tropical. La différence entre les maxima et les minima mensuels n'est pas très grande, elle est en moyenne de 11,8°C. Les disparités mensuelles moyennes sont très fortes. En effet, les amplitudes moyennes mensuelles calculées sur une période de 10 ans (1981 – 1990) présentent une courbe irrégulière. Elle passe de mars / avril à octobre en dessous de la moyenne, avec des valeurs limites atteintes en juillet / août, 8°c, période au cours de laquelle les maxima et les minima moyens mensuels s'éloignent très peu des valeurs centrales. Par contre à partir du mois de novembre, elle passe au-dessus de la moyenne jusqu'en mars, à ce niveau les amplitudes les plus élevées s'observent en janvier (15,4°C), novembre (15,4°C) et décembre (15°C) , période d'harmattan. (Tableau n°12 )

Tableau n°12 **: Températures moyennes mensuelles**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Toc Max. | 34 | 36,1 | 36,5 | 35,2 | 33,2 | 30,7 | 29 | 28,8 | 30 | 32,3 | 34,2 | 33,6 | 32,8 | 2,6 | 7,9% |
| Toc Min. | 18,6 | 21,1 | 23,3 | 23,7 | 22,8 | 21,6 | 21 | 20,8 | 20,8 | 20,5 | 18,8 | 18,4 | 21 | 1,8 | 8,3% |
| Toc Moy. | 26,3 | 28,6 | 29,9 | 29,5 | 28 | 26,2 | 25 | 24,8 | 25,4 | 26,4 | 26,5 | 26,2 | 26,9 | 1,7 | 6,3% |
| A.T. | 15,4 | 15 | 13,2 | 11,5 | 10,4 | 9,9 | 8 | 8 | 9,2 | 11,8 | 15,4 | 15,2 | 11,8 | | |

**T°C max**. : Valeurs maximales ; **T°C min**. : Valeurs minimales ; **T°C moy**. : Valeurs moyennes ; **Ampl. Ther**. : Amplitude thermique

### 2.5.3 - L' HUMIDITE RELATIVE

Elle suit étoilement le rythme des précipitations et est en moyenne évaluée à 62 %.

#### 2.5.3.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle

Elle est fonction des saisons, comme nous l'avions déjà dit plus haut ; la saison sèche généralement marquée par une absence ou une faiblesse de précipitations provoque un assèchement non seulement des rivières, mais aussi de l'air. Ce qui explique la récession remarquée au niveau des maxima durant les mois secs notamment : décembre, janvier, février avec respectivement des valeurs très faibles : 57% ; 43% et 49%. ( Figure n°25 ).

Cet ordre sera bouleversé en saison des pluies, durant laquelle les plus fortes valeurs sont observées en juillet-septembre avec 98 à 99 %.

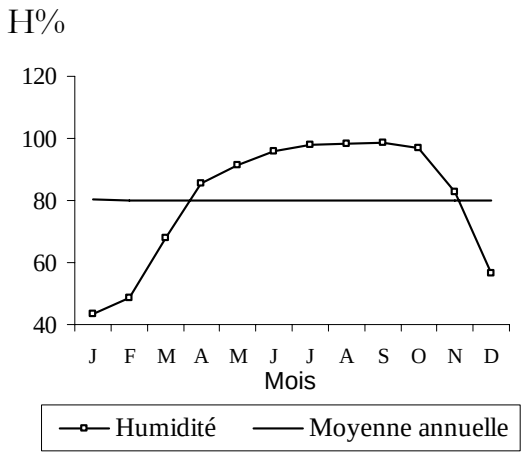



**Figure n°25** : Humidité relative maximale moyenne mensuelle dans la Kara

#### 2.5.3.2 - L'humidité relative minimale moyenne mensuelle.

Son comportement épouse largement celui des maxima, à l'exception des taux qui, sont en dessous de la moyenne générale (62 %). La dispersion moyenne de ces minima est égale à 43,9%, l'écart type moyenne inter mensuel est de l'ordre de 19,4 % et un coefficient de variation inter mensuel de 44,19 %. Les valeurs sont inférieures à celles enregistrées au centre, ce qui confirme encore que la région de la Kara est moins arrosée que le centre ( Tableau n°13 ).

Tableau n°13 : **Humidité relative**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H% min. | 19 | 19 | 28 | 44 | 52 | 61 | 68 | 68 | 64 | 51 | 32 | 21 | 44 | 19,4 | 44% |
| H% moy | 31 | 34 | 48 | 64,5 | 71,3 | 78,5 | 83 | 83 | 81,5 | 74 | 57,5 | 39 | 62,1 | | |
| H% max. | 43 | 49 | 68 | 85 | 91 | 96 | 98 | 98 | 99 | 97 | 83 | 57 | 80 | 20,7 | 25% |

**H% ( max. )** : Valeurs maximales ; **H%** ( min.) : Valeurs minimales ; **H%** ( moy ) : Valeurs moyennes.

### 2.5 4 - L' INSOLATION

La durée "normale" annuelle est de 75,7 heures (elle a été calculée en sommant toutes les valeurs moyennes mensuelles de l'année ).

L'évolution mensuelle de cette donnée définit deux périodes qui rythment avec l'évolution saisonnière des précipitations. En effet, la région est au cours de l'année bien ensoleillée, en moyenne au cours de 8 mois, durant lesquels la moyenne d'insolation est au-dessus des 6 heures ; cette période couvre toute la saison sèche et les premiers mois de la saison de pluies (octobre à mai). La plus haute valeur moyenne est par contre atteinte en novembre à 8,2 heures. Les variations inter mensuelles et saisonnières sont considérables, allant de 0,5 à 1,7 heures. Elles sont plus importantes d'une saison à l'autre et peuvent atteindre 2 à 2,3 heures (Figure n°26).

La région de la Kara est en moyenne constamment ensoleillée, ce qui facilite les processus physiques et chimiques chez les végétaux et par conséquent la photosynthèse. Ceci, associé aux hauteurs d'eau journalière et mensuelle considérables favorise une diversité floristique et culturale, à laquelle s'adonne efficacement les populations.

A l'instar de la région centrale, le climat est ici tropical humide semi-dégradé à deux saisons, l'une sèche et l'autre pluvieuse. Cependant, la continentalité du climat se fait sentir : Harmattan précoce, assez dur et long, saison sèche moins humide et saison pluvieuse relativement plus brève surtout dans les environs de Niamtougou et Kanté.

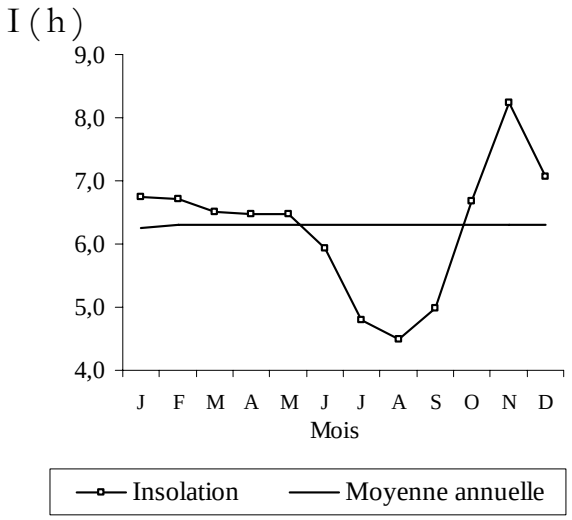



**Figure n°26 :** Insolation moyenne mensuelle dans la Kara

## 2.6 - *LA REGION DES SAVANES.*

### 2.6.1 - GENERALITES

Localisée à l'extrême Nord du Togo, la Région des Savanes partage une limite régionale commune avec la Région de la Kara, côté sud et, a longtemps souffert d'un enclavement qui l'a tenue à l'écart des circuits commerciaux modernes ; cet isolement dû plus à l'insuffisance des moyens de communication qu'à l'éloignement par rapport à la capitale Lomé, a été plus ou moins rompu à la suite du bitumage de l'axe Lomé – Ouagadougou. Toutefois, cette région demeure celle où les revenus monétaires restent à un niveau particulièrement bas et où la situation alimentaire est périodiquement préoccupante ( MADELEINE PETIT, 1981). Les principales stations observées sont : Dapaong, Borgou, Barkoissi et Mango.

### 2.6.2 - LES PRECIPITATIONS.

L'eau atmosphérique se présente dans la nature sous diverses formes (vapeur d'eau, brouillard, pluies, glace etc.) Le comportement de chacune de ces formes varie d'une saison à l'autre et d'un milieu à un autre. Pour étudier les rythmes saisonniers sévissant dans cette région, et comme nous l'avons précédemment adopté plus haut, nous allons choisir les diagrammes ombrothermiques qui consistent à représenter sur un même graphe les données pluviométriques moyennes mensuelles (P) et de températures (T) observées au

cours d'une même période. Cette représentation est faite suivant la méthode de Gaussen : P = 2T => T = P/2

Le cumul annuel de précipitations est en moyenne 1000 mm, avec cependant d'énormes variabilités inter annuelles et inter mensuelles.

### *A - LA SAISON HUMIDE*

La courbe ombrique de la région présente un seul pic en août, donc domaine d'un régime unimodal. La saison des pluies débute effectivement en mai dans la première décade en moyenne. Elle est brève cinq mois en moyenne, soit environ 186 jours. Cette description occulte de sérieuses disparités. En effet, non seulement les précipitations moyennes mensuelles sont beaucoup plus faibles et irrégulières par rapport aux régions septentrionales qui sont plus pluvieuses avec le même régime unimodal, mais se concentrent surtout sur trois mois juillet, août, septembre. Le maximum est observé en août à 227,8 mm, les autres mois enregistrant respectivement 180,1 mm et 194,2 mm. Les deux premiers mois de la saison sont moins arrosés ; Les hauteurs d'eau du mois de mai dépassent à peine la moyenne annuelle : 86,3 mm tandis que celles de juin sont beaucoup plus considérables, 136,7 mm.

### *B - LA SAISON SECHE*

Elle débute en octobre avec la précocité de l'harmattan très virulent, vu la situation subdésertique de la région. La saison sèche est ici plus longue et très rude. Elle dure en moyenne 7 mois. Quatre mois écologiquement secs et trois mois écologiquement sub-secs.

- Les mois écologiquement secs : Ils sont considérables, avec de hauteurs d'eau mensuelles très faibles variant de 0 à 3,8 mm.

- Au mois de janvier les précipitations sont quasi-nulles (0 mm) l'assèchement est optimal ce qui induit sans nul doute un manque chronique d'eau.
- Au mois de février, on note une hauteur d'eau insignifiante (1 mm), immédiatement absorbée ou évaporée à cause des températures élevées soit $P < 2T$.
- Aux mois de novembre et décembre, les valeurs s'améliorent davantage par rapport aux deux mois précédents, mais sont en baisse car nous sommes en fin de saison de pluies et par conséquent la fin relative de l'influence du FIT qui marque déjà son retrait. C'est

évidemment au cours de ces mois que sont enregistrées les toutes dernières pluies respectivement 3,8 mm et 3 mm.

- ♦ Les mois écologiquement sub-secs : ils sont au nombre de trois. Les précipitations sont significatives, d'autant plus que ces mois marquent le passage de la saison sèche à la saison humide.

- En octobre, les hauteurs d'eau se situent à un niveau non négligeable, 37,9 mm.

- En mars / avril, les précipitations sont globalement en hausse considérable, c'est le début de la saison des pluies avec respectivement 24,6 mm et 44,3 mm (Figure n°27).

Le comportement saisonnier des précipitations dans la région des savanes tout comme dans les autres régions septentrionales du pays, permet de constater que la saison pluvieuse débute modérément et prend fin de façon rapide et brutale, cependant leur durée varie d'une région à l'autre : 7,5 à 8 mois au centre, 7 mois dans la Kara et 5 à 6 mois dans les savanes.

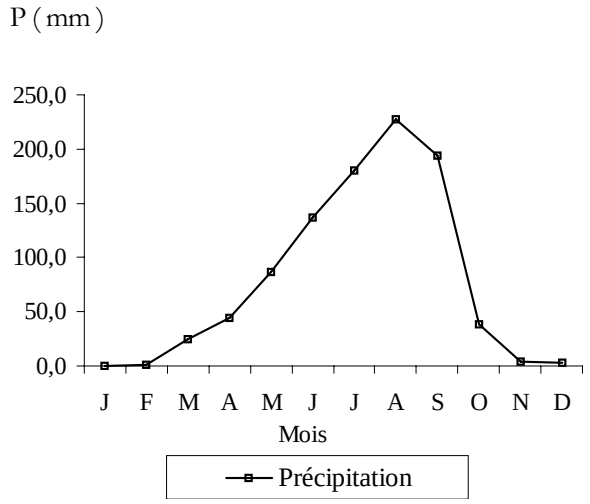



**Figure n°27** : Précipitation moyenne mensuelle dans les Savanes

### 2.6.3 - LES TEMPERATURES

Généralement élevées, dû logiquement à l'effet de la continentalité qui y est très sensible, la normale est de l'ordre de 28°C.

#### 2.6.3.1 - Les températures maximales moyennes mensuelles

Importantes, elles fluctuent autour de 33,6°C. Leur variation saisonnière est très considérable. En effet, la courbe thermique présente une allure de type tropical, avec

deux pics culminants, le premier en mars (37,4°C) et le second en novembre (35,03°C). Le premier plus important s'étend sur 4 mois de février à mai avec des valeurs seuils, respectives de 35,9°C ; 37,4°C ; 37°C ; et 35,1°C. Le second est plus bref, deux mois en moyenne, d'octobre à novembre. Outre ces pics, nous notons également des creux :

- Le premier, correspondant à la saison des pluies est le plus long ; des maxima en dessous de la moyenne, 31,8°C en juin ;30,1°C en juillet ; 29,7 °C en août et 30,5°C en septembre. Le second creux, peu étendu, couvre deux mois, décembre 33,4°C et janvier 33,2°C : c'est la période d'harmattan (Tableau n°15 ).

**2.6.3.2 - Températures minimales moyennes mensuelles**

Elles suivent l'allure des maxima moyens, mais on constate un léger décalage d'un mois au niveau des valeurs extrêmes. En effet, le pic de la première période de chaleur est enregistré en avril à 26, 1 °C au lieu de mars comme c'est le cas des températures maximales. Le maximum de la seconde période est observé plus tôt en octobre 22,3°C au lieu de novembre pour les températures maximales.

En gros les températures minimales moyennes mensuelles y sont beaucoup plus élevées par rapport aux autres régions septentrionales du pays, (Figure n°28 ).

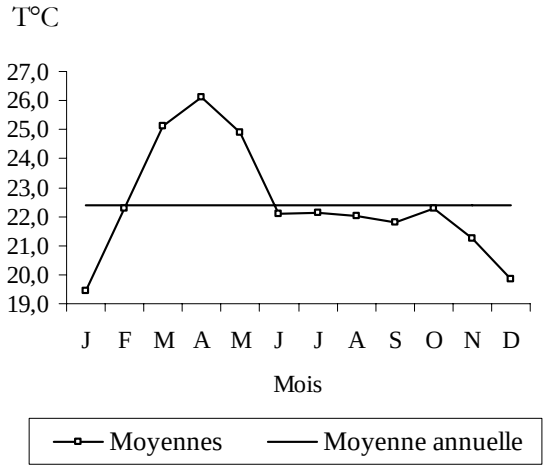



**Figure n°28** : Température minimale moyenne mensuelle dans les Savanes

**2.6.3.3 - L'amplitude thermique moyenne mensuelle**

Elevée, en moyenne 12,2°C elle suit une évolution saisonnière avec d'énormes fluctuations mensuelles. Les valeurs les plus élevées s'observent en période d'harmattan, période au cours de laquelle les valeurs extrêmes moyennes mensuelles de

température s'éloignent d'une façon significative des valeurs centrales (28°C). L'harmattan provoque une baisse remarquable des températures surtout en janvier par conséquent une augmentation de l'amplitude thermique, atteignant ainsi les 14,1°C en novembre ; 13,5°C en décembre ; 13,8°C en janvier et 13,6°C en février.

Cette normale mensuelle commence par baisser déjà aux mois de mars/avril, respectivement à 12,3°C et 10,9°C avant de rejoindre sa plus basse valeur en août, 7,7°C (Tableau n°14 ).

L'amplitude thermique de la région des savanes est importante en période de fraîcheur notamment en période d'harmattan, ce qui n'est pas le cas pour la saison des pluies relativement fraîche et suffisamment arrosée, qui enregistre des valeurs plus basses notamment en août (7,7°C) sans doute à cause de l'importance des activités pluviogènes et de la chaleur caractéristique de la mousson.

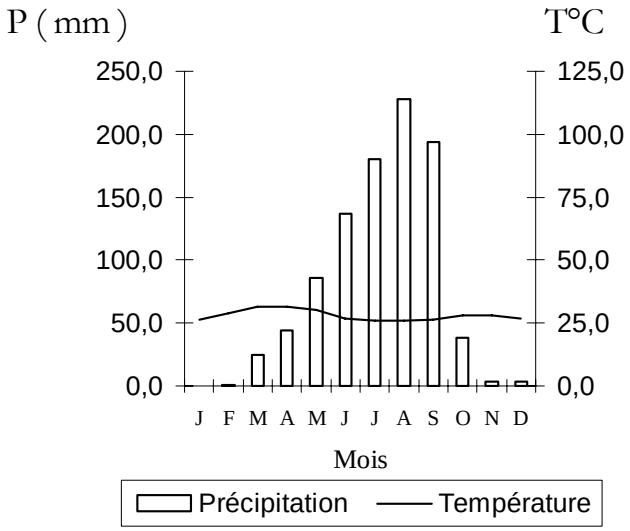



**Figure n°29** : Diagramme ombrothermique dans les Savanes

Tableau n°14 : **Températures mensuelles**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T°C max. | 33,2 | 35,9 | 37,4 | 37 | 35,1 | 31,8 | 30,1 | 29,7 | 30,5 | 33,8 | 35,3 | 33,4 | 33,6 | 2,7 | 8,03% |
| T°C moy | 26,3 | 29,1 | 31,3 | 31,6 | 30 | 26,9 | 26,1 | 25,8 | 26,2 | 28 | 28,3 | 26,6 | 28 | 2,05 | 7,32% |
| T°C min. | 19,4 | 22,3 | 25,1 | 26,1 | 24,9 | 22,1 | 22,1 | 22 | 21,8 | 22,3 | 21,2 | 19,9 | 22,4 | 2,01 | 8,97% |
| Amp.ther. | 13,8 | 13,6 | 12,3 | 10,9 | 10,2 | 9,7 | 8 | 7,7 | 8,7 | 11,5 | 14,1 | 13,5 | 12,1 | | |

**T°C max**. : Valeurs maximales ; **T°C min**. : Valeurs minimales ; **T°C moy**. : Valeurs moyennes ; **Ampl. Ther**. : Amplitude thermique

### 2.6.4 - HUMIDITE RELATIVE MOYENNE MENSUELLE

Observée sur une période de 10 ans (1981-1990), elle révèle, par les différentes valeurs que prennent les moyennes mensuelles, le caractère limitant de l'eau dans la mise en valeur de la région. L'analyse des valeurs extrêmes nous permettra de faire ressortir au mieux ces irrégularités.

#### 2.6.4.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle

Son comportement varie d'une saison à une autre :

- Saison sèche : L'humidité relative maximale est faible en raison de l'assèchement très prononcé de la saison. En effet, la faiblesse des précipitations, l'importance des températures et de l'évaporation influencent sérieusement l'humidité relative maximale qui est par conséquent faible ; janvier 32,6 % ; février 34 % ; mars 53,3 % ; novembre 65,1 % ; et décembre 40,7 % (Figure n°30).

- Saison pluvieuse : L'humidité relative étant intimement liée aux hauteurs d'eau observées, l'arrivée des précipitations en fin avril induit une augmentation de l'hygrométrie qui atteint ses valeurs supérieures en août et septembre à 97,2%.

La distribution de l'humidité relative maximale se repartit avec un écart type inter mensuel moyen de 25,4 % et un coefficient de variation égal à 35,6%.

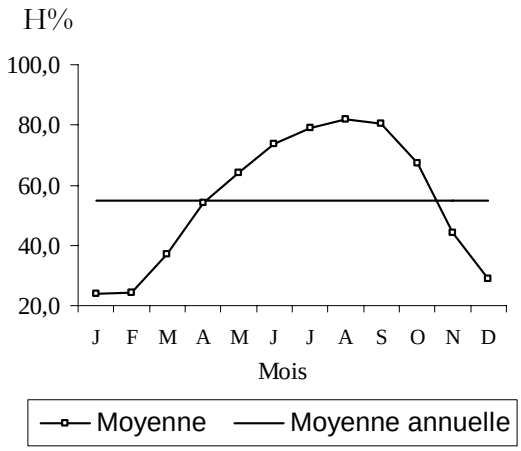



**Figure n°30 :** Humidité relative moyenne mensuelle dans les Savanes

#### 2.6.4.2 - L'humidité relative minimale moyenne mensuelle

Sa courbe présente pratiquement le même comportement que celle des maxima avec des variations saisonnières et interannuelles très proches. La dispersion

s'organise autour d'une moyenne de 38,5% avec un écart type de 20,2 %. La saison sèche étant généralement moins pluvieuse, l'hygrométrie minimale y est très faible. Cette tendance s'inverse relativement au cours de la saison humide (Tableau n°15 ).

L'humidité relative moyenne mensuelle de la région des savanes n'est pas très élevée, en moyenne 54,9 % en raison, de la faiblesse des précipitations (950 mm) en moyenne et surtout de l'importance de l'évaporation sans toutefois ignorer l'influence de la nature du sol dans cette interaction.

Tableau n°15 **: Humidité relative mensuelle moyenne**

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | $\overline{X}$ | ET | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H% max. | 32,6 | 34 | 53,3 | 74,3 | 84 | 91,6 | 95,1 | 97,2 | 97,2 | 91,1 | 65,1 | 40,7 | 71,3 | 25,4 | 35,6% |
| H% min. | 15,4 | 14,5 | 21 | 34,4 | 44,3 | 55,8 | 63,3 | 66,3 | 63,4 | 43,7 | 23,6 | 17 | 38,5 | 20,2 | 52,4 |

**H% ( max. )** : Valeurs maximales; **H%** ( min.) : Valeurs minimales.

### 2.6.5 - L' INSOLATION MOYENNE MENSUELLE

Le cumul moyen annuel est très important 88,5 heures, et inégalement réparti. L'insolation est généralement élevée en saison sèche où en la faveur des éclaircis, le soleil est fréquemment visible. La courbe présente deux sommets :

- le premier, atteint en mars/avril est le plus important, on note des valeurs moyennes mensuelles dans l'ordre ; 8,9 h à 9 h. C'est la période la plus chaude de l'année.

- le second observé en novembre est relativement moins important, 8,6 h. En dehors des sommets l'on note également deux creux d'ampleur variable :

- le mois d'août marque la période la moins ensoleillée de l'année, la durée moyenne mensuelle de l'insolation observée est égale à 5,2 h,
- le second creux s'observe en décembre et janvier. ( Figure n°31 )

Somme toute, la région des savanes jouit d'un climat tropical humide dégradé à la limite du tropical sec. Les précipitations, centrées sur une période allant de mai à octobre ne sont pas aussi négligeables (950 mm) en moyenne ; mais leur mauvaise répartition (retard des premières pluies, excès au moment de la maturation des grains …) et leur forte intensité en diminue l'intérêt. La saison sèche, de

novembre à avril est très marquée : l'évaporation très intense à cette époque se renforce lors des coups d'harmattan, ce qui fait chuter l'hygrométrie jusqu'à des valeurs de 15% en janvier. Le problème d'eau reste tout de même le principal facteur limitant de la région.

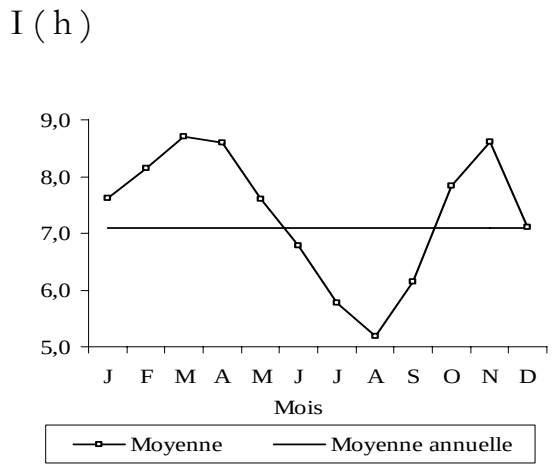



**Figure n°31** : Insolation moyenne mensuelle dans les Savanes

**Tableau n°16 :** Caractéristiques hydriques régionales normales mensuelles du Togo

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Littoral | S | S | S | SH | H | H | SH | S | SS | SS | S | S |
| Maritime | S | S | SS | SH | H | H | SH | S | H | SH | S | S |
| Plateaux | S | S | H | H | H | H | H | H | H | H | SS | S |
| Centrale | S | S | S | H | H | H | H | H | H | H | S | S |
| Kara | S | S | S | SH | H | H | H | H | H | SH | S | S |
| Savanes | S | S | S | S | SS | H | H | H | H | S | S | S |

**S** : Sec ; **SS** : Subsec ; **SH** : Subhumide ; **H** : Humide

Tableau n°17 : **Récapitulation des caractéristiques climatiques normales des régions climatiques du Togo.**

| REGIONS | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | X | Σ | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Littoral | P(mm) | 6,2 | 25,8 | 55,8 | 99,2 | 148,2 | 234,4 | 87,5 | 37,1 | 74,7 | 76,2 | 20,2 | 9,2 | 72,9 | 65,9 | 90,3 |
| | T (°C) | 27,1 | 28,1 | 28,5 | 28,2 | 27,3 | 26,2 | 25,4 | 25,2 | 25,8 | 26,5 | 27,3 | 26,8 | 26,9 | 1,1 | 4,08 |
| | H % | 76 | 78 | 78 | 80 | 82 | 84 | 85 | 84 | 83 | 82 | 80 | 78 | 81 | 2,9 | 3,5 |
| | Inso.(h) | 7,2 | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 7 | 4,8 | 4,3 | 4,8 | 5,6 | 7,1 | 8 | 7,3 | 6,5 | 1,3 | 20 |
| Maritime | P(mm) | 6,2 | 31,1 | 76,2 | 108,1 | 146,7 | 198,1 | 88,8 | 51,3 | 100,1 | 94,3 | 28,4 | 13,1 | 78,5 | 56,9 | 72,4 |
| | T (°C) | 27,5 | 28,7 | 28,9 | 28,4 | 27,6 | 26,3 | 25,5 | 25,4 | 26 | 26,8 | 27,5 | 27 | 27,1 | 1,18 | 4,35 |
| | H % | 72,6 | 73,6 | 74,9 | 77,6 | 80,2 | 83,2 | 83,1 | 83,6 | 82,7 | 81 | 80 | 77,7 | 75 | 78,5 | 10,4 |
| | Inso.(h) | 6,3 | 7 | 6,6 | 7,1 | 6,7 | 4,9 | 4,2 | 4,3 | 5,1 | 6,4 | 7,1 | 6 | 6 | 1,1 | 18,3 |
| Plateaux | P(mm) | 21,2 | 42,7 | 110,8 | 142,3 | 164,8 | 223,4 | 200 | 168 | 210 | 154 | 51,5 | 28,1 | 126 | 73,6 | 57,7 |
| | T (°C) | 25,9 | 26,9 | 26,8 | 26,2 | 25,4 | 24,2 | 23,3 | 23,2 | 23,6 | 24,5 | 25,4 | 25,2 | 25,1 | 1,3 | 5,17 |
| | H % | 55,3 | 61,4 | 71 | 77,3 | 80,5 | 84,3 | 88 | 88 | 86,5 | 83 | 76,3 | 67,5 | 76,6 | 10,8 | 14,09 |
| | Inso.(h) | 7,5 | 7,5 | 7 | 6,7 | 7,1 | 5,7 | 3,8 | 3,2 | 4,3 | 6,7 | 8,5 | 7,8 | 6,3 | 1,7 | 26,9 |
| Centrale | P(mm) | 2,7 | 12,9 | 32,2 | 129,4 | 135,5 | 165,3 | 202 | 271 | 262,3 | 115 | 16,9 | 4,3 | 102 | 88,9 | 87,1 |
| | T (°C) | 25,9 | 27,8 | 29,3 | 28,6 | 27,3 | 26 | 25,2 | 24,9 | 25,4 | 26,3 | 26,3 | 25,7 | 26,3 | 1,5 | 5,7 |
| | H % | 42,7 | 46,5 | 59,3 | 71 | 75,8 | 79,3 | 83 | 83,5 | 76,8 | 73,2 | 62,1 | 51,1 | 67 | 14,3 | 21,3 |
| | Inso.(h) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kara | P(mm) | 1,4 | 6,4 | 37 | 87,8 | 112,3 | 164,9 | 230 | 240 | 225,4 | 104 | 10,8 | 2,1 | 102 | 93,7 | 92 |
| | T (°C) | 26,3 | 28,6 | 29,9 | 29,5 | 28 | 26,2 | 25 | 24,8 | 25,4 | 26,4 | 26,5 | 26,2 | 26,9 | 1,7 | 6,3 |
| | H % | 31 | 34 | 48 | 64,5 | 71,5 | 78,5 | 83 | 83 | 81,5 | 74 | 57,5 | 39 | 62 | 20,05 | 32,3 |
| | Inso.(h) | 6,8 | 6,7 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 5,9 | 4,8 | 4,5 | 5 | 6,7 | 8,2 | 7,1 | 6,3 | 1,06 | 16,8 |
| Savanes | P(mm) | 0 | 1 | 24,6 | 44,3 | 86,3 | 136,7 | 180 | 228 | 194,2 | 37,9 | 3,8 | 3 | 78,3 | 84,5 | 107,9 |
| | T (°C) | 26,3 | 29,1 | 31,3 | 31,6 | 30 | 26,9 | 26,1 | 25,8 | 26,2 | 28 | 28,3 | 26,6 | 28 | 2,05 | 7,32 |
| | H % | 24 | 24,2 | 37,2 | 54,3 | 64,2 | 73,7 | 79,2 | 81,7 | 80,3 | 67,4 | 44,4 | 28,8 | 54,9 | 22,5 | 40,9 |
| | Inso.(h) | 7,6 | 8,2 | 8,9 | 8,9 | 7,6 | 6,7 | 5,8 | 5,2 | 6,1 | 7,8 | 8,6 | 7,1 | 7,3 | 1 | 13,69 |

# CHAPITRE 3 : *EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES REGIONAUX*

Le climat, mieux les paramètres climatiques régionaux du Togo ont oscillé au fil du temps sur diverses échelles temporelles. Cette oscillation observée à divers degrés requiert une attention particulière étant donné les influences possibles qu'elle peut avoir sur la société, notamment, le monde rural. L'évolution sensible du climat, observée au Togo est inquiétante parce qu'elle constitue un défit majeur qui menace l'environnement et l'existence humaine sur la terre. Elle affecte les systèmes naturels d'une part, la santé et le bien-être des hommes de l'autre.

Ce chapitre portera essentiellement sur les changements et les variations qui caractérisent le climat actuel du Togo. Pour les besoins de l'étude, nous avons calculé les indicateurs mensuels d'anomalie, et procédé à une analyse ponctuelle et spatialisée des valeurs, afin de mieux cerner l'ampleur des variations mensuelles au lieu de se centrer uniquement sur les totaux annuels. Cependant, les séries d'observation étant trop jeunes, en particulier dans les régions septentrionales du pays, (le Centre, la Kara, les Savanes ), les résultats que nous avons obtenus ne sont que des tendances actuelles de notre climat et non une évolution absolue de ces valeurs.

## 3.1 - LES PRECIPITATIONS

Les précipitations présentent une variabilité temporelle et spatiale beaucoup plus grande que la température. Ainsi plusieurs analyses à grande échelle des changements dans les précipitations au-dessus des masses terrestres des hémisphères nord et sud ont été effectuées, ( BRADLEY et Coll., 1987 ; DIAZ et Coll., 1989 ). Elles ont permis de démontrer que durant les quelques dernières dizaines d'années les précipitations ont eu tendance à augmenter dans les latitudes moyennes, à diminuer dans les régions subtropicales de l'hémisphère nord et à s'accroître de façon générale dans tout l'hémisphère sud. Ces observations faites à l'échelle planétaire sont également remarquables à l'échelle locale, notamment du Togo.

En effet, grâce à l'analyse des indicateurs mensuels d'anomalies de précipitations et des totaux annuels observés sur 38 ans (1961-1998 ) pour le littoral, la région maritime, les régions des plateaux, du centre et de la Kara ; 18 ans ( 1980-1998 ) pour les Savanes. Deux tendances d'évolution interannuelle des précipitations mensuelles se dégagent à l'échelle nationale:

- La première tendance, celle en baisse, s'observe clairement dans quatre régions du pays, le Littoral, la région maritime, les plateaux et la Kara.

Le Littoral, et la région Maritime généralement peu pluvieux connaissent davantage un assèchement de cette dernière décennie. Ils n'ont jusqu'à présent enregistré que 769,1 mm contre une normale de 875 mm sur le Littoral et 851 mm contre 942,4 mm dans la région Maritime. Soit une baisse de 12,10 % sur le Littoral.

Ce comportement des totaux annuels se confirme par le résultat du calcul des quintiles et des Indices Climatiques Normaux - ICN.

***A / QUINTILES***

Ils représentent des paramètres de position. Ils permettent de classer les années par degré de pluviométrie et ne sont autres choses que des déciles pairs (D2, D4, D6, et D8). Les précipitations peuvent dès lors se trouver schématisées par ces valeurs. L'intervalle compris entre deux quintiles voisins regroupe alors le cinquième (20 %) des effectifs de la série. L'utilisation des quintiles pour la caractérisation des dispersions des régimes pluviométriques a été recommandée par l'O.M.M. On peut ainsi déterminer les années très sèches, sèches normales, pluvieuses et très pluvieuses.

Pour calculer les quintiles, on prend les totaux annuels d'une période ( généralement de 30 ans ). Cette série de 30 ans est classée par ordre croissant et divisée en 5 groupes.

La demi - somme du plus grand nombre du premier groupe et du plus petit nombre du deuxième groupe est appelée premier quintile ou $Q_{1.}$.

La demi - somme du plus grand nombre du deuxième groupe et du plus petit nombre du troisième groupe est appelée deuxième quintile ou $Q_2$

Ainsi, on obtient les quatre quintiles d'une série de données d'une région climatique.

Dans notre cas les tableaux n° 18 et n° 19 donnent les trente valeurs considérées de deux régions climatiques (le Littoral et la Région maritime ), classées par ordre croissant et réparties en cinq groupes. Nous avons à priori choisi ces deux régions parce qu'elles sont les plus frappées par la baisse des précipitations.

Tableau **n°18 : Pluviométrie annuelle sur le littoral de 1968 à 1998 classée par ordre croissant.**

| GROUPE 1 | | GROUPE 2 | | GROUPE 3 | | GROUPE 4 | | GROUPE 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) |
| 1977 | 495,4 | 1981 | 677,1 | 1985 | 795,7 | 1995 | 834,1 | 1991 | 1017 |
| 1992 | 495,7 | 1984 | 687,2 | 1996 | 799,5 | 1971 | 835 | 1974 | 1060 |
| 1998 | 552,7 | 1986 | 741,8 | 1969 | 801,4 | 1973 | 889,6 | 1975 | 1086 |
| 1983 | 652,4 | 1990 | 756,6 | 1980 | 817,7 | 1997 | 906,9 | 1989 | 1162 |
| 1978 | 656,6 | 1994 | 761,4 | 1988 | 851,9 | 1987 | 978,3 | 1970 | 1190 |
| 1972 | 559,9 | 1993 | 785,0 | 1976 | 830,8 | 1982 | 1006 | 1968 | 1565 |

Q1 = ( 560,0 + 677,1 ) / 2 = 668,5

Q2 = ( 785,0 + 795,7 ) / 2 = 790,35

Q3 = ( 830,8 + 834,1 ) / 2 = 832,45

Q4 = ( 1005,7 + 1017,1 ) / 2 = 1001,4

Tableau **n°19 : Pluviométrie annuelle dans la région maritime de 1968 à 1998 classée par ordre croissant.**

| GROUPE 1 | | GROUPE 2 | | GROUPE 3 | | GROUPE 4 | | GROUPE 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) |
| 1992 | 575,8 | 1969 | 782,2 | 1993 | 866,2 | 1996 | 949,9 | 1975 | 1065 |
| 1977 | 585,6 | 1986 | 799,7 | 1971 | 878,8 | 1982 | 972,9 | 1987 | 1102 |
| 1983 | 678,0 | 1981 | 807,9 | 1978 | 890 | 1991 | 990,1 | 1970 | 1104 |
| 1976 | 750,9 | 1994 | 825,0 | 1995 | 914 | 1985 | 1005 | 1979 | 1116 |
| 1998 | 752,5 | 1984 | 832,3 | 1988 | 934,6 | 1980 | 1018 | 1989 | 1178 |
| 1972 | 774,1 | 1990 | 860,9 | 1997 | 936,3 | 1974 | 1060 | 1968 | 1541 |

Q1 = ( 774,1 + 782,2 ) / 2 = 778,15

Q2 = ( 860,9 + 866,2 ) / 2 = 863,55

Q3 = ( 936,3 + 949,9 ) / 2 = 943,1

Q4 = ( 1060,3 + 1061,7 ) / 2 = 1061,0

Ainsi les années qui auront recueilli moins de 668,5 mm sur le littoral et moins de 778,15 mm dans la région maritime seront qualifiées de très sèches. Celles

qui auront enregistré des hauteurs de pluie comprises entre 832,45 mm et 1011,4 mm sur le littoral, entre 943,1 mm et 1061 mm dans la région maritime sont dites des années excédentaires. Au-delà de 1011,4 mm sur le littoral et 1061,0 mm dans la région maritime, l'année est très excédentaire.

D'autres auteurs se réfèrent à d'autres paramètres pour caractériser la pluviométrie annuelle.

#### *A-1. Les caractéristiques pluviométriques extrêmes*

Les valeurs extrêmes d'une série d'observation expriment les extrémités de la série. Pour étudier l'évolution interannuelle des cumuls de précipitations, nous avons choisi la méthode de calcul des valeurs extrêmes et des caractéristiques de dispersion de chacune des six régions d'étude. Ceci nous a permis d'obtenir le Tableau n°20 et de construire des diagrammes régionaux boîte-et-barbe ( Figure n° 32 et 33).

L'analyse du caractère évolutif de ces valeurs permet de noter une énorme évolution des précipitations annuelles au niveau des six régions climatiques du Togo. Les valeurs indiquent une baisse des cumuls annuels de précipitations par rapport à la norme de 1961-1990 sur le Littoral, dans les Maritimes et les Plateaux. Par contre les régions septentrionales, le Centre, la Kara, et les Savanes, notent une augmentation des précipitations de la décennie 1991-1998 par rapport à la norme de 1961-1998, (Tableau n°20). Aussi l'analyse du diagramme boîte-et-barbe fait ressortir un regroupement des valeurs extrêmes au cours de la décennie 1991-1998 par conséquent réduction de l'étendue de la série et péjoration des valeurs maximales qui tendent vers la médiane, (Figure n°32 et 33).

Tableau **n° 20 : Valeurs pluviométriques extrêmes et caractéristiques de dispersion des six régions climatiques du Togo**

| Séries | Caractéristiques | REGIONS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Littoral | Maritime | Plateaux | Centrale | Kara | Savanes |
| Normale | X max. | 1564,8 | 1540,6 | 2150,3 | 1844,3 | 1868,3 | 1070,3 |
| | 3e Quartile Q3 | 997,15 | 1061 | 1624,4 | 1380,7 | 1486,5 | 1013,8 |
| | Médiane Q2 | 824,25 | 912,3 | 1471,8 | 1291,85 | 1308,85 | 915,8 |
| | 1er Quartile Q1 | 682,1 | 803,8 | 1406,0 | 1138,2 | 1194,3 | 875,6 |
| | X min. | 495,4 | 585,6 | 981,0 | 899,3 | 964,5 | 867 |
| | (Q3 - Q1)/ Q2 | 0,38 | 0,28 | 0,15 | 0,19 | 0,22 | 0,15 |
| 1991-1998 | X max. | 1017,1 | 990,1 | 1586,7 | 1497,8 | 1589,9 | 1189,7 |
| | 3e Quartile Q3 | 870,5 | 943,1 | 1478,5 | 1429,6 | 1502,2 | 1116,85 |
| | Médiane Q2 | 792,25 | 890,1 | 1376,7 | 1365,55 | 1432 | 962,95 |
| | 1er Quartile Q1 | 657,05 | 788,75 | 1278,15 | 1296,75 | 1342,25 | 902,25 |
| | X min. | 495,7 | 575,8 | 1157,0 | 1259,7 | 1097,9 | 851,8 |
| | (Q3 - Q1)/ Q2 | 0,27 | 0,17 | 0,15 | 0,1 | 0,11 | 0,22 |

**Figure n°32** : Diagramme boîte-et-barbe pour les totaux pluviométriques normaux des cinq régions climatiques du Togo

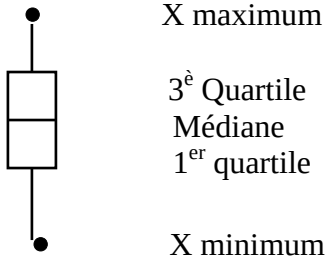


**Figure n°33** : Diagramme boîte-et-barbe des totaux pluviométriques de 1991-1998 des cinq régions climatiques du Togo

### *A-2. Indices Climatiques Normaux - ICN*

L'évolution des différents totaux pluviométriques annuels révèle des irrégularités. L'ampleur de ces irrégularités diffère selon l'étude que l'on veut entreprendre avec les données pluviométriques.

Pour l'étude des différentes variations du cumul annuel des précipitations au Togo, nous avons choisi la méthode de la comparaison des données annuelles brutes avec les normales de 1961 à 1990. Les résultats obtenus ont été classés à l'aide des Indices Climatiques Normaux (ICN) mis au point par le Laboratoire de Physique Atmosphérique de la Faculté des Sciences de l'Université du Bénin. Les caractères très secs (TS), sec (S), normal (N), pluvieux (P), et très pluvieux (TP) sont obtenus de la manière suivante (Tableaux n°23 et n°25):

Tableau **n°21 : Indices Climatiques Normaux**

| PARAMETRES | INDICES |
|---|---|
| ICN 1 | 0,49 |
| ICN 2 | 0,76 |
| ICN 3 | 1,15 |
| ICN 4 | 1,47 |

**Source** : Laboratoire de Physique Atmosphérique de la Faculté des Sciences de l'Université du Bénin

Tableau **n° 22 : Indice Climatiques Normaux sur le littoral (1966-1998)**

| ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1966 | 0,76 | 1973 | 1,02 | 1980 | 0,93 | 1986 | 0,85 | 1992 | 0,51 |
| 1967 | 1,13 | 1974 | 1,21 | 1981 | 0,77 | 1987 | 1,12 | 1993 | 0,9 |
| 1968 | 1,79 | 1975 | 1,24 | 1982 | 1,15 | 1988 | 0,97 | 1994 | 0,87 |
| 1969 | 0,92 | 1976 | 0,95 | 1983 | 0,75 | 1989 | 1,33 | 1995 | 0,95 |
| 1970 | 1,36 | 1977 | 0,57 | 1984 | 0,78 | 1990 | 0,86 | 1996 | 0,91 |
| 1971 | 0,95 | 1978 | 0,75 | 1985 | 0,91 | 1991 | 1,16 | 1997 | 1,04 |
| 1972 | 0,75 | 1978 | 1,77 | | | | | 1998 | 0,63 |

Tableau **n°23 : Données de position pour la classification des années de pluie sur le littoral.**

| | ICN 1 | ICN 2 | ICN 3 | ICN 4 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,49 | 0,76 | 1,15 | 1,47 | |
| | 428,8 | 665,1 | 1006,4 | 1286,4 | |
| Très sèche | Sèche | Normale | Pluvieuse | Très pluvieuse | |

Tableau **n°24 : Indices Climatiques Normaux dans la région maritime (1966-1998)**

| ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES | ANNEES | INDICES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1966 | 0,90 | 1973 | 0,99 | 1980 | 1,08 | 1986 | 0,85 | 1992 | 0,61 |
| 1967 | 1,11 | 1974 | 1,12 | 1981 | 0,86 | 1987 | 1,17 | 1993 | 0,92 |
| 1968 | 1,64 | 1975 | 1,13 | 1982 | 1,03 | 1988 | 0,99 | 1994 | 0,87 |
| 1969 | 0,83 | 1976 | 0,8 | 1983 | 0,72 | 1989 | 1,25 | 1995 | 0,97 |
| 1970 | 1,17 | 1977 | 0,62 | 1984 | 0,88 | 1990 | 0,91 | 1996 | 1,01 |
| 1971 | 0,93 | 1978 | 0,94 | 1985 | 1,07 | 1991 | 1,05 | 1997 | 0,99 |
| 1972 | 0,82 | 1978 | 1,18 | | | | | 1998 | 0,80 |

Tableau **n°25 : Données de position pour la classification des années de pluie dans la région maritime.**

| | ICN 1 | ICN 2 | ICN 3 | ICN 4 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,49 | 0,76 | 1,15 | 1,47 | |
| | 462 | 716,2 | 1083,8 | 1385,3 | |
| Très sèche | Sèche | Normale | Pluvieuse | Très Pluvieuse | |

Ainsi de 1966 à 1998 nous avons déterminé des années très sèches, sèches, normales, pluvieuses, et très pluvieuses ( Tableau n°25 )

A partir de 1990, les années pluvieuses et très pluvieuses deviennent rares même inexistantes aussi bien sur le littoral que dans la région maritime. En effet, sur

11 années pluvieuses et très pluvieuses dans les deux régions on ne dénombre que 1 sur le Littoral et 0 dans la région maritime soit respectivement 9,1% et 0 %. Sur 19 années normales sur le Littoral et 24 dans la région Maritime, on compte 4 années après 1990 sur le Littoral soit 21,1 % et 7 années dans la région maritime soit 29,16 %.

Nous constatons cependant que la période 1990 - 1998 détient un record en années sèches et très sèches sur le littoral et dans la région maritime. Sur un total de 7 années sèches sur le Littoral on compte 2 après 1990 soit 28,5 % et sur un total de 3 années dans la région maritime on dénombre 1 après 1990 soit 33,3 %.

Le constat est donc clair, les totaux annuels sont devenus plus faibles après 1990. Ils sont soit inférieurs à la moyenne de 1966 à 1990 ( 875,1 mm sur le littoral et 942,4 mm dans la région maritime ), soit à peine supérieurs. Ils dépassent rarement 1017,1 mm sur le Littoral et 949,9 mm dans la région maritime.

Ce constat vient à nouveau confirmer les résultats révélés par les indicateurs d'anomalies et écarts annuels ( Figure n°34 ) de précipitations, de même que les hypothèses émises sous la rubrique méthodologie.

Tableau **n°26 : Années très sèches, sèches, normales, pluvieuses, et très pluvieuses sur le Littoral**

| SECHES | | NORMALES | | | | PLUVIEUSES | | TRÈS PLUVIEUSES | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) |
| 1977 | 495,4 | 1981 | 677 | 1985 | 795,7 | 1991 | 1017,1 | 1968 | 1564,8 |
| 1992 | 495,7 | 1984 | 687,2 | 1996 | 799,5 | 1974 | 1059,9 | | |
| 1998 | 552,7 | 1986 | 741,8 | 1969 | 801,4 | 1975 | 1085,6 | | |
| 1972 | 559,9 | 1990 | 756,6 | 1980 | 817,7 | 1989 | 1162,1 | | |
| 1983 | 652,4 | 1994 | 761,4 | 1976 | 830,8 | 1970 | 1189,8 | | |
| 1978 | 656,6 | 1993 | 785,0 | 1995 | 834,1 | | | | |
| 1966 | 663,5 | 1971 | 835,0 | 1987 | 978,3 | | | | |
| | | 1988 | 851,9 | 1967 | 988,6 | | | | |
| | | 1973 | 889,6 | 1982 | 1005,7 | | | | |

Tableau **n°27 : Années très sèches, sèches, normales, pluvieuses, et très pluvieuses dans la région maritime.**

| SECHES | | NORMALES | | | | PLUVIEUSES | | TRÈS PLUVIEUSES | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) | Années | Pluie (mm) |
| 1992 | 575,8 | 1969 | 782,2 | 1993 | 866,2 | 1987 | 1101,7 | 1968 | 1540,6 |
| 1977 | 585,6 | 1986 | 799,7 | 1971 | 878,8 | 1970 | 1103,5 | | |
| 1983 | 678,0 | 1981 | 807,9 | 1978 | 890,0 | 1979 | 1115,9 | | |
| | | 1994 | 825,0 | 1995 | 914,0 | 1989 | 1177,5 | | |
| | | 1984 | 832,3 | 1988 | 934,6 | | | | |
| | | 1990 | 860,9 | 1997 | 936,3 | | | | |
| | | 1976 | 750,9 | 1975 | 1061,7 | | | | |
| | | 1966 | 849,2 | 1967 | 1044,6 | | | | |
| | | 1998 | 752,5 | 1974 | 1060,3 | | | | |
| | | 1972 | 774,1 | 1980 | 1017,9 | | | | |
| | | 1982 | 972,9 | 1985 | 1004,5 | | | | |
| | | 1996 | 949,9 | 1991 | 990,1 | | | | |

Au-delà de ces cumuls annuels, les modifications mensuelles sont très importantes sur le Littoral. On note un assèchement prononcé de certains mois notamment le mois d'août. D'un indicateur mensuel normal d'anomalie de précipitations de (-0,4) il passe à (-0,7) au cours de la période 1991-1998. Le constat est le même pour les mois de septembre, décembre, février et juillet. Les précipitations des deux saisons de pluies ont remarquablement chutées. Le mois de juin qui était jusqu'à présent le mois le plus pluvieux passe d'un indicateur normal d'anomalie de l'ordre de (+2,5) à (+1,6). Dans le même sens les mois de septembre et octobre (les plus pluvieux de la petite saison des pluies ) voient également leurs hauteurs d'eau baisser. Dans l'ordre (d'un indicateur normal de (+0,1), il est passé à (-0,3) ; et de (+0,2 ) il passe à(+0,1) ). A l'opposé, les mois de mars, avril et mai connaissent une légère augmentation qui ne peut cependant pas compenser les énormes baisses observées.

L'évolution la plus spectaculaire est la tendance à la disparition de la seconde saison de pluies. En effet, non seulement elle est devenue moins pluvieuse mais aussi très brève et centrée uniquement sur le mois d'octobre. Le mois de septembre est devenu sec prolongeant ainsi la durée de la petite saison sèche qui passe alors d'un mois à deux : d'août à septembre (qui passe de subsec à sec ) ( Tableau n°28 ). Les mois de la grande saison sèche, décembre, janvier et février sont d'avantage

asséchés. S'agissant de la légère hausse de précipitations, remarquée en début de saisons de pluies, nous pouvons parler à ce niveau d'une légère redistribution ou report de précipitations sur ces mois, report qui ne change pas grand chose à la tendance générale, (figure n°35).

Cette évolution des précipitations, remarquée sur le littoral est typique à celle de la région maritime. Le seul accroc à ce niveau est que la pluie est relativement plus abondante 851 mm contre une normale 950 mm, soit une baisse de 10,42 %. Autrement dit, les tendances observées sur le littoral s'affichent également dans la région maritime avec un degré apparemment moindre par rapport à celui du littoral ( Figure n°34 ).

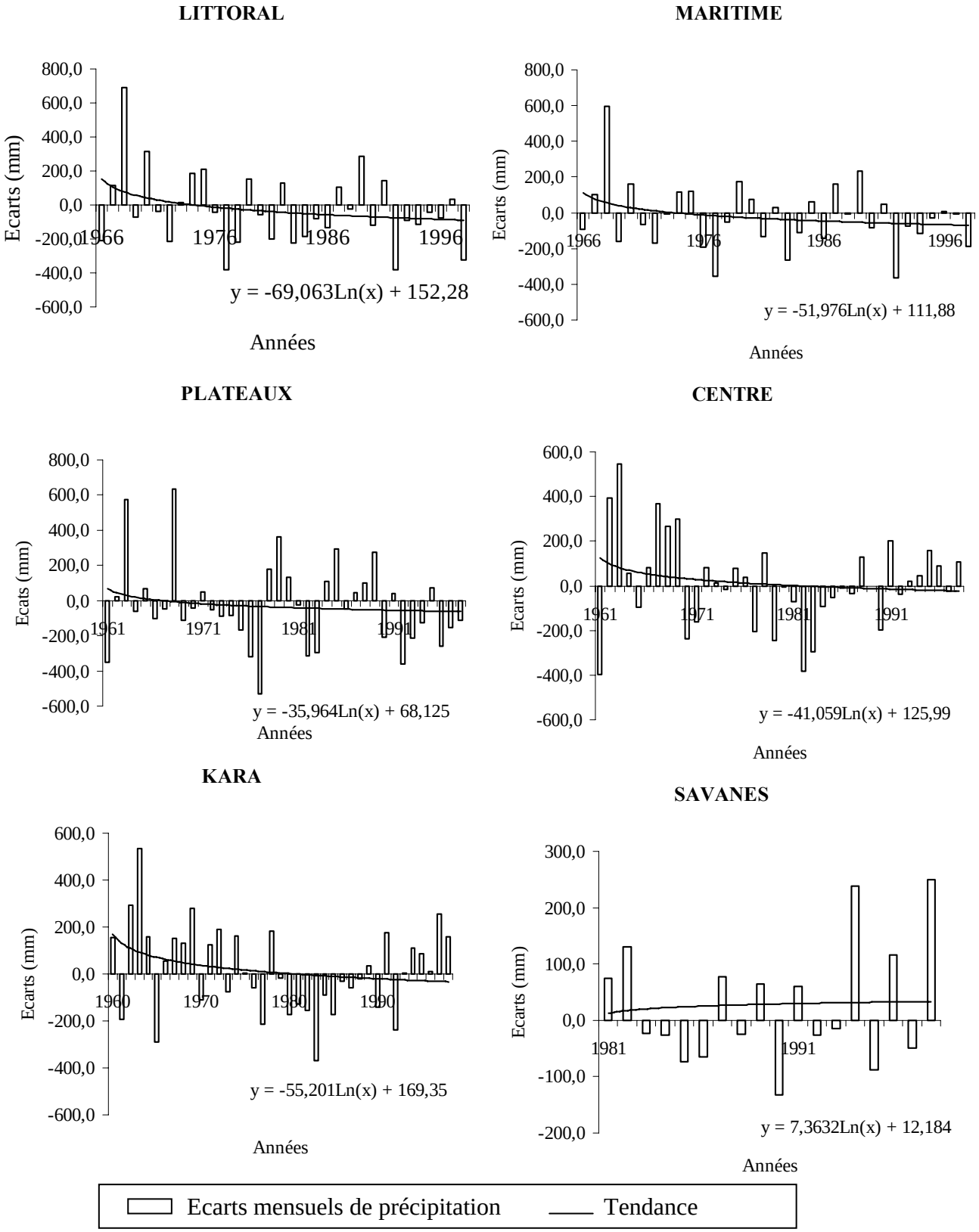



**Figure n°34** : Evolution interannuelle des écarts de précipitations annuelles.

La région des plateaux, jouissant d'un régime de transition très pluvieux observe aussi une évolution régressive de ses hauteurs d'eau. En effet, elle a reçu au cours de cette décennie en moyenne 1376,3 mm de pluie contre une normale de

1515,7 mm, soit une baisse de 9,20 %. Cette légère baisse est surtout ressentie au niveau des mois de la saison sèche qui voient leurs hauteurs d'eau mensuelle chuter chroniquement. Il s'agit notamment des mois de décembre, janvier, février et mars ; et ceux généralement très pluvieux dans l'année qui enregistrent des hauteurs de moins en moins élevées au profit des mois de début de saison pluvieuse, avril et mai. A cet effet, il faudrait surtout remarquer que la saison des pluies est devenue moins longue et ne débute plus en février/mars comme c'était le cas, mais plutôt en début avril. La fin de saison se remarque déjà en octobre au lieu de novembre. Par conséquent la saison sèche est devenue longue et très prononcée dans la région.

La région de la Kara, dernière région observant une tendance à la baisse assez nette, a un comportement particulier, un peu curieux. En effet, à en croire les valeurs normales des deux périodes d'observation, 1961-1990 et 1991-1998, on aurait cru à une hausse de précipitations, ce qui n'est nullement pas le cas.

L'observation de toute la série ( 1961-1998 ) révèle une indication assez intéressante. Elle montre une chute progressive des précipitations de 1961 à 1990. De 1991 à 1998, une légère reprise à partir des années 1980 laisse croire en une augmentation. Comparativement à la norme, les valeurs sont passées de 1334,8 mm à 1405,1 mm soit une augmentation de 5,2 %. Ceci dû au fait que la période 1991-1998 a connu une pluviosité intéressante. Mais à comparer cette décennie à la précédente c'est-à-dire 1981-1990, on observe une baisse de 1,31 % et 2,2 % par rapport à la moyenne de 1961 à 1970. Au vue de cette analyse décennale il serait donc préférable de parler d'une baisse de précipitations, de combien ? Il serait trop tôt et imprudent d'avancer un chiffre pour ces régions.

- La tendance à la hausse concerne surtout deux régions de l'extrême Nord du pays, il s'agit de la région des savanes et celle du Centre. Tout comme la Kara elles ont enregistré au cours de cette décennie respectivement des valeurs de 1000,7 mm contre une normale de 939,8 mm, et 1349,5 mm pour 1224,5 mm. Il faut remarquer que les durées d'observation n'étant pas assez longues surtout dans les Savanes, nous avons jugé bon afin d'obtenir des résultats proches de la réalité de nous intéresser à la

variabilité décennale particulièrement pour la région centrale qui a une série pratiquement longue.

Cette analyse nous permet de constater que cet accroissement remarqué au niveau de ces deux régions n'est qu'apparent. Il est au fait dû a une baisse de précipitations durant les décennies 1971-1980 et 1981-1990. Depuis, l'on constate une reprise qui laisse croire en une augmentation générale de pluies ; ce qui n'est pas le cas. En effet, la décennie 1991-1998 a été moins pluvieuse que celle de 1961-1970, de 2,14 %, et de 3,8 % moins que la normale de 1931-1960. L'observation de toute la série laisse ressortir une tendance en baisse dans le centre ( Figure n°34 ).

La région des savanes connaît une situation légèrement différente, ici nous remarquons que le cumul moyen de la période 1991-1998 ne s'éloigne pas tellement de la norme  il tourne autour de 1000 mm donc reste relativement stationnaire.

Outre ces comportements des cumuls annuels, les répartitions mensuelles et intersaisonnières ont considérablement évolué comme le témoigne la figure n°44  ; les mois secs s'assèchent d'avantage, notamment :

- mars, dans le centre et les savanes, passe d'un indicateur normal d'anomalie de précipitations de (-0,4) à (-0,7).

Par contre nous notons également une redistribution, mieux un report de précipitations mensuelles dans les deux régions. Les mois les plus arrosés de la saison, exception faite des mois de septembre et octobre, enregistrent une baisse significative de leurs valeurs mensuelles notamment les mois de juin, juillet, et août pour le centre avec respectivement des indicateurs passant de (+0,58) à (+0,47) et de (+1,07) à (+0,86) ; puis de (+1,1) à (+0,9) et de(+1,3) à (+1,1), au profit du mois de septembre et de ceux marquant la fin de la saison de pluies surtout, octobre.

Au vu de cette analyse, le Togo se divise en deux zones hydriques différentes non seulement sur le plan de leurs régimes pluviométriques, mais aussi et surtout sur le plan de leurs tendances. En effet, les régions climatiques du sud du pays à régime bimodal (le littoral et la région maritime), et la région  des plateaux à régime de transition ont enregistré au cours de cette période (1991-1998) une franche et

considérable baisse de leurs précipitations. Le Littoral est le plus affecté avec une baisse de plus de 12,10 %, suivit de la région maritime 10,42 % et des plateaux 9,20 %. Le nord par contre affiche une croissance assez relative des valeurs de précipitations mensuelles. C'est particulièrement le cas des régions du Centre et de la Kara. Une relative stabilité est observée dans les Savanes.

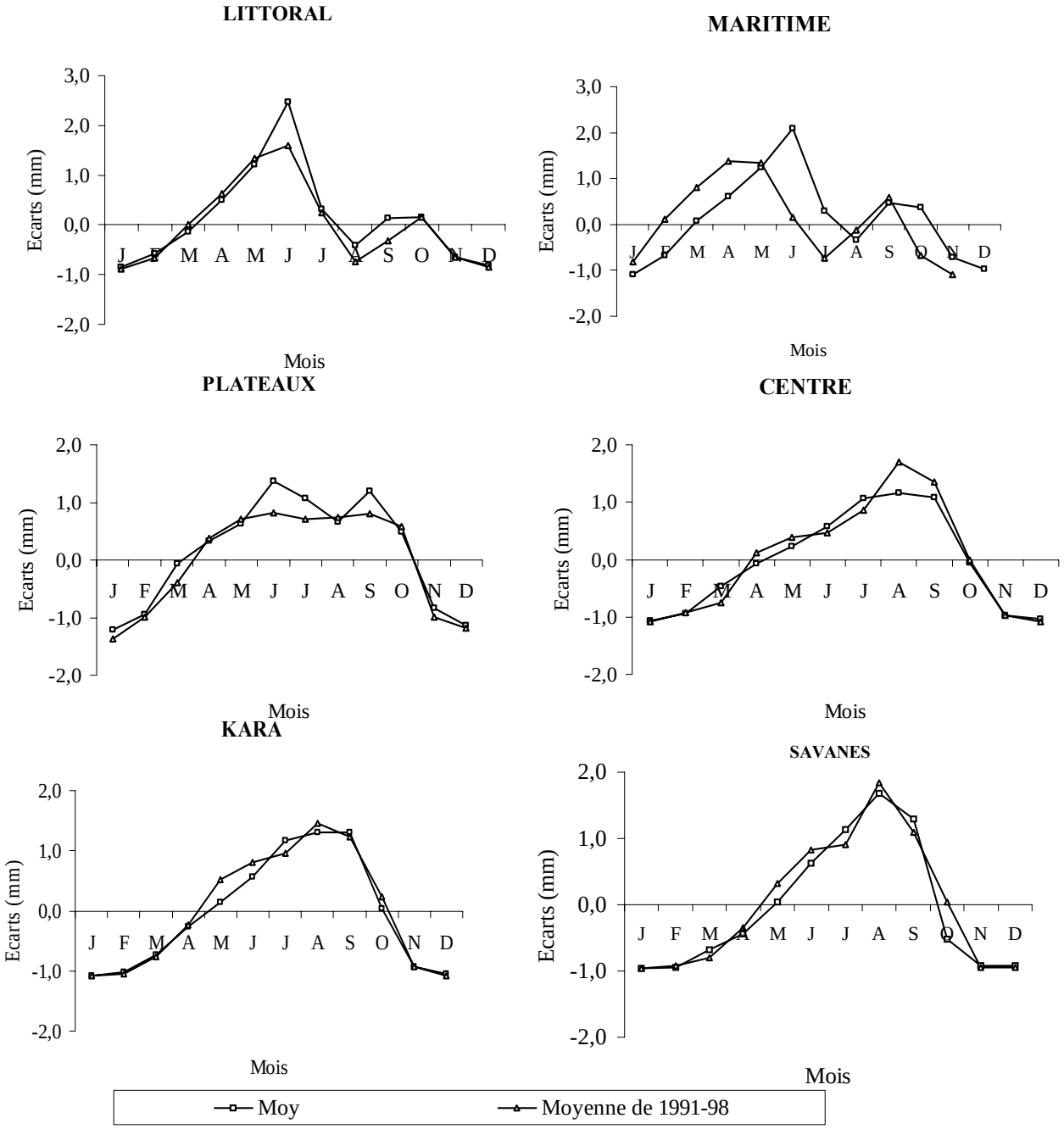



**Figure n°35 :** Evolution des précipitations mensuelles régionales par rapport à la norme de 61-90

Il convient de remarquer que la décennie 1991-1998 est très pluvieuse dans ces régions c'est uniquement la mauvaise répartition de ces totaux qui affecte l'agriculture. Cependant, les données utilisées, étant essentiellement régionales, elles

masquent l'ampleur du phénomène à l'échelle des stations où l'on vit généralement une baisse chronique des pluies. Les décrochements observés dans les séries chronologiques des indices mettent bien en évidence la fluctuation climatique au Togo.

S'agissant des limites zonales, l'analyse spatialisée qui fait ici référence à deux types de traitements : des tracés comparatifs de courbes isohyètes (lignes joignant les points d'égale moyenne pluviométrique sur une période donnée) et des calculs de courbes d'isovaleurs d'indices pluviométriques, nous a permis de noter une avancée significative de celles-ci. La zone de transition climatique qui s'étendait jusqu'à la latitude de Blitta n'y arrive plus. Grâce au traitement des données de précipitations et de températures enregistrées dans cette station de 1968 à 1998, nous remarquons que le climat de Blitta, est devenu franchement unimodal. Par conséquent il y a extension de l'aire unimodal de la région Centrale vers la région des Plateaux. Il y a également la réduction du nombre de mois pluvieux et des hauteurs d'eau mensuelles enregistrées dans les Plateaux, acheminant ainsi ce régime de transition vers un régime bimodal franc et à coup sûr, vers un régime unimodal si la tendance actuelle se maintient. Outre ces comportements, nous notons une avancée significative de l'isohyète 1300 mm vers les zones de montagnes à l'ouest et au centre, tandis que celle de 1000 mm s'étend actuellement jusqu'à Mango au nord et Tsévié au Sud (Carte n°3).

Ces observations sont également révélées par notre étude au niveau du Littoral et de la région Maritime. A tradition bimodal, ces deux régions connaissent actuellement une disparition progressive de la petite saison de pluies, tantôt inexistante, tantôt centrée uniquement sur le mois d'octobre, le mois de septembre étant devenu un mois sec ( Tableau n°28 ). Le régime de ces deux régions est aujourd'hui, étant donné l'état des hauteurs d'eau et le comportement de la petite saison de pluies, beaucoup plus un régime tropical humide dégradé à la limite du tropical sec, donc proche du régime climatique de la région des Savanes, avec la fréquence actuelle de l'harmattan sur la côte.

Tableau **n°28 : Caractéristiques hydriques régionales mensuelles actuelles du Togo.**

| | J | F | M | A | M | J | JT | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Littoral | S | S | SS | SH | H | H | SH | S | S | SS | S | S |
| Maritime | S | S | SS | H | H | H | SH | S | SS | SH | S | S |
| Plateaux | S | S | SH | H | H | H | H | H | H | H | S | S |
| Centrale | S | S | S | H | H | H | H | H | H | H | S | S |
| Kara | S | S | S | SH | H | H | H | H | H | H | S | S |
| Savanes | S | S | S | S | SH | H | H | H | H | SH | S | S |

**S** : Sec ; **SS** : Subsec ; **SH** : Subhumide ; **H** : Humide

**Carte n°3** : Evolution des zones délimitées par les isohyètes 1000 et 1300 mm au cours des périodes de 1961-1970 et 1991-1998.

1961 - 1970 1991 - 1998

**Légende**

< 1000 mm 1000 mm < < 1300 mm > 1300 mm

## 3.2 - LES TEMPERATURES

Les températures qui règnent dans la troposphère et la surface de la terre ont une importance centrale dans le cadre du problème du réchauffement par l'effet de serre. Cette étude se fera à quatre niveaux : tour à tour nous allons analyser le comportement actuel des températures maximales par rapport à la normale, le comportement des températures minimales, celui des moyennes et de l'amplitude thermique.

### 3.2.1 - EVOLUTION DES TEMPERATURES MAXIMALES

Elles ont considérablement évolué dans le temps et dans l'espace. Dans le temps, parce qu'au cours de la période d'observation (1961-1998 ) nous avons constaté une évolution régulière interannuelle des maxima de température. Dans l'espace parce que d'une région à une autre, le rythme d'évolution varie.

L'analyse des totaux annuels indique une forte modification des valeurs maximales de température dans diverses régions du pays. Dans les Savanes, la différence par rapport à la normale est évaluée à (+0,8°C), suivi du Littoral, (+0,6°C). Les autres zones climatiques n'ont connu qu'une évolution assez modérée notamment (+0,1°C) dans la Kara et le centre ; (+0,5°C) dans la région maritime. Les Plateaux observent une apparente stabilité.

En dehors des totaux annuels, les variations inter mensuelles et inter saisonnières sont d'un intérêt capital parce qu'étant les plus ressenties par les êtres vivants. Pour évaluer efficacement ces déviations nous avons utilisé les indicateurs mensuels d'anomalies de températures maximales.

L'analyse de ces indicateurs permet de constater une nette évolution mensuelle positive très remarquable sur le Littoral et dans la région maritime. En effet, tous les mois de l'année dans ces deux régions notent une augmentation de leur température maximale mensuelle. Le mois de février enregistre la hausse la plus spectaculaire. D'un indicateur normal de (+0,4°C) il passe à (+1,1°C) sur le Littoral, et de (-2,5°C) à (+0,8°C) dans la région maritime.

Cette tendance mensuelle n'est pas respectée dans toutes les régions. Dans les Plateaux, en dehors de certains mois, ( février, mars et avril), qui enregistrent une légère hausse, les autres ne connaissent qu'une baisse de leurs valeurs. Janvier passe d'un indicateur normal de (+1,2°C) à (+0,7°C), décembre, de (+0,4°C) à (+0,3°C). Une stabilité est aussi observée. Il s'agit dans ce cas des mois de mai, juillet août, et octobre. Ce comportement est également observé dans le Centre et la Kara.

Les Savanes, malgré une évolution prononcée de ses totaux annuels de températures maximales, affichent une position plutôt intermédiaire. En effet, en dehors du mois de mai qui enregistrent une baisse, et décembre une stabilité, les dix autres mois enregistrent une augmentation de leurs valeurs maximales de températures. C'est le cas entre autres de : février qui passe d'une valeur normale de 35,9°C à 37,2°C, mars de 37,4°C à 38,7°C, et avril de 37°C à 37,7°C, etc.

La figure n°36, ( exemple du Littoral ), des courbes d'indicateurs d'anomalies de températures maximales moyennes mensuelles au cours de la période 1994-1998, par rapport à la normale nous permettra de constater que l'année la plus chaude de toute la série d'observation est 1998, dont la courbe se situe largement au-dessus de la normale.

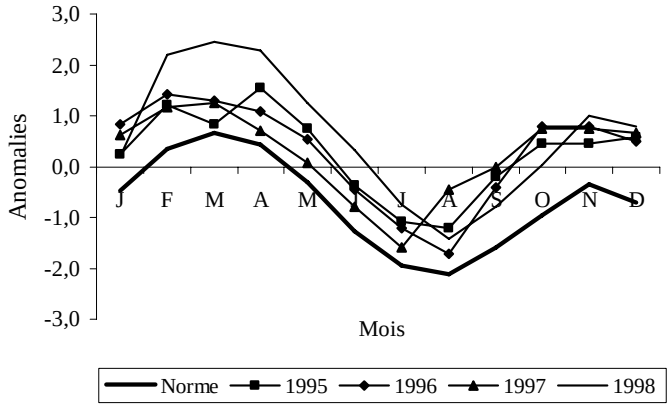



**Figure n°36 :** Courbe d'anomalie de températures maximales moyennes mensuelles des quatre dernières années par rapport à la norme de 1961-1990

La température maximale moyenne mensuelle a évolué dans toutes les régions climatiques du pays, seuls les Plateaux connaissent une certaine stabilité de cette variante de températures. Cependant, leur évolution mensuelle revêt un intérêt capital. En ce sens que sur le Littoral, dans la région maritime, et à la limite dans les Savanes, nous remarquons une évolution mensuelle positive assez significative. C'est

dans ces trois régions que nous observons les plus fortes évolutions, (+0,8°C) dans les Savanes, qui sont passés de 33,6°C à 34,4°C ; (+0,6°C) sur le Littoral passant ainsi de 30,7°C à 31,3°C ; et (0,5°C) dans la région maritime qui est passée de 31,6°C à 32,1°C.

### 3.2.2 - EVOLUTION DES TEMPERATURES MINIMALES MOYENNES MENSUELLES

On sait que le réchauffement de la surface de la terre et de la troposphère est causé par un accroissement de l'effet de serre naturel. Ce réchauffement non seulement est observée à une échelle plus réduite, mais aussi sur les températures minimales mensuelles dont une augmentation exagérée deviendrait inquiétante parce.

Tout comme l'autre extrême, les températures minimales mensuelles ont connu une évolution très diversifiée dans les six régions climatiques observées.

Dans l'ensemble, l'évolution inter annuelle varie d'une région à une autre, sans doute à cause des raisons que nous évoquerons dans la quatrième partie de ce document. C'est justement le Littoral qui enregistre la hausse la plus remarquable. Sa valeur normale est passée de 23,1°C à 24°C soit une augmentation de (+0,9°C), ou 3,9 %. Ce comportement n'est pas loin des observations que nous avons faites dans la région Maritime et les Plateaux où nous constatons un passage respectivement de 22,7°C à 23,4°C puis de 20,2°C à 21°C soit une augmentation de (+0,7°C) ou 3,1% et (+0,8°C) ou 4% par rapport à la norme ( Figure n°37 ). Les régions septentrionales, comme précédemment n'ont observé qu'une faible et hésitante évolution ; le Centre est passé de 20,2°C à 20,5°C soit une différence par rapport à la norme de (+0,3°C) ou 0,14 % ; parfois une baisse, le cas de la Kara, de 21,0°C on est passé à 20,9°C soit une baisse de (-0,1°C) ; et une relative stabilité dans les Savanes.

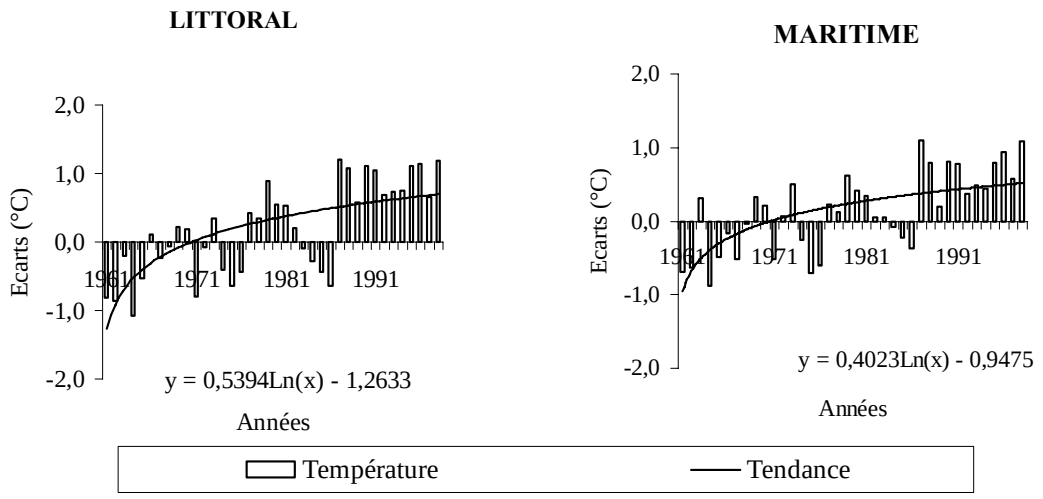



**Figure n°37 :** Evolution interannuelle des températures minimales par rapport à la norme, sur le Littoral et dans la région Maritime.

En adoptant la méthodologie établie au point 3.2.1, c'est-à-dire le calcul des indicateurs d'anomalies de température minimale, nous pouvons clairement et efficacement évaluer l'état de l'évolution mensuelle actuelle des températures minimales par rapport à la normale de 1961 à 1990. L'analyse de ces valeurs révèle une évolution positive des moyennes mensuelles particulièrement sur le Littoral, dans les Plateaux et la région maritime ( Figure n°38 ). En effet, tous les mois de l'année ont enregistré une hausse de cette valeur, surtout les mois de, septembre pour le Littoral. D'un indicateur d'anomalie de (-1,4°C) il passe à (-0,6°C). La région maritime passe d'un indicateur de (-1,2°C) à (-0,4°C). Et mars pour les Plateaux de (+0,2°C) on est passé à (+1,5°C). Autrement dit, le mois de septembre a enregistré sur le Littoral une augmentation de (+0,4°C) et dans les Plateaux le mois de mars obtient une hausse de (+1°C) passant de 21,1°C à 22,1°C (1991-1998).

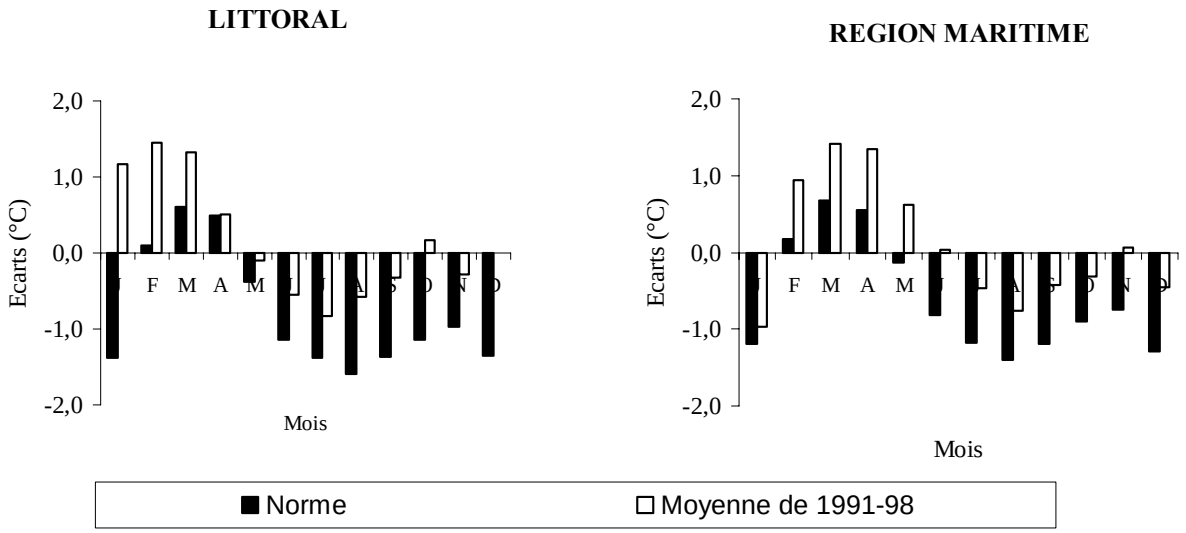



**Figure n°38** : Evolution mensuelle des températures minimales par rapport à la norme, sur le Littoral et dans la région maritime.

On observe, cependant une atténuation progressive de ce comportement mensuel des valeurs minimales de températures vers le Nord du pays. La région centrale affiche une tendance mensuelle pas assez remarquable, certains mois comme décembre, janvier, et février notent plutôt une régression de leurs valeurs d'autres par contre, en dehors de mai et novembre qui sont restés relativement stables, connaissent une timide élévation de leurs températures minimales. La région de la Kara enregistre également cette timide évolution avec tantôt une baisse ; tantôt une hausse ; les Savanes observent quant à elles une apparente stabilité de ses valeurs minimales.

### 3.2.3 - EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES REGIONALES

La température moyenne est une variable climatique ayant un impact significatif sur l'agriculture et l'écosystème. L'analyse de cette donnée est très capitale, parce que, lorsque l'on parle de températures, on voit immédiatement les moyennes. Lorsqu'on parle de réchauffement planétaire, c'est encore elles qui sont indiquées.

A l'instar des autres variantes de températures, les moyennes mensuelles ont considérablement évolué au cours de ces dix dernières années. Une évolution qui diffère d'une région à une autre et comprise dans une fourchette allant de (+0,2°C) à (+1°C).

- Le Littoral, plus proche de l'océan a observé une hausse très importante avec une fréquence, ces derniers temps d'épisodes de chaleur surtout durant l'année 1998 qui a été l'année la plus chaude de la série comme le confirme bien les résultats de notre étude notamment la figure n°37. La valeur normale calculée sur 30 ans (1961-1990) est passée de 26,9°C à 27,9°C, un écart par rapport à la normale de l'ordre de (+1°C) soit une hausse de 3,7 %. Une croissance plutôt inquiétante étant donné les multiples incidences qu'elle provoque sur la santé et le bien-être des populations.

Tout comme le Littoral, la région Maritime a connu un surplus de (+0,7°C), soit (2,6%) sur ses 27,1°C de normale qui est actuellement passée à 27,8°C.

- La tendance modérée de cette évolution des moyennes annuelles est remarquée dans les Plateaux et les Savanes. L'on y observe une augmentation de l'ordre de (+0,4°C) sur des normales respectives de 25,1°C et 28,0°C soit une hausse de 1,6 % dans les Plateaux et 1,43 % dans les Savanes.

- A l'inverse les plus faibles avancées sont relevées dans la Kara et le Centre. On note un passage des normales respectivement de 26,8°C à 27,0°C et de 26,3°C à 26,6°C. Soit une hausse de (+0,2°C) et (+0,3°C) des totaux annuels dans la Kara et le Centre, figure n°39.

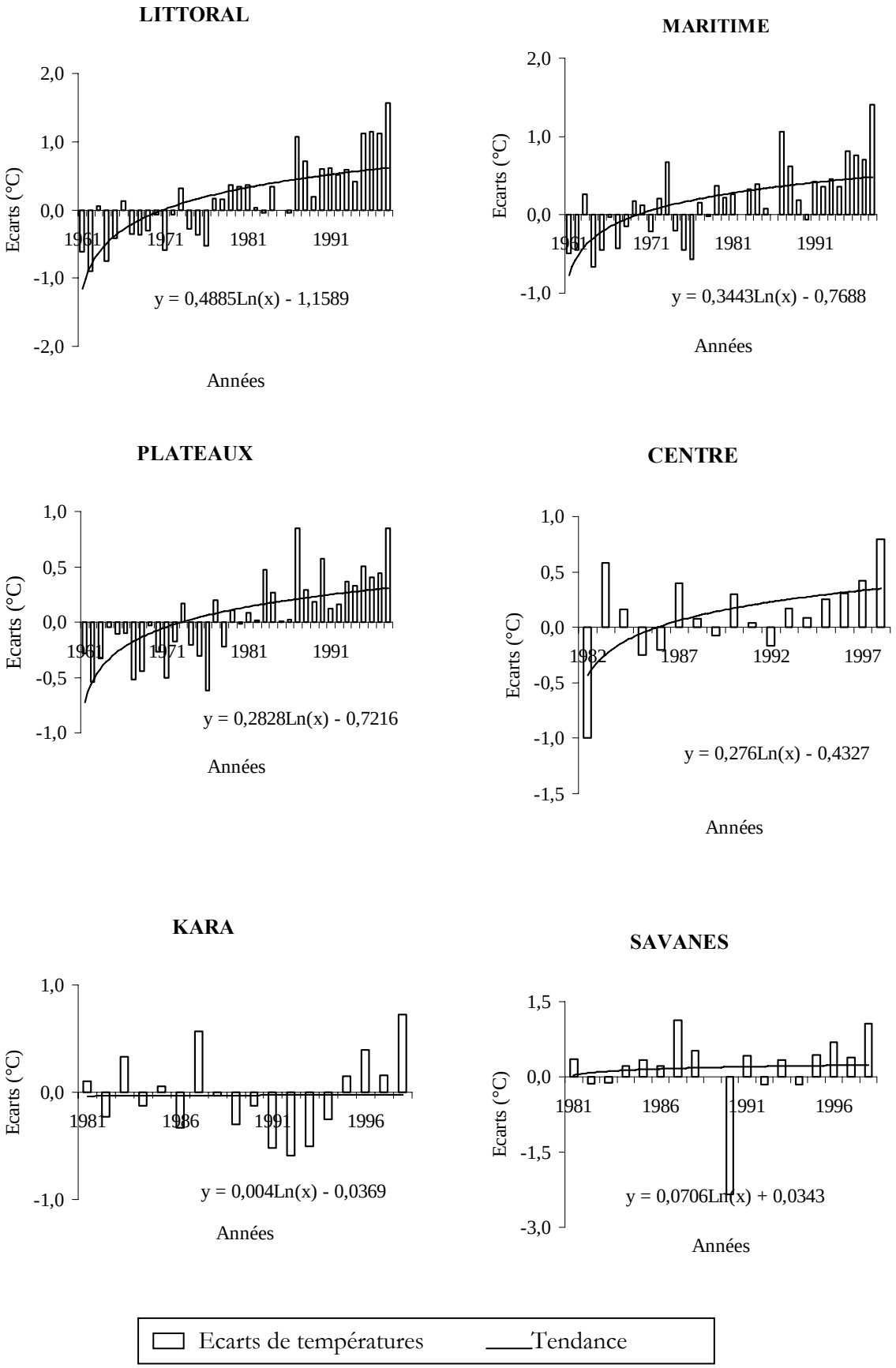



**Figure n°39 :** Evolution inter annuelle régionale des températures moyennes annuelles

Cette évolution positive générale des totaux annuels normaux se confirme bien par l'analyse du comportement des valeurs mensuelles et saisonnières. Cette étude nous a conduit au calcul des indicateurs d'anomalies. A cet effet nous avons grâce à ces calculs remarqués une augmentation sensible des valeurs mensuelles et saisonnières. Sur le Littoral nous notons une hausse de toutes les valeurs mensuelles en particulier des mois de janvier, qui, d'un indicateur de (-0,5°C) passent à (+0,1°C) ; de février (de +0,4°C à +1,2°C) ; novembre (de -0,4°C à +0,3°C) et décembre (de -0,7°C à +0,1). Les mois de la saison humide, notamment de la grande sont devenus beaucoup plus chauds que d'ordinaire, comme le témoignent les indicateurs d'anomalies de juin, le mois le plus pluvieux, qui passe de (-1,3°C) à (-0,6°C). Cette évolution est surtout remarquable au cours du mois d'août, généralement frais, il est devenu au cours de cette période (1991-1998) un peu plus chaud, aussi la période froide est très brève.

En terme de degrés, ce mois connaît une différence par rapport à la norme de l'ordre de (+0,6°C). Le mois de septembre a également connu une croissance assez considérable. Non seulement il note une baisse significative de ses précipitations, mais aussi une température moyenne en hausse d'où un régime pluviométrique de plus en plus sec. Il est passé d'un indicateur normal de (-1,6°C) à (-0,4°C). Ces comportements des moyennes de températures mensuelles sont également observés dans la région Maritime, mais on note ici une ampleur légèrement atténuée par rapport au Littoral. Les variations mensuelles y sont quand même proches les unes des autres ( Figure n°40 ).

Pour le reste des régions, tout comme l'indique leurs valeurs annuelles, les variations mensuelles n'ont pas été très considérables surtout au niveau des mois généralement très chauds (mars/avril) et au cours des périodes froides où on note une légère hausse des valeurs ( novembre, décembre et janvier).

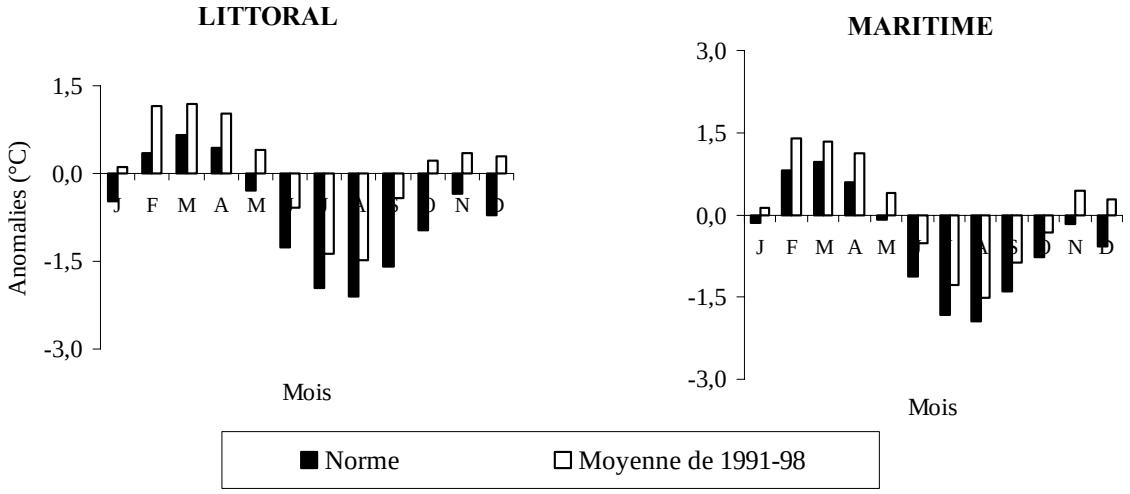



**Figure n°40 :** Evolution mensuelle des températures moyennes sur le Littoral et dans la Région Maritime.

### 3.2.4 - L' AMPLITUDE THERMIQUE

L'évolution de cette variable de température est également remarquable. Elle est en baisse dans toutes les régions climatiques du pays à l'exception de la Kara où, une légère augmentation est constatée.

Il faut cependant remarquer que malgré la tendance constatée au niveau de toutes les régions, la différence entre la moyenne de 1991 à 1998 et la normale n'est pas très grande.

En effet, le Littoral qui a selon notre étude, et les prévisions de certains Chercheurs, notamment DOGBE, ( 1992), enregistré la hausse la plus élevée de la température moyenne et ayant la plus faible amplitude thermique n'a connu qu'une baisse de (-0,3°C) de cette valeur, qui est passée de 7,6°C à 7,3°C. Dans cet ordre la région Maritime enregistre la baisse la plus faible, soit (-0,17°C) par rapport à une norme de 8,9°C.

C'est particulièrement les Plateaux et le Centre qui ont observé les baisses les plus importantes. Bien que la hausse de leurs valeurs moyennes de températures soit assez modérée. Les Plateaux en temps normal jouissent d'une amplitude thermique moyenne de l'ordre de 9,7°C. Cette valeur est aujourd'hui passée à 8,9°C soit une baisse de (-0,8°C). Une baisse est également observée dans le centre.

L'amplitude thermique, ici, est élevée d'une moyenne de 12,5°C elle est actuellement passée à 11,7°C. Les Savanes, à leur tour voient leurs valeurs passer de 12,1°C à 11,9°C soit un manque à gagner de (-0,2°C).

Cependant, et contrairement aux autres régions, la Kara enregistre une augmentation de son amplitude thermique annuelle de (+0,32°C).

Aussi, la répartition mensuelle des différentes oscillations des valeurs annuelles est assez intéressante, parce que permettant de voir de combien y a-t-il d'augmentation au niveau de chaque mois.

Sur le Littoral comme dans les régions Maritime et des Plateaux, la baisse est remarquée au niveau de tous les mois en particulier le mois d'août pour la région Maritime et le Littoral, de (6,9°C) il est passé à (6,6°C) ; et juillet pour les Plateaux.

Ce comportement s'inverse légèrement dans les régions septentrionales notamment le Centre, la Kara et les Savanes. A ce niveau les mois coïncidant généralement avec les périodes d'harmattan (novembre, décembre, et janvier) et des périodes de chaleur (février, mars, avril) ont une amplitude thermique en hausse tandis que les mois pluvieux notent plutôt une baisse.

L'évolution de l'amplitude thermique mensuelle comme le révèlent les résultats de notre étude est témoin mieux, confirme une fois encore que les températures ont suffisamment évolué sur notre territoire et que le phénomène de réchauffement planétaire est ressenti au Togo, et des différentes mesures ou politiques visant à son atténuation sont à élaborer.

En somme, l'étude de l'évolution des valeurs de températures mensuelles des six régions climatiques de notre pays nous a permis de faire les constats suivants :

- Concernant les températures maximales moyennes, nous notons une évolution considérable des valeurs en l'occurrence dans le sud du pays, sur le

Littoral, dans la région Maritime et dans les Savanes avec respectivement (+0,6°C), (+0,5°C), et (+0,8°C). Seules les Plateaux connaissent une relative stabilité de leur maximum, la Kara et le Centre observent une légère hausse de (+0,2°C)

- S'agissant des températures minimales, les tendances s'inversent un peu. Le Littoral enregistre une hausse importante, (+0,9°C) ; la région Maritime, (+0,8°C) et les Plateaux (+0,7°C). Le Centre reste beaucoup plus modéré avec (+0,3°C). La seule controverse est relevée dans la Kara où nous observons une baisse de (-0,1°C), les Savanes par contre affichent une apparente stabilité.

- Pour les moyennes, l'évolution a été bien clairement établie à tous les niveaux : le Littoral a une augmentation de (+1°C) , la région Maritime (+0,7°C), les Plateaux et les Savanes (+0,4°C), le centre ( +0,3°C )et la Kara (+0,2°C).

- L'amplitude thermique est en baisse dans toutes les régions à l'exception de la Kara où nous observons une augmentation de (+0,32°C).

- Il apparaît également que les régions du sud du pays, notamment le Littoral et la région Maritime sont les plus réchauffées, contre une timide élévation dans le Centre et la Kara.

### 3.3 - L' HUMIDITE RELATIVE MOYENNE MENSUELLE

Comme nous l'avions mentionné dans le chapitre précédant, la répartition et l'évolution saisonnière de l'humidité relative à grande échelle est très sensible à celle des anomalies de précipitations et de températures de surface. Autrement dit, l'assèchement progressif d'un milieu, dû, à une baisse de précipitations, et à l'augmentation de l'évaporation ont un effet négatif sur l'humidité relative de l'air atmosphérique. Or tel que nous l'avions montré dans les sections précédentes de ce chapitre, tous les paramètres du climat ont considérablement évolué d'une manière ou d'une autre, surtout la température et les précipitations. L'humidité relative, par

conséquent, connaît à sont tour une certaine tendance que nous allons essayer de découvrir dans cette analyse.

Les totaux annuels ont connu une évolution très diversifiée en fonction des régions et des variantes de l'humidité relative ( Figure n°41 ) :

⇒ Les maxima ont généralement baissé sur le Littoral et dans la région Maritime passant respectivement de 97 % à 95,9 % soit une baisse de (-1,1 %) et de 96,8 % à 96,4 % soit (-0,4 %) de baisse.

Le reste des régions par contre note une hausse sensible. Les Plateaux sont passés de 93,2 % à 94,0 % soit une différence de (+0,8 %). Le Centre, la Kara et les Savanes enregistrent une différence positive respectivement de (+1,6 %), (+2 %), et (+1,7 %).

⇒ Les minima, contrairement à l'humidité relative maximale, connaissent une modification positive. Le Littoral et la région Maritime enregistrent plutôt une tendance à la hausse, (+0,8 %) pour la région Maritime qui est passée de 60,1 % à 60,9 %, et de (+1,6 %) pour le Littoral. Cette tendance est également effective dans les Savanes, la Kara et le Centre. Seule la région des Plateaux observe la baisse de ses minima de l'ordre de (-1,8 %) soit un passage de 59,9 % à 58,1 %.

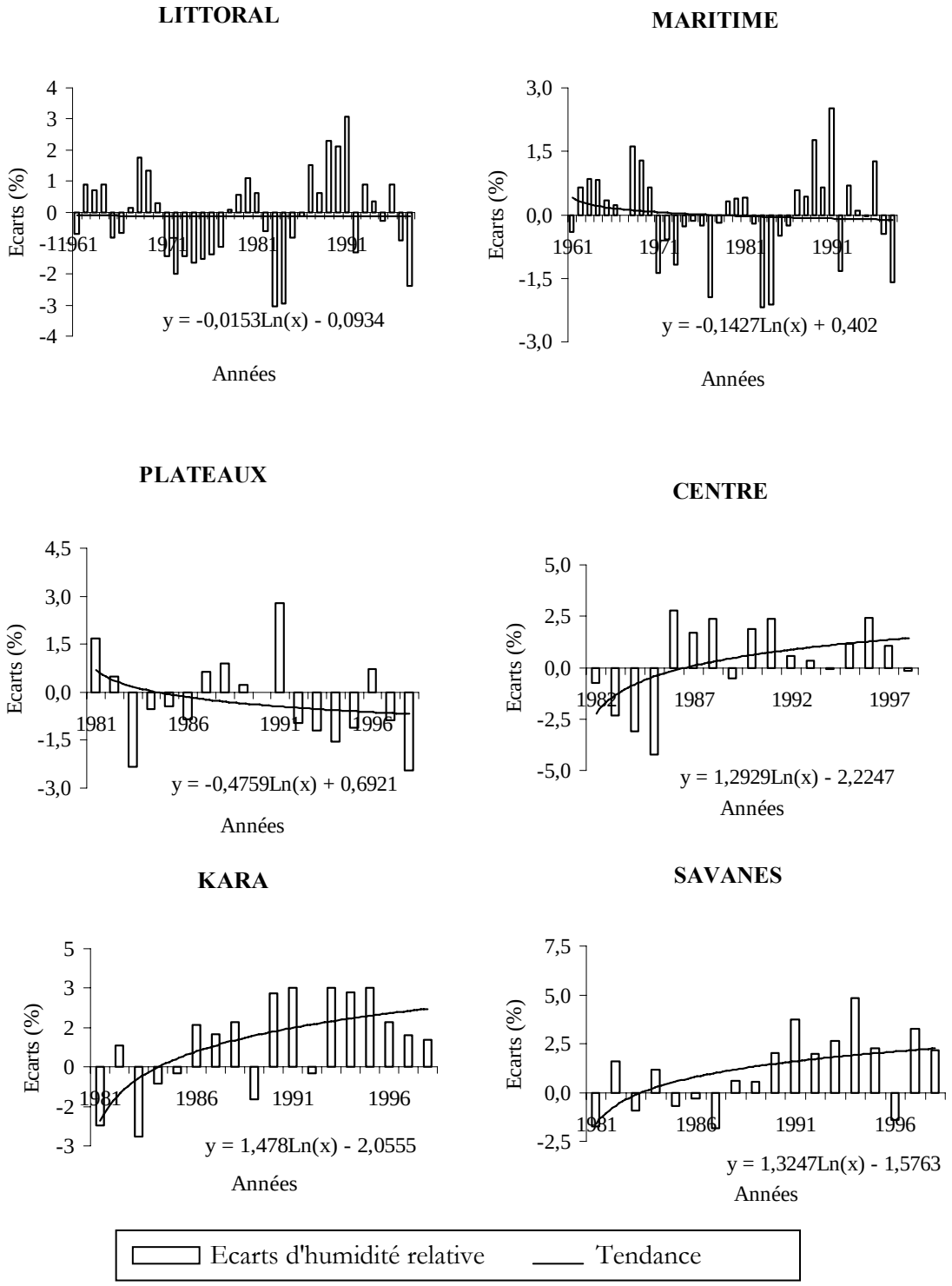



**Figure n°41** : Evolution annuelle de l'humidité relative régionale moyenne mensuelle par rapport à la norme

⇒ La moyenne de l'humidité relative, comme toutes les autres moyennes, traduit l'état moyen de ce paramètre. Par conséquent toute évolution à ce niveau indiquerait la variation générale moyenne de l'humidité relative.

Ainsi l'étude de l'humidité relative moyenne mensuelle régionale de 1991 à 1998 nous a permis de noter de nombreuses oscillations ( Figure n°42 ).

Le Littoral et la région Maritime ont observé une apparente hausse, très insignifiante, de leurs valeurs, respectivement (+0,25%) et (+0,6%). Cette tendance s'accentue davantage dans les régions septentrionales du pays où l'on observe une relative augmentation des précipitations au cours de cette décennie. La région centrale a enregistré une oscillation de (+0,8 %) par rapport à la norme, la Kara (+2 %), (de 62 % à 64 %) et les Savanes (+2,4 %), ( de 54,9 % à 57,3 %). Seuls les Plateaux observent une oscillation négative notamment passant de 76,6 % à 76 % soit une baisse de (-0,6 %).

La tendance générale des totaux annuels se confirme par le calcul des indicateurs d'anomalies mensuels d'humidité relative.

Au niveau des maxima, que ce soit sur le Littoral ou dans la région Maritime, les données d'humidité relative mensuelle ont considérablement baissé par rapport à la normale de (1961-1990). Comme l'indique les indicateurs d'anomalies d'humidité relative maximale mensuelle, seuls les mois de mars et juillet ont noté une légère augmentation de l'humidité. Sur le Littoral, elle est passée d'un indicateur normal de (-0,3%) en mars à (-1,0 %) et de (+0,4 %) en juillet à (+0,6 %).

Par contre dans les Plateaux, six mois ont enregistré une augmentation de cette variante d'humidité relative. Il s'agit essentiellement des mois de janvier, février, avril, mai, juin, et octobre. Juillet et août sont restés stables avec un indicateur d'anomalie de (+0,7 %). C'est surtout les mois de novembre, décembre, mars, et septembre qui observent une baisse significative avec respectivement des indicateurs passant de (+0,3%) à (0,0 %) ; de (+0,8 %) à (+1,0 %) ; (-0,2 %) à (-0,3 %) et de (+0,7 %) à (+0,6%).

Ce comportement enregistré dans les Plateaux est très proche de l'allure des courbes mensuelles de la région centrale. La seule différence est que le nombre de mois stables y est très élevé, tandis que ceux observant une hausse sont moins nombreux. Quatre : janvier, d'un indicateur de (-2,0 %) à (-1,8 %), septembre de (+0,1 %) à (+0,8 %), octobre de (+0,4 %) à (+0,7 %) et novembre de (+0,1 %) à (+0,3 %).

La Kara et les Savanes connaissent une situation mensuelle inverse. Tous les mois notent dans ces deux régions au cours de cette décennie une augmentation des

valeurs mensuelles d'humidité relative maximale. Dans la Kara, les hausses les plus importantes ont été enregistrées au cours des mois de février (de 49 % à 53 % soit +4 % de différence) et mai ( de 91 % à 95 % soit une hausse de +4 % également ). Dans les Savanes, c'est plutôt les mois de mai avec des valeurs qui passent de 84 % à 88,4 %, une augmentation de (+4,4 %) et de novembre (de 65,1 % à 68,9 %).

L'humidité relative minimale a également évolué. Sur le Littoral et dans la région Maritime, c'est uniquement au cours des mois de janvier et décembre qu'on note une baisse.

Dans les Plateaux par contre, aucun mois n'a obtenu une hausse de ses valeurs minimales mensuelles d'humidité relative. Les mois de janvier, juin, août, et septembre sont restés stables. Le reste ne connaît qu'une tendance à la baisse.

Le Centre, la Kara et les Savanes ont enregistré à leur tour une hausse sensible de leurs données mensuelles minimales, hausse qui est immédiatement absorbée par les déséquilibres remarqués au niveau des autres mois.

Les valeurs d'indicateurs moyens mensuels de l'humidité relative affiche une augmentation de l'humidité moyenne durant la grande et la petite saison de pluies sur le Littoral, notamment au cours des mois de juin, juillet, septembre. Une considérable baisse par rapport à la norme durant la grande saison sèche, janvier, février ; et une stabilité pendant la petite saison sèche d'août et le début de la grande saison sèche ( novembre, et décembre).

Cette tendance Cependant n'est pas générale. Dans la région Maritime, nous observons une augmentation de l'humidité relative moyenne mensuelle durant la petite saison sèche et la petite saison des pluies (août, septembre, et octobre) ; tandis que la grande saison des pluies n'enregistre qu'une relative stabilité de ses valeurs. Le début de la grande saison est plutôt marqué par un renforcement de la baisse de l'humidité moyenne mensuelle.

Comme nous l'avions dit plus haut, l'humidité relative moyenne a baissé dans la région des Plateaux. Cette baisse du total annuel se répercute, dans la distribution des données moyennes mensuelles, en ce sens que la baisse annuelle par rapport à la norme n'est au fait que la somme des différentes baisses observées au cours des

différents mois de l'année. Ainsi les mois de la saison sèche enregistrent au cours de cette décennie (1991-1998) une humidité moyenne de plus en plus faible, seul le mois de janvier enregistre un léger relèvement de sa valeur ( d'un indicateur de -1,9 % il est passé à -1,7 %). Les mois de la saison pluvieuse restent cependant stables sauf juin, qui note une très légère hausse.

La région centrale note une hausse de l'humidité relative moyenne vers la fin de la saison des pluies notamment, septembre et octobre ; une légère augmentation est observée en mai ( Figure n°42 ).

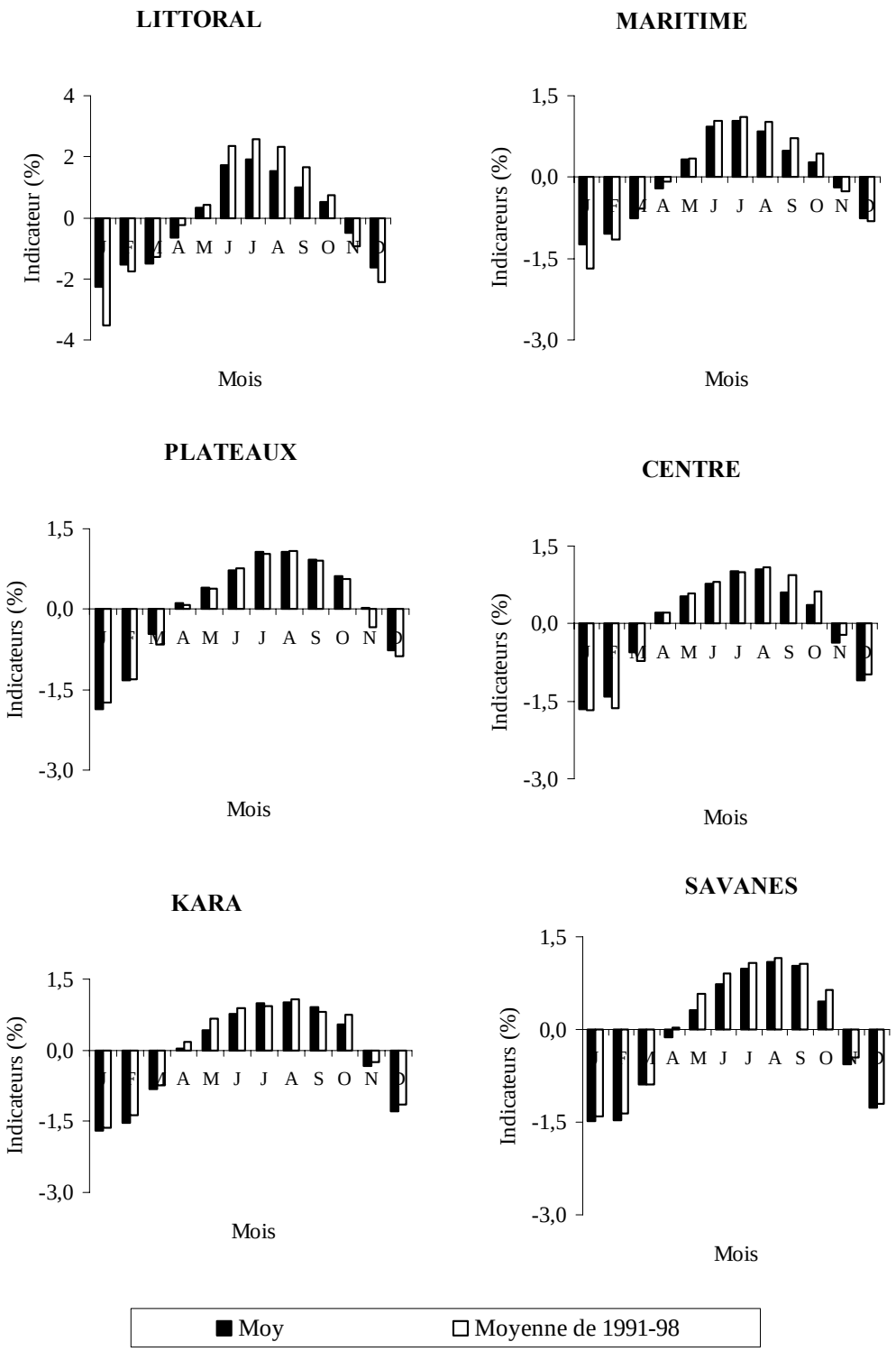



**Figure n°42** : Evolution mensuelle des valeurs de l'humidité relative moyenne par rapport à la norme.

Les analyses faites à base des données moyennes mensuelles de l'humidité relative, nous ont permis de faire les constats suivants :

- Au niveau des maxima, une chute de l'ordre de (-1,1 %) sur le Littoral, (-0,4 %) dans la région Maritime ; une hausse de (+0,8%) dans les Plateaux et les Savanes ; (+1,6 %) dans le Centre, et (+2 %) dans la Kara.

- Au niveau des minima, augmentation par rapport à la norme de 1961-1990, sur le Littoral, dans la région Maritime, le Centre, la Kara, et les Savanes avec respectivement, (+1,6 %), (+0,8 %), (+0,2 %), (+2,0 %), et (3,2 %). Seuls les Plateaux ont noté une baisse de cette variante de l'humidité relative avec un écart de (-1,8 %).

- Les moyennes ont relativement évolué dans certaines régions notamment, sur le Littoral et la région Maritime avec (+0,25 %) et (+0,1 %) respectivement. Les Plateaux notent une baisse de (-0,6 %). Le Centre (+0,8 %), la Kara (+2%) et les Savanes (+2,4 %), sont en hausse.

Dans l'ensemble, sur le plan national, l'humidité relative a augmenté de (+0,5 %).

## 3.4 - L' INSOLATION MENSUELLE

Dans le chapitre 2 nous avions afin de définir les caractéristiques saisonnières et mensuelles des données d'insolation, considéré les valeurs moyennes mensuelles d'insolation. Nous allons sous cette rubrique considérer les cumuls mensuels dans le but de voir réellement ou de quantifier la valeur horaire réelle ayant variée.

Les cumuls annuels font ressortir deux tendances très contrastées :

La première tendance est observée dans la région maritime et sur le Littoral, les valeurs annuelles d'insolation indiquent une baisse très remarquable d'autant puisse qu'elles sont passées d'un cumul normal de 2381 h à 2290,2 h sur le Littoral, et de 2176,3 h à 2084,4 h dans la région Maritime.

A l'opposé, les régions des Plateaux, de la Kara et des Savanes font apparaître une évolution à la hausse de leurs valeurs annuelles. Les Plateaux

enregistrent actuellement un cumul moyen de l'ordre de 2362,5 h contre une normale de 2298,6 h. La Kara et les Savanes observent, quant à elles, une hausse plus importante avec respectivement 239,3 h et 167,7 h par rapport à la norme.

Outre ces cumuls annuels, l'évolution des valeurs mensuelles reste également remarquable et beaucoup plus intéressante. La région Maritime a connu, comme pour ses valeurs annuelles une baisse des cumuls au niveau de tous les mois à l'exception du mois de juin, qui passe de 147,8 h à 148,1 h.

Sur le Littoral, les mois de la saison sèche observent une baisse significative, par contre ceux de la grande saison de pluies et de la petite saison enregistrent des valeurs en légère hausse ; juin (de 143 h à 154,8) ; juillet (de 132 h à 146,8 h) ; et octobre (de 220 h à 224,4 h).

Le comportement remarqué sur le Littoral est pratiquement le même observé dans les Plateaux. La hausse du cumul annuel ne se repartit, ici que sur huit mois (d'avril à novembre), mois recevant les plus fortes hauteurs d'eau mensuelle ( Figure n°43 ).

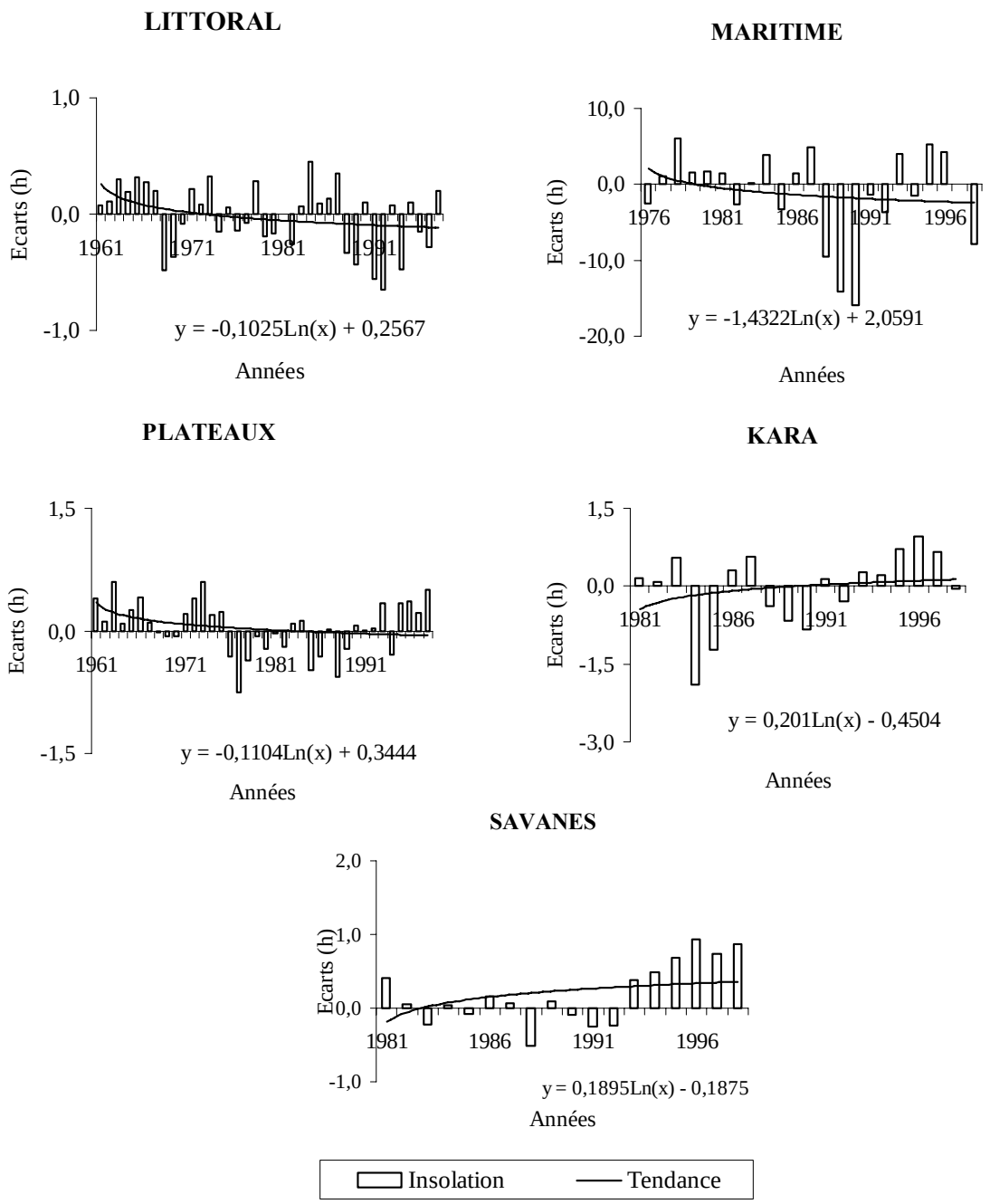



**Figure n°43** : Insolation annuelle, évolution par rapport à la norme.

Le reste des régions septentrionales à l'exception de la région centrale, qui n'a pas une série complète, connaissent une hausse générale au niveau de tous les mois.

En somme, nous remarquons, après cette étude de l'insolation mensuelle, que deux tendances très contrastées s'impriment sur le territoire togolais :

- Une baisse progressive des données d'insolation remarquée sur le Littoral et dans la région Maritime ;
- Et une hausse dans le reste des régions étudiées.

Tableau **n°29** : **Récapitulatif de l'évolution des paramètres climatiques par rapport à la norme de 1961 à 1990.**

| REGIONS | PARAMETRES | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | ANNEE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Littoral | P (mm) | + | − | + | + | + | − | − | − | − | − | = | − | − |
| | T (°C) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | H (%) | − | = | + | + | = | = | + | = | + | = | = | = | = |
| | Inso. (h) | − | − | − | − | − | + | + | − | − | + | + | − | − |
| Maritime | P (mm) | − | − | + | + | + | − | − | − | − | + | + | − | − |
| | T (°C) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | H (%) | − | − | + | + | + | + | + | − | − | − | − | − | − |
| | Inso. (h) | − | − | − | − | − | + | − | − | − | − | − | − | − |
| Plateaux | P (mm) | − | − | − | + | + | − | − | = | − | + | − | − | − |
| | T (°C) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | H (%) | + | = | − | = | = | + | − | = | = | = | − | − | + |
| | Inso. (h) | − | − | − | + | + | + | + | + | + | + | + | − | − |
| Centrale | P (mm) | − | − | − | + | + | − | − | + | + | + | = | − | − |
| | T (°C) | − | = | + | + | = | = | + | + | + | + | = | + | + |
| | H (%) | = | − | − | = | + | = | = | + | + | + | + | + | + |
| | Inso. (h) | | | | | | | | | | | | | |
| Kara | P (mm) | = | = | − | + | + | + | − | + | − | + | = | = | − |
| | T (°C) | = | + | = | = | − | = | − | + | + | − | − | − | + |
| | H (%) | + | + | + | + | + | + | − | + | + | + | + | − | + |
| | Inso. (h) | + | + | + | + | + | + | + | − | + | − | − | + | + |
| Savanes | P (mm) | = | = | − | + | + | + | − | + | − | + | = | = | − |
| | T (°C) | − | + | + | + | − | + | + | + | − | = | = | + | + |
| | H (%) | + | + | = | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Inso. (h) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

+: Hausse ; - :Baisse ; = : Stabilité

# CHAPITRE 4 : *DISCUSSION DES RESULTATS*

Pour donner un caractère scientifique à notre étude, nous allons confronter nos résultats ou les changements observés aux hypothèses émises sous la rubrique consacrée à la méthodologie.

D'après nos hypothèses, l'introduction ou l'importation massive des appareils ou engins d'occasion généralement très polluants, notamment véhicules, usines, appareils électroménagers, etc… ; et l'abattage anarchique des arbres pourrait sans nul doute occasionner ou accentuer les changements dans l'évolution des paramètres climatiques des régions du pays.

L'eau atmosphérique a généralement baissé dans toutes les régions climatiques du pays, et va continuer de baisser (Figure n°44) pour les précipitations ; augmentation pour l'humidité relative. Dans la même ligne, la hausse de l'humidité relative engendre une baisse du pouvoir évaporant de l'atmosphère.

L'augmentation de l'effet de serre a produit les conséquences que nous supposions. Les valeurs de la température moyenne mensuelle ont augmenté et seront toujours en hausse d'après nos projections (Figure n°45). L'introduction dans le pays des appareils d'occasion et la destruction chronique des puits de carbone, a toutefois eu des influences sur l'évolution d'autres caractéristiques thermiques comme les températures extrêmes et l'amplitude thermique.

## 4.1 - *L' INTERPRETATION*

Il convient tout d'abord de souligner que divers facteurs peuvent expliquer les changements relevés au niveau des différents paramètres choisis. Parmi tous ces facteurs, nous avons voulu, à dessein, privilégier ceux qui ont influencé les comportements des précipitations et des températures. Ce sont ces facteurs, qui, dans une grande mesure sont à la base de plusieurs des changements observés.

### 4.1.1 - LES FACTEURS FONDAMENTAUX DE LA BAISSE DE LA PLUVIOSITE

Les précipitations ont baissé dans l'ensemble au niveau de toutes les régions climatiques du pays. Cependant, l'influence des activités humaines sur cette

baisse n'est pas du tout aisée à appréhender dans la mesure où une baisse existait déjà avant la prolifération des GES et de leurs sources dans le pays, elle ne s'est donc trouvée accrue que depuis quelques années.

Les précipitations ont donc eu des influences qui se confirment par le fait que leur baisse est beaucoup plus sensible sur le littoral, la région maritime et celle des plateaux bien que recevant l'influence de l'océan, à cause sans doute de l'importance des activités humaines qui y sont exercées, et l'expansion démographique de plus en plus importante avec toutes les conséquences que cela peut engendrer sur l'environnement. Le sud du pays généralement plus développé que le Nord, en particulier les régions précitées, a une densité de population très élevé, c'est également cette zone qui abrite la capitale. En réalité, nos investigations nous ont permis de constater que ces régions climatiques ont connu un réchauffement très important. Or en matière de pluviométrie, l'action de la température et de l'humidité de l'air est très capitale, en ce sens que selon certains auteurs, plus un air est chaud plus il faut de vapeur pour le saturer.

L'humidité mesure donc la part de vapeur contenue dans l'air. Cette part est variable, mais au - delà d'une certaine quantité, l'air ne peut plus absorber de vapeur, il est dit saturé. C'est ce surplus de vapeur d'eau qui sera transformer en brouillard, rosée, nuages ou grive : c'est la condensation. Ainsi, le transport de vapeur dans l'atmosphère constitue un transfert de chaleur. L'énergie dépensée là où à lieu l'évaporation est restituée là où a lieu la condensation, ce qui contribue donc à la stabilité des climats. Le tableau n°30 indique la relation entre l'humidité et la saturation.

Tableau **n°30** : **humidité et saturation**

| A UNE TEMPERATURE DE | 1 KG D'AIR PEUT CONTENIR AU MAXIMUM |
|---|---|
| 30°C | 27,4g de vapeur d'eau |
| 20°C | 14,8g " " " |
| 10°C | 7,8g " " " |
| 0°C | 3,8g " " " |
| -10°C | 1,8g " " " |
| -20°C | 0,8g " " " |
| Source : géographie seconde, collection Bras - Brignon, 1989. | |

Si de telles quantités de vapeur sont atteintes, l'air est saturé ; l'humidité relative vaut 100%. Tout apport supplémentaire de vapeur est condensé. Ainsi un air à 20°C qui contient 12g de vapeur a une humidité relative égale à :

$$H\,\% = \frac{12g \times 100}{14{,}8g} = 81\%$$

Dans ces conditions la saturation ne peut être atteinte que s'il se produit soit un refroidissement de l'air au contact du sol, soit un soulèvement, pour le franchissement d'un relief par exemple.

On comprend donc aisément pourquoi le niveau des hauteurs d'eau est en baisse dans le pays et particulièrement sur le Littoral et dans la région Maritime. En effet, on peut supposer que le surplus de vapeur devant servir à la condensation y est loin d'être atteint ou insuffisant malgré la proximité de l'océan ; sans doute parce que pour une température moyenne de 28°C enregistrée actuellement, le kg d'air contient à peine 21 g de vapeur d'eau or il faudrait environ 26 g de vapeur pour qu'il soit saturé.

La baisse de l'humidité est, elle-même due à la faiblesse des précipitations faiblesse à laquelle vient s'ajouter la hausse des températures qui assèchent à leur tour l'air. Par conséquent la baisse des pluies ne peut qu'être évidente. Qu'en est - il du réchauffement ?

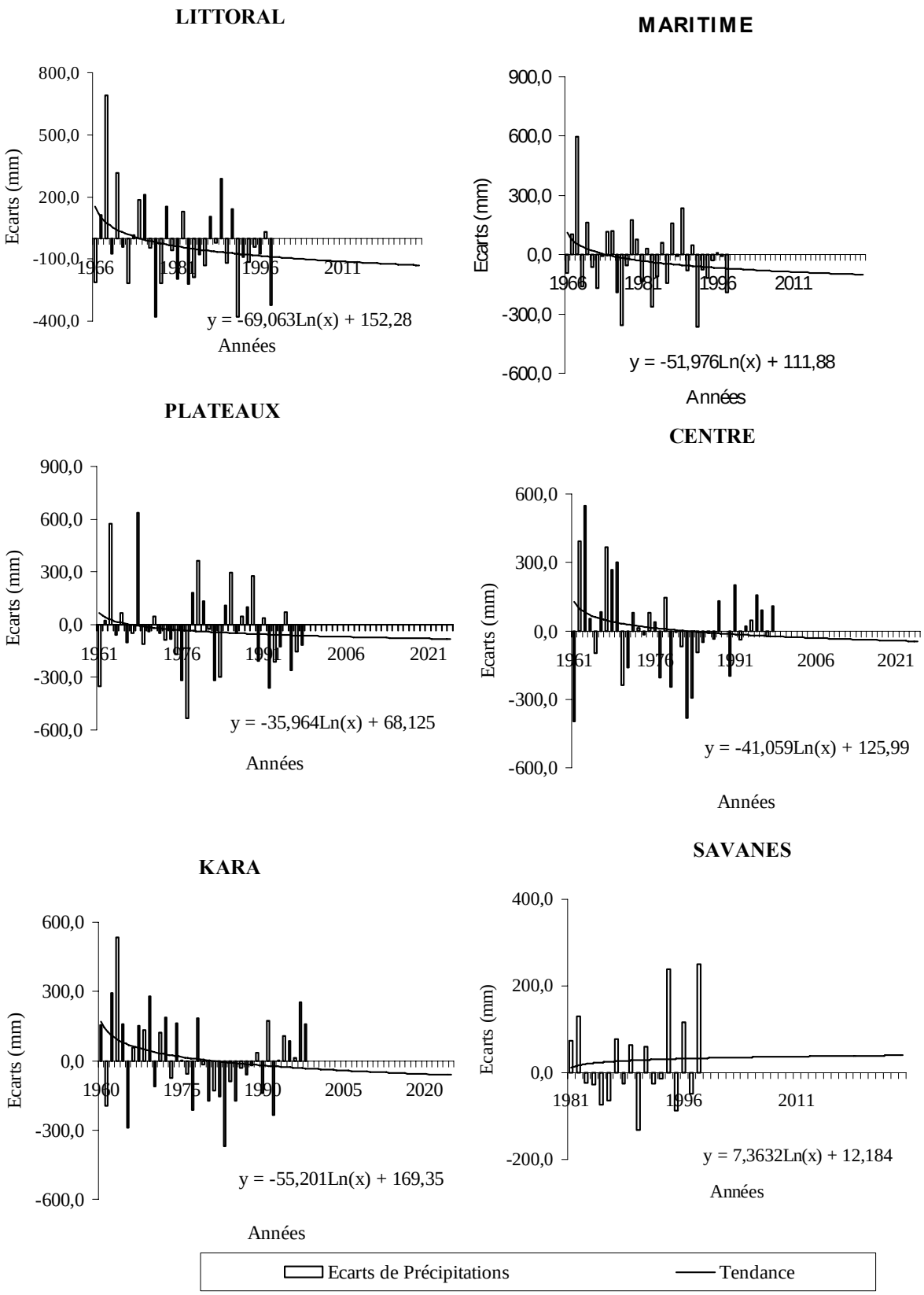



**Figure n°44** : Projection de l'évolution des précipitations pour 2025

## 4.2 - L' AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE : LES FACTEURS FONDAMENTAUX DU RECHAUFFEMENT AU TOGO.

Le phénomène de réchauffement que nous avons relevé dans toutes les régions climatiques et qui confirme les hypothèses que nous avons émises concernant la température peut être attribué à l'effet de serre. C'est un phénomène observé, comme nous l'avions dit plus haut, à l'échelle mondiale avec cependant de nombreuses variantes régionales et locales.

### 4.2.1 - LES PRINCIPALES SOURCES D' EMISSION AU TOGO

Nous avons, dans le premier chapitre de ce document, largement développé les différents aspects entrant en jeu lorsque nous parlons de réchauffement climatique, et les différentes sources d'émission de GES, leur teneur moyenne dans l'atmosphère et leur tendance. Cette rubrique sera essentiellement consacrée à l'étude des différentes sources d'émissions de GES au Togo et leur teneur dans l'atmosphère nationale.

#### 4.2.1.1 - Les principales sources relevées dans le pays

Nos investigations nous ont permis de recenser de nombreuses sources responsables d'émissions de GES au Togo ; les résultats de ces enquêtes que nous avons réalisées au port, dans la zone franche et dans tous les quartiers de Lomé, ont été confirmés par les résultats des études ultérieurs réalisées par le projet << Communication Nationale sur les Changements Climatiques >>. Ces résultats révèlent que les sources fondamentales d'émissions des GES, comme le spécifie l'IPCC, se regroupent en cinq grands secteurs :

- Le secteur énergétique : il s'agit ici des émissions provenant des industries énergétiques ( raffinerie ), d'industries de manufacture et de construction ; transport ; des commerces/institutions ; et des résidentiels et artisanat.
- Secteur des procédés industriels : émissions libérées par les produits minéraux et autres ( alimentation et boisons ).
- Secteur de l'Agriculture : à ce niveau les émissions sont dues à la fermentation entérique, aux systèmes de gestion du fumier, à la culture du

riz, à la combustion sur place des déchets agricoles et aussi au brûlage dirigé des savanes.

- Affectation des terres et foresterie : les forêts et autres stocks de biomasse ligneuse, la conversion des terres en terre de culture et de pâturages, les terres abandonnées en régénération, les changements liés aux affectations des terres sont les principales filières d'émission dans ce secteur.
- Le secteur des déchets englobe particulièrement les déchets solides, les eaux usées domestiques et commerciales, les eaux usées industrielles et les déjections humaines.

Il faut cependant remarquer que la grande partie de ces secteurs se localise dans le sud du pays en l'occurrence dans la capitale.

#### 4.2.1.2 - Les émissions : leur concentration dans l'atmosphère nationale.

L'inventaire des gaz à effet de serre au Togo a été réalisé par le projet "Changement Climatique". Il a été réalisé à partir d'une année de base, l'année retenue est l'année 1995. Cet inventaire a porté sur sept ans, c'est - à - dire 3 ans avant et 3 ans après l'année de base. A titre indicatif nous allons présenter sommairement les gaz et leurs différentes concentrations au cours de l'année 1995, Tableau n°32.

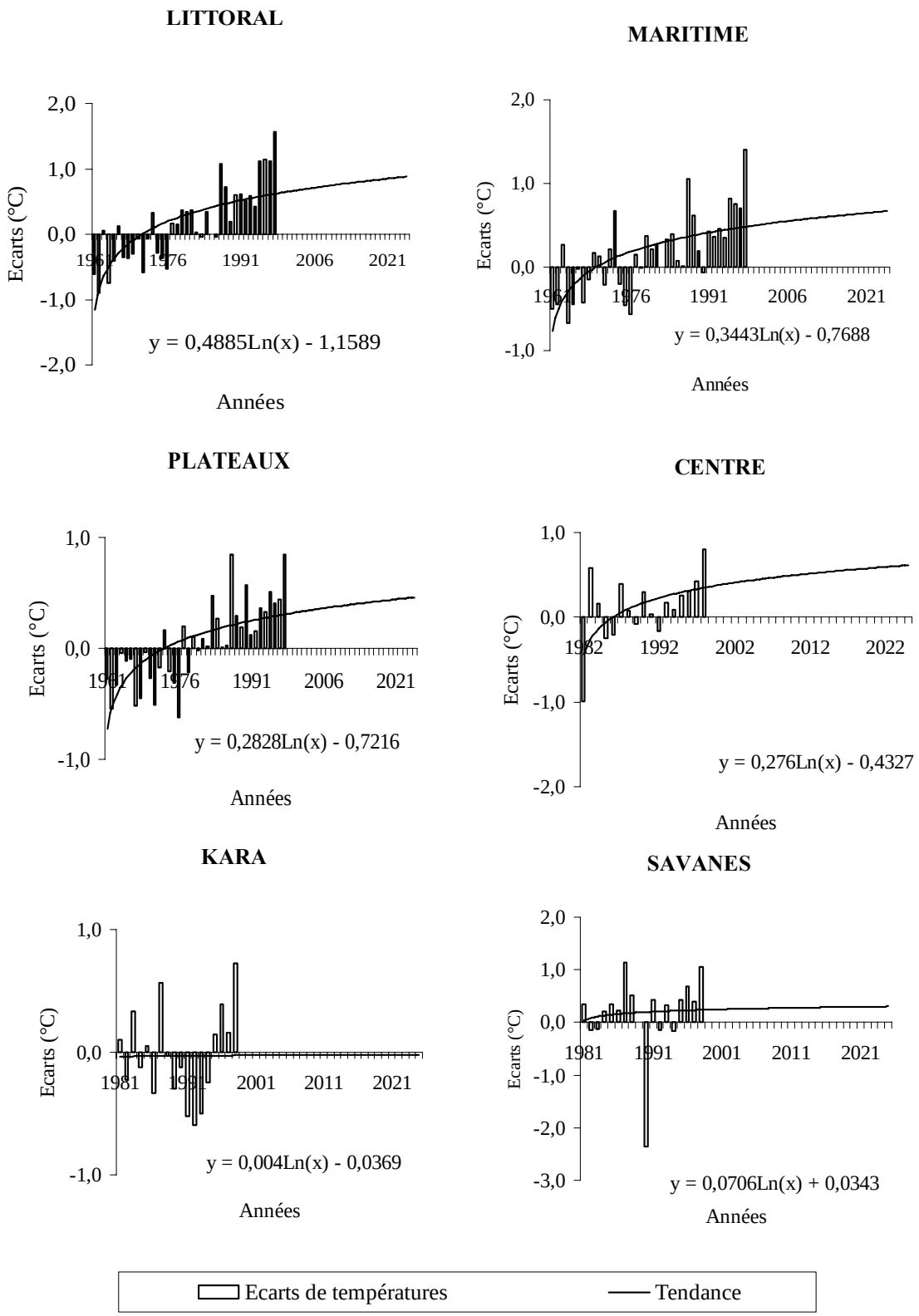



**Figure n°45 :** Projection de l'évolution des températures moyennes pour 2025.

Sept gaz ont été identifiés et retenus par les Experts Nationaux ; il s'agit fondamentalement du gaz carbonique ($CO_2$), du Méthane ($CH_4$), l'oxyde nitreux ($N_2O$), les Oxydes d'azote, le Monoxyde de carbone, les Composés Volatiles Non

Méthaniques ( NMVOC) et le Dioxyde Sulfureux ($SO_2$). Le tableau n°31 indique les différents secteurs, les gaz et leurs concentrations pour l'année 1995.

Tableau **n°31 : Emissions de GES au Togo pour l'année 1995 (Gg)**

| SECTEURS | CO2 | CH4 | N2O | NOX | CO | NMVOC | SO2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Energie | 6890,5 | 17,36 | 0,22 | 10,44 | 350,7 | 39,29 | |
| Procédés industriels | 403,57 | | | | | 0,24 | 0,13 |
| Agriculture | | 27,02 | 7,76 | 5,04 | 676,2 | | |
| Affectation des terres et foresterie | 27749 | 14,36 | 0,1 | 3,58 | 125,3 | | |
| Déchets | | 0,17 | 0,01 | | | | |
| Total | 35044 | 58,91 | 8,09 | 19,06 | 1152 | 39,53 | 0,13 |

**Source** : Projet CNCC, 2000

L'intérêt que revêt cet inventaire pour notre analyse des résultats de nos investigations réside dans le fait que la plupart des sources d'émission se concentrent dans le sud du pays, surtout sur le Littoral et la région Maritime où l'on peut observer la plus grande agglomération du pays, Lomé avec plus de 8.000 voitures (selon les conclusions d'une enquête que nous avions menée auprès de la Direction du Transport Routier en 1999) et le phénomène Zémidjan ( taxis-moto) qui y est plus développé que partout ailleurs dans le pays. Comme premier effet sur l'environnement nous notons une pollution très importante par conséquent une concentration très significative du gaz carbonique et des autres gaz à effet de serre, or selon nos développements précédents, nous avons démontré que ces gaz à effet de serre avaient un fort pouvoir d'échauffement ( voir Tableau n°2 ), donc une augmentation de leur concentration induirait le renforcement du réchauffement naturel dû à l'effet de serre.

On comprend donc aisément pourquoi l'on observe depuis des décennies une augmentation progressive et sans retour des températures dans le pays en général et dans la région Maritime et sur le Littoral en particulier, où l'on enregistre les plus fortes croissances, contrastant ainsi avec les régions septentrionales qui ne connaissent qu'un développement lent et timide ( Tableau n°32 ).

Tableau **n°32 : Scénarios des changements climatiques par régions au Togo**

| REGIONS | CHANGEMENT DE TEMPERATURES ( Δ T ) | CHANGEMENT DE PRECIPITATIONS |
|---|---|---|
| Littoral | +1°C | Réduction |
| Maritime | +0,7°C | Réduction |
| Plateaux | +0,4°C | Réduction |
| Centrale | +0,3°C | Réduction |
| Kara | +0,2°C | Augmentation par rapport à la normale mais baisse sur toute la série d'observation |
| Savanes | +0,4°C | Augmentation par rapport à la normale mais baisse sur toute la série d'observation |

**Nota :** Δ**T** représente la hausse de la température régionale par rapport à la norme.

# *Conclusion générale*

L'application des méthodes de la statistique descriptive à des distributions des valeurs des caractéristiques climatiques régionales du Togo nous a permis de faire d'importantes observations. Ceci ne peut malheureusement pas nous permettre de faire des prévisions précises sur l'évolution future de notre climat et de ses paramètres. Seule une projection sur quelques années nous a permis d'appréhender la situation climatique de référence actuelle du Togo et certains comportements dans un proche avenir.

De nos différentes investigations, il ressort que le climat du Togo a subi depuis des années une évolution d'abord lente et naturelle, puis accélérée depuis quelques décennies avec le renforcement des activités polluantes sur le territoire.

Un climat préexistant peu nuancée, allant d'un climat guinéen à quatre saisons sur la côte, à un climat tropical sec à deux saisons, à la latitude de Dapaong.

Ces différentes caractéristiques climatiques des six régions climatiques définies ont subi d'énormes changements, dans leur évolution, mensuelle, inter saisonnière et inter annuelle, au cours des 38 années (1961-1998 ).

Pour mieux mettre en évidence le caractère influent des gaz à effet de serre sur les caractéristiques climatiques régionales dans le pays, nous avons fait une étude comparée de la norme de 1961 à 1990 avec la moyenne de 1991 à 1998 pour les régions maritime, littoral, et des Plateaux, puis (faute de série assez longue, à cause du jeune âge de la plupart des stations du nord du pays), une étude comparative des moyennes décennales ( 1981-1990 ) et ( 1991-1998 ) pour les régions du centre, de la Kara et des Savanes. Ces différentes études, révèlent que l'évolution des principales caractéristiques climatiques s'est faite de la manière suivante.

S'agissant de la pluviosité, les cumuls annuels des précipitations ont considérablement diminué dans toutes les régions, à l'échelle des 38 années d'observation, alors que l'étude comparée des moyennes décennales pour les régions du nord, notamment les régions de la Kara et des Savanes, fait ressortir une hausse de précipitations par rapport à la moyenne de la décennie précédente ; les rythmes saisonniers sont passés d'un régime bimodal à un régime monomodal sur le Littoral et

dans la région Maritime avec allongement de la saison sèche ; la région des Plateaux à régime de transition a également évolué vers un régime monomodal. Par contre, ils sont devenus très pluvieux dans les régions de la Kara, du centre et des Savanes au cours de cette décennie.

Outre ces rythmes saisonniers, on observe, grâce au calcul des Indices Climatiques Normaux (ICN), une augmentation du nombre d'années sèches sur le Littoral et dans la région Maritime surtout, une disparition complète des années très humides. L'humidité relative a dans l'ensemble augmenté dans les régions septentrionales mais est en relative baisse sur la côte; les Plateaux présentent une franche baisse de (- 0,6 %).

En ce qui concerne les températures, les valeurs moyennes ont pratiquement toutes augmenté sur toute la période d'observation et davantage au cours de la décennie 1991-1998, le pays tout entier enregistre actuellement une augmentation des températures moyennes de l'ordre de +0,5 °C ; aussi nos investigations ont-elles révélé que l'année 1998 a été la plus chaude de toutes les années observées.

De toutes nos régions climatiques, c'est le Littoral qui a connu le plus fort changement, avec une hausse moyenne de +1°C de ses températures. Cette région est d'ailleurs la plus affectée par le phénomène de pollution atmosphérique urbaine, c'est la preuve la plus convaincante de l'influence des activités anthropiques sur le climat.

En réalité, les variations observées au niveau de la distribution des précipitations, des températures de l'humidité relative et de l'insolation peuvent s'expliquer par deux principaux facteurs : l'évolution naturelle du climat, liée à l'état de l'atmosphère et aux échanges que celle-ci subit dans sa dynamique, et qui régissent le comportement planétaire des paramètres climatiques ; à ceci s'associe l'activité humaine qui vient imprimer un rythme particulier à ces variations.

L'effet de serre et son augmentation semblent être à la base de la hausse des données de températures moyennes. Cette hausse affecte inégalement les moyennes mensuelles des températures maximale et minimale.

Toutefois, il est à remarquer que les changements de comportements remarqués dans l'évolution de la quasi-totalité des paramètres étudiés l'ont été sur une période de trente-huit années seulement ; une étude beaucoup plus étendue permettrait de mieux consolider ces constats.

Il apparaît dès lors plus intéressant d'orienter d'autres études vers des points plus fins, tels, l'évolution de la distribution journalière des valeurs de températures minimale moyenne, et surtout celles de la température maximale.

En considérant que des relations étroites existent entre le régime saisonnier des précipitations et le cycle végétatif, les changements de comportements des paramètres climatiques qu'ils soient dus ou non à l'activité humaine ont des retombées le plus souvent négatives sur la production agricole. Ainsi la baisse générale des pluies et la hausse des températures moyennes laissent entrevoir de sérieux impacts sur la vie des humains, leur santé (BAMALI, 2000), et la production agricole au Togo (AAWI, 1999).

En gros, une étude beaucoup plus approfondie des données de la production agricole des différentes régions climatiques en corrélation avec les données de température et de précipitations en fonction des dates de début et de fin de pluies, ou l'étude des impacts du réchauffement sur les maladies tropicales au Togo, apparaissent comme des sujets intéressants pour des recherches ultérieurs.

Il ne faut pas, cependant, perdre de vue les solutions à élaborer dans tous les pays. Selon les différents rapports du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat ( GIEC ), en utilisant les techniques qui, actuellement fournissent la plus grande quantité de services énergétiques pour un apport d'énergie donné, il serait techniquement possible dans de nombreux pays d'aboutir à des gains d'efficacité de 50 à 60 % au cours d'une même période. La concrétisation de ces possibilités dépendra de la réduction des coûts, du rythme de développement, et de la mise en œuvre des nouvelles techniques propres. Parmi les techniques et mesures permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur énergétique on peut citer les suivantes

- Pour l'industrie, une amélioration du rendement, le recyclage des matériaux, et la mise au point de processus consommant moins d'énergie et de matières premières.
- Dans le transport, l'usage de véhicules plus légers, plus aérodynamiques et utilisant des systèmes de propulsion très efficaces, la mise au point des moyens de transport moins consommateurs d'énergie, utilisant du carburant de remplacement et de l'électricité provenant de sources renouvelables ou n'entraînant pas l'augmentation de la concentration des GES ; la réduction du taux d'importation des véhicules et appareils usagés, comme l'ont déjà fait certains pays, le Ghana, l'Egypte, la Côte d'Ivoire par exemple.
- Dans les secteurs résidentiel et commercial, l'accroissement du rendement énergétique des appareils de climatisation, et de froid industriel.
- S'agissant des émissions dues aux processus industriels et aux établissements humains, il convient de modifier les processus de production, d'éliminer les solvants, de remplacer les matières premières, de récupérer le méthane produit par les décharges et les stations d'épuration des eaux usées en vue de son utilisation à d'autres fins utiles.
- Dans le domaine agricole, de l'élevage et de l'exploitation forestière, la gestion raisonnée des terres agricoles, des forêts et des prairies pourrait énormément contribuer à réduire les émissions actuelles du $CO_2$, du méthane, de l'oxyde nitreux, et à accroître les puits de carbone.
- Dans le secteur forestier, les mesures envisageables comprennent, le maintien du couvert forestier existant, la réduction du déboisement, la régénération naturelle des forêts, la création de plantations et la promotion de l'agrosylviculture.

Nous aimerions souligner que certaines des insuffisances relatives aux données, qui pourraient être constatées dans le présent mémoire proviennent de quelques difficultés rencontrées lors de la phase préliminaire de collecte de données : manque et lourdeur administrative. Il convient donc de redéfinir efficacement les rapports existants entre le service de la Météorologie National, vers qui convergent tous les

réseaux nationaux d'observation, et les diverses institutions de recherche, notamment l'Université du Bénin, afin de rendre beaucoup plus accessibles les données météorologiques et encourager de ce fait la recherche en climatologie pour les besoins des générations présentes et futures.

---

# BIBLIOGRAPHIE


1. AMOUZOUVI ( A. K. Y. ), (1987 ), **Eléments et pratique de la cartographie, thématique**, Abidjan, 176 p.

3. AWESSO ( T ) et SIVAKUMAR ( M.V.K. ), ( 1996 ), **Analyse pluviométrique du Togo pour une planification à long terme**. Centre Sahélien de l'ICRISAT, Niamey, 157 p.

3. BADAMELI ( K. M. ), ( 1996 ), **La variabilité climatique et la Production agricole au Togo**. Thèse de doctorat, Bordeaux III, 366 p.

4. BRAS (A ) ( 1989 ), **Géographie Seconde**, Collection Bras-Brignon, 187 p.

5. CHOISNEL ( E ), ( 1992 ), **Réponse des plantes aux changements climatiques**, in Courrier, n° 133, mai-juin pp.64-69.

6. Comité Interafricain d'études Hydrauliques, ORSTOM, (1989), **Précipitations Journalières des Origines à 1980** : Tome 1 et Tome 2

7. Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement, ( ACMAD), ( 1998), **Etude et Modélisation Statistique de la prévision saisonnière de la pluie en Afrique de l'ouest**, 179 p.

8. DAUTRAY ( R ), ( 1991 ), **L'effet de serre et ses conséquences Climatiques** : **évaluation scientifique,** in La vie des Sciences, Comptes Rendus, Série générale, Tome 8, n° 2.

9.DEMANGEOT ( J ), ( 1976 ), **Les espaces naturels Tropicaux ( Essai de Géographie physique )**. Masson, Paris, 192 p.

10. DOGBE ( K ), ( 1992 ), **Caractéristiques climatiques de Lomé**. Mémoire de Maîtrise, UB Département de Géographie, Lomé, 188 p.

11. EDJAME ( K. S ), et al ( 1992 ), **Changement Climatique global** : **Les syndromes perçus au Togo**. in Actes des journées Scientifiques de l'U.B., Presse De l'U.B. Lomé pp. 169-180

12. EDJAME ( K. S ) et al, ( 1992 ), **Changement Climatique Global. Le cas du Togo.** Laboratoire de Photogrammétrie Terrestre des Nuages. Faculté des sciences U.B., Lomé, 12 p.

13. ESTIENNE ( P ), ALAIN ( G ),( 1988 ), **Climatologie**, Armand Colin, Collection U, Parie, 367 p.

14. Folland, C., OWEN, J., WARD, M., M. and Colman, A. (1991), **Prediction of seasonal Rainfall in the Sahel Region using empirical and Dynamical and methods** ; Journal of forescasting,Vol. 10 , 21-56 (1991).

15. GUEYE, M. et SIVAKUMAR, M. V. K. (1992), **Analyse de la longueur de la saison culturale en Fonction de la date de début des pluies au Sénégal :Compte rendu des travaux n°2 ICRISAT**, **1992,** Niamey, Niger

16. GIEC, (1995 ), **Deuxième Rapport d'Evaluation du Changement Climatique**, Genève, 64 p.

17. GIEC, ( 1991 ), **Premier Rapport d'Evaluation du Changement Climatique**, 449 p.

18. GIEC, ( 1992 ), **Changement Climatique : les Evaluations du GIEC de 1990 et 1992,** Canada, 182 p.

19. GIRET ( A ), **( 1999 ), 1971 - 1976 et 1989 - 1992, deux anomalies de l'écoulement en Poitou - Charentes exemple de l'Envigne**, in Sécheresse, volume 10, numéro 2 juin 1999, pp. 105 - 115.

20. GU-KONU, ( E ), ( 1981 ), **Atlas du Togo**, les Editions J.A, Paris, 64 p.

21. IEPF, ( 1996 ), **Liaison**, Numéro 39 - 2è trimestre.

22. JOHNSON ( B), ( 1997 ), **l'impact microclimatique du lac artificiel de Barrage de Nangbéto**, Mémoire de Maîtrise U.B., Département de Géographie, Lomé, 115 p.

23. KLOTCHKOFF ( J-C ), ( 1998 ), **La vérification des puits de carbone : une innovation SGS**, in Jeune Afrique Economie, n° 263 - du 04 au 17 mai 1998, p. 99.

24. KPOGO (E), (1999), **Caractérisation de la pluviométrie et adaptation au stress hydrique :Cas du Maïs à tabligbo au Togo,** Mémoire de maîtrise, Département de Géographie, 130 p.

25. LACOSTE ( A ) et SALANON ( R ), ( 1969 ), **Elément de biogéographie**, Paris, 188p.

26. LESTER ( R. B. ), ( 1989 ), **l'état de la planète**, Ed. ECONOMICA, 1989, 389 p.

27. LORIUS ( C ), ( 1991 ), **L'effet de serre et ses conséquences climatiques : évaluation scientifique**, in la vie des sciences, comptes rendus, série générale, Tome 8, n° 2 pp. 89 - 106.

28. NDIAYE, O., (1996), **Modèle de prévision statistique des précipitations saisonnières sur le Sénégal**. Mémoire de fin d'étude. IHFR Oran, Algérie.

29. ROCH ( P ), (1997 ), **Le climat en danger,** OFEFP; faits et perspectives concernant l'effet de serre, Berne, 44 p.

30. WALDER ( M ), ( 1996 ), **Statistique et calcul des probabilités**, édition Sirey, Paris 369 p.

31. WATSON ( T ), ZINYOWERA ( C ), RICHARD ( H ), ( 1996 ), **Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques, Genève,**

# LISTE DES CARTES

**Carte n°1 : Situation du Togo…….. 9**
**Carte n°2 : Régions climatiques du Togo…… 28**
**Carte n°3 : Evolution des zones délimitées par les isohyètes 1000 et 1300 mm au cours des périodes de 1961-1970 et 1991-1998…….78**

# LISTE DES TABLEAUX

**Tableau n°1 : Les principaux gaz à effet de serre……..16**
**Tableau n°2 : Panier des six gaz concernés par le protocole de Kyoto…… 16**
**Tableau n° 3 : Identification des stations……... 22**
**Tableau n°4 : Températures moyennes mensuelles…….. 33**
**Tableau n° 5 : Humidité relative moyenne mensuelle……... 34**
**Tableau n°6 : températures moyennes mensuelles……38**
**Tableau n°7 : humidité relative mensuelle……39**
**Tableau n°8 : Températures moyennes mensuelles……...44**
**Tableau n°9 : Humidité relative moyenne mensuelle…… 45**
**Tableau n°10 : Températures moyennes mensuelles……46**
**Tableau n°11 : Humidité relative mensuelle……... 48**
**Tableau n°12 : Températures moyennes mensuelles…… 51**
**Tableau n°13 : Humidité relative…….. 53**
**Tableau n°14 : Températures mensuelles…… 58**
**Tableau n°15 : Humidité relative mensuelle moyenne…….. 60**
**Tableau n°17 : Récapitulation des caractéristiques climatiques normales du Togo……... 62**
**Tableau n°18 : Pluviométrie annuelle sur le littoral de 68 à 98 classée par ordre croissant… 65**
**Tableau n°19 : Pluviométrie de la région maritime de 68 à 98 classée par ordre croissant…65**
**Tableau n° 20 : Valeurs pluviométriques extrêmes et caractéristiques de dispersion des six régions climatiques du Togo…… 67**
**Tableau n°21 : Indices Climatiques Normaux……..68**
**Tableau n° 22 : Indice Climatiques Normaux sur le littoral (1966-1998)……69**
**Tableau n°23 : Données de position pour la classification des années de pluie sur le littoral..69**
**Tableau n°24 : Indices Climatiques Normaux dans la région maritime (1966-1998) 69**
**Tableau n°25 : Données de position des années de pluie dans la région maritime…….. 69**
**Tableau n°26 : Années sèches, normales, pluvieuses, et très pluvieuses sur le Littoral…….70**
**Tableau n°27 : Années sèches, normales, pluvieuses, et très pluvieuses dans la maritime…. 71**
**Tableau n°28 : Caractéristiques hydriques régionales mensuelles actuelles du Togo……. 78**
**Tableau n°29 : Evolution des paramètres climatiques par rapport àla norme de 61 à 90…. 99**
**Tableau n°30 : humidité et saturation……101**
**Tableau n°31 : Emissions de GES au Togo pour l'année 1995 (Gg)……107**
**Tableau n°32 : Scénarios des changements climatiques par régions au Togo…….108**

# LISTE DES FIGURES

**Figure n°1 : Circulation atmosphérique générale ouest africaine…… 11**
**Figure n°2 : L'effet de serre…… 14**
**Figure n°3 : Evolution dans le monde des principaux Gaz à effet de serre…….. 15**
**Figure n°5 : Température moyenne mensuelle sur le Littoral……..32**
**Figure n°6 : Diagramme ombrothermique sur le Littoral…… 33**
**Figure n°7 : Humidité relative moyenne mensuelle sur le Littoral……... 34**
**Figure n°8 : Insolation mensuelle sur le Littoral……... 35**
**Figure n°9 : Précipitation moyenne mensuelle dans la région maritime……..37**
**Figure n°10 : Température moyenne mensuelle dans la région maritime……... 38**
**Figure n°11 : Diagramme ombrothermique dans la région maritime……. 38**
**Figure n°12 : Humidité relative moyenne mensuelle dans la région maritime…… 39**
**Figure n°13 : Insolation mensuelle moyenne dans la région maritime……40**
**Figure n°14 : Précipitation moyenne mensuelle dans les Plateaux……... 42**
**Figure n°15 : Température moyenne mensuelle dans les Plateaux…….. 43**
**Figure n°16 : Diagramme ombrothermique dans les Plateaux…… 44**
**Figure n°17 : Humidité relative moyenne mensuelle dans les Plateaux…… 45**
**Figure n°18 : Insolation mensuelle moyenne dans les Plateaux……... 41**
**Figure n°19 : Précipitation moyenne mensuelle dans la région centrale……. 43**
**Figure n°20 : Température minimale moyenne mensuelle dans la région centrale……44**
**Figure n°21 : Diagramme ombrothermique dans la région centrale……45**
**Figure n°22 : Humidité relative maximale moyenne mensuelle dans la région centrale……. 47**
**Figure n°23 : Précipitation moyenne mensuelle dans la Kara…….. 49**
**Figure n°24 : Température moyenne mensuelle dans la Kara……. 51**
**Figure n°25 : Humidité relative maximale moyenne mensuelle dans la Kara……. 52**
**Figure n°26 : Insolation moyenne mensuelle dans la Kara……... 54**
**Figure n°27 : Précipitation moyenne mensuelle dans les Savanes…… 56**
**Figure n°28 : Température minimale moyenne mensuelle dans les Savanes…….. 57**
**Figure n°29 : Diagramme ombrothermique dans les Savanes……. 58**
**Figure n°30 : Humidité relative moyenne mensuelle dans les Savanes…… 59**
**Figure n°31 : Insolation moyenne mensuelle dans les Savanes……61**
**Figure n°32 : Diagramme boîte-et-barbe pour les totaux pluviométriques normaux des cinq régions climatiques du Togo…… 67**
**Figure n°33 : Diagramme boîte-et-barbe des totaux pluviométriques de 1991-1998 des cinq régions climatiques du Togo…….. 68**
**Figure n°34 : Evolution interannuelle des écarts de précipitations annuelles…….. 73**
**Figure n°35 : Evolution des précipitations mensuelles par rapport à la norme de 61-90 . … 76**
**Figure n°36 : Courbe d'anomalie de températures maximales moyennes mensuelles…… 80 des quatre dernières années par rapport à la norme de 1961-1990……... 80**
**Figure n°37 : Evolution interannuelle des températures minimales par rapport à la norme, sur le Littoral et dans la région Maritime…… 82**
**Figure n°38 : Evolution mensuelle des températures minimales par rapport à la norme, sur le Littoral et dans la région maritime…….. 83**
**Figure n°39 : Evolution inter annuelle régionale des températures moyennes annuelles…. 85**
**Figure n°40 : Evolution mensuelle des températures moyennes sur le Littoral et dans la Région Maritime…… 87**
**Figure n°41 : Evolution annuelle de l'humidité relative mensuelle par rapport à la norme 91**
**Figure n°42 : Evolution de l'humidité relative moyenne par rapport à la norme de 61-90….95**
**Figure n°43 : Insolation annuelle, évolution par rapport à la norme……... 98**
**Figure n°44 : Projection de l'évolution des précipitations pour 2025……... 103**

**Figure n°45 : Projection de l'évolution des températures moyennes pour 2025…….. 106**

# TABLE DES MATIERES

**DEDICACE……..II**
**REMERCIEMENTS……III**
**SOMMAIRE……...……IV**
**RESUME……...V**
***Introduction générale…….1***
***Chapitre 1 : PRESENTATION GENERALE ET METHODOLOGIE D' ETUDE…8***
*1.1 - PRESENTATION GENERALE. ....8*
*1.1.1 - Situation géographique ....8*
*1.1.2 - Caractéristiques physiques ....8*
1.1.2.1 - Aperçu climatologique général .... 8
*1.2 - NOTIONS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES ....12*
*1.2.1 - L' effet de serre et ses origines ....13*
*1.2.2 - Les gaz à effet de serres d' origine anthropique et leurs principalessources dans le monde……..15*
1.2.2.1 - Les principaux gaz à effet de serre d'émission anthropique. .... 15
*1.3 - METHODOLOGIE D' ETUDE ....16*
*1.3.1 - Problématique ....16*
*1.3.2 - Intérêt du sujet ....18*
*1.3.3 - Objectifs et hypothèses de LA recherche ....19*
1.3.3.1 - Les objectifs généraux .... 19
1.3.3.2 - Objectifs spécifiques .... 19
1.3.3.3 - Hypothèses de la recherche .... 20
*1.3.4 - Déroulement des travaux ....21*
1.3.4.1 - Collecte des données climatiques .... 21
*A/ Paramètres d' ETUDE ....21*
*B/ Les principales stations d' OBSERVATION ....22*
*C/ Données disponibles ....23*
1.3.4.2 - Traitement de données .... 24
***Chapitre 2 : CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DES REGIONS D' ETUDE26***
*2.1 - LE LITTORAL ....26*
*2.1.1- Généralités ....26*
*2.1.2 - Les précipitations ....27*
*a-) Le régime pluviométrique ....27*
*2.1.3 - Les Températures ....30*
2.1.3.1 - Les températures maximales moyennes mensuelles .... 31
2.1.3.2 - Les températures minimales moyennes mensuelles. .... 31
2.1.3.3 - La température moyenne mensuelle .... 31
2.1.3.4 - L' Amplitude thermique moyenne mensuelle .... 32
*2.1.4 - L' humidité relative moyenne mensuelle ....33*
*2.1.5 - L'insolation ....34*
*2.2 -LA REGION MARITIME ....35*
*2.2.1 - Les précipitations moyennes mensuelles ....35*
2.2.1.1 - Le régime pluviométrique .... 36
*a.)- la saison des pluies ....36*
*b.)- La saison sèche ....36*
*2.2.2 - Les températures ....37*
*2.2.3 - L' humidité relative moyenne mensuelle ....39*
*2.2.4 - L' insolation moyenne mensuelle ....40*
*2.3 -LA REGION DES PLATEAUX ....40*
*2.3.1 - Les précipitations ....41*

2.3.1.1 - Le régime pluviométrique ..... 41
*a-) La saison pluvieuse* ..... *41*
*b-) La saison sèche* ..... *42*
*2.3.2 - Les températures* ..... *42*
2.3.2.1 - Températures moyennes mensuelles ..... 43
2.3.2.2 - L'amplitude thermique moyenne mensuelle ..... 43
*2.3.3 - L' humidité relative* ..... *44*
2.3.3.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle ..... 44
2.3.3.2 - L'humidité relative minimale mensuelle moyenne ..... 45
2.3.3.3 - L'humidité relative moyenne mensuelle ..... 45
*2.3.4 - L' Insolation moyenne mensuelle* ..... *45*
*2.4 - LA REGION CENTRALE* ..... *41*
*2.4.1 - Situation* ..... *41*
*2.4.2 - Les précipitations* ..... *41*
*a ) Le régime pluviométrique* ..... *41*
*2.4.3 - Les Températures* ..... *43*
2.4.3.1 - Les Températures maximales ..... 43
2.4.3.2 - Les Températures minimales moyennes mensuelles ..... 44
2.4.3.3 - Les Températures moyennes ..... 44
2.4.3.4 - L'amplitude thermique ..... 45
*2.4.4 - L' humidité relative mensuelle* ..... *46*
2.4.4.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle ..... 46
2.4.4.2 - L'humidité relative minimale. ..... 47
*2.5 - LA REGION DE LA KARA* ..... *48*
*2.5.1 - Présentation* ..... *48*
*2.2.2 - Les précipitations* ..... *48*
*a - La saison des pluies.* ..... *48*
*b - La saison sèche* ..... *49*
*2.5.2 - Les températures* ..... *50*
*a - Les températures maximales* ..... *50*
*b - Les températures minimales moyennes mensuelles* ..... *50*
*c - Les températures moyennes mensuelles* ..... *50*
*d - L'AMPLITUDE thermique moyenne mensuelle* ..... *51*
*2.5.3 - L' humidité relative* ..... *52*
2.5.3.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle ..... 52
2.5.3.2 - L'humidité relative minimale moyenne mensuelle. ..... 52
*2.5 4 - L' insolation* ..... *53*
*2.6 - LA REGION DES SAVANES.* ..... *54*
*2.6.1 - Généralités* ..... *54*
*2.6.2 - Les précipitations* ..... *54*
*a - La saison humide* ..... *55*
*b - La saison sèche* ..... *55*
*2.6.3 - Les Températures* ..... *56*
2.6.3.1 - Les températures maximales moyennes mensuelles ..... 56
2.6.3.2 - Températures minimales moyennes mensuelles ..... 57
2.6.3.3 - L'amplitude thermique moyenne mensuelle ..... 57
*2.6.4 - Humidité relative moyenne mensuelle* ..... *59*
2.6.4.1 - L'humidité relative maximale moyenne mensuelle ..... 59
2.6.4.2 - L'humidité relative minimale moyenne mensuelle ..... 59
*2.6.5 - L' insolation moyenne mensuelle* ..... *60*

***Chapitre 3* : EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES REGIONAUX** **63**
*3.1 - LES PRECIPITATIONS* ..... *63*
*A / QUINTILES* ..... *64*
*3.2 - LES TEMPERATURES* ..... *79*
*3.2.1 - EVOLUTION DES TEMPERATURES MAXIMALES* ..... *79*

*3.2.2 - EVOLUTION DES TEMPERATURES MINIMALES MOYENNES MENSUELLES ..81*
*3.2.3 - EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES REGIONALES.....83*
*3.2.4 - L' AMPLITUDE THERMIQUE .....87*
*3.3 - L' HUMIDITE RELATIVE MOYENNE MENSUELLE .....89*
*3.4 - L' INSOLATION MENSUELLE .....96*
***Chapitre 4 : DISCUSSION DES RESULTATS……100***
*4.1 - L' INTERPRETATION .....100*
*4.1.1 - Les facteurs fondamentaux de la baisse de la pluviosité .....100*
*4.2 - L' AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE : LES FACTEURS FONDAMENTAUX DU RECHAUFFEMENT AU TOGO……104*
*4.2.1 - Les principales sources d' émission au Togo.....104*
4.2.1.1 - Les principales sources relevées dans le pays..... 104
4.2.1.2 - Les émissions : leur concentration dans l'atmosphère nationale. ..... 105
***Conclusion générale*……109**
**BIBLIOGRAPHIE……. 114**
**LISTE DES CARTES……117**
**LISTE DES TABLEAUX……...117**
**LISTE DES FIGURES……... 118**
**TABLE DES MATIERES……. 119**

---

© Achevé en Août 2000
CNCC, Lomé.