

Pierre DIELLO

IRD, 01 BP 182, Ouagadougou 01,
Burkina Faso

Jean Emmanuel PATUREL

IRD, 01 BP 182, Ouagadougou 01,
Burkina Faso

Gil MAHE

IRD, 01 BP 182, Ouagadougou 01,
Burkina Faso

Approche d'identification d'un réseau climatique pour le suivi des modifications du climat au Burkina Faso

RESUME

L'objectif de cette étude est d'utiliser une méthode de régionalisation des paramètres climatiques en vue de la conception et la mise en place d'un réseau pour le suivi des modifications environnementales au Burkina Faso.

En se basant sur les données du réseau météorologique national de ce pays, nous dressons une cartographie des répartitions et des variations spatiales et temporelles des paramètres pluie, température et ETP sur l'ensemble du territoire. L'étude s'est faite sur trois périodes. Celle allant de l'origine des stations à 1970, la seconde de 1970 à nos jours et la dernière s'étend de l'origine des stations à nos jours. La méthode de régionalisation utilisée est celle du vecteur régional au pas de temps annuel à travers le logiciel MVR (Méthode du Vecteur Régional).

Une sélection de stations répondant à des critères de qualité précis a permis de former un réseau météorologique homogène capable de fournir une base de données quantitative et qualitative pour le suivi du climat au Burkina.

Mot-clés : réseaux climatiques, modifications climatiques, régionalisation, pluie, ETP, température, méthode du vecteur régional, régions homogènes.

ABSTRACT

The purpose of this study is to design an hydrometeorological network for monitoring environmental changes in Burkina Faso. The method used is based on a regionalization of climatic parameters. The meteorological data of this country were used to map the distribution, the spatial and temporal variations of rainfall, temperature and potential evapotranspiration.

Three periods were taken into consideration: from the beginning of the recordings in the different stations until 1970 ; from 1970 to now; and the whole period. The regionalization method used is MVR (Regional Vector Method) with a yearly time step. In the final network, we keep the stations that comply with specific quality criteria, in such way that the optimal network be homogeneous and able to provide qualitative and quantitative data for monitoring climate in Burkina Faso.

Key words : climatic network, climatic changes, regionalization, rainfall, potential evapotranspiration, temperature, regional vector method, homogeneous regions.

INTRODUCTION

Les changements climatiques mondiaux et les modifications qu'ils peuvent provoquer comptent parmi les problèmes environnementaux les plus graves que nous connaissons aujourd'hui. Les éléments climatiques tels que la température, les précipitations, le débit des cours d'eau, les caractéristiques du vent, n'ont cessé de varier durant ces trente dernières années. Les activités anthropiques sont en partie responsables. Les conséquences de ce phénomène étant d'une portée considérable et dans de nombreux cas imprévisibles, il est indispensable de disposer de réseaux de mesures et/ou de surveillance du milieu, efficaces permettant de fournir des données hydrométéorologiques fiables afin de suivre et de détecter les éventuelles modifications environnementales ceci dans le but de mieux gérer et protéger l'environnement.

Pour répondre à cet impératif, les services gestionnaires des réseaux sont amenés à adopter une nouvelle approche de la notion de réseau de mesure à savoir quelle configuration et quelle densité faut-il donner aux réseaux existant pour atteindre une efficacité maximale à moindre coût (contraintes budgétaires obligent) ? Cela pose tout naturellement le problème de l'optimisation des réseaux de mesures. Dans un but de suivi des éventuelles modifications environnementales, ce processus d'optimisation passe nécessairement par l'identification dans les différents réseaux, des stations de

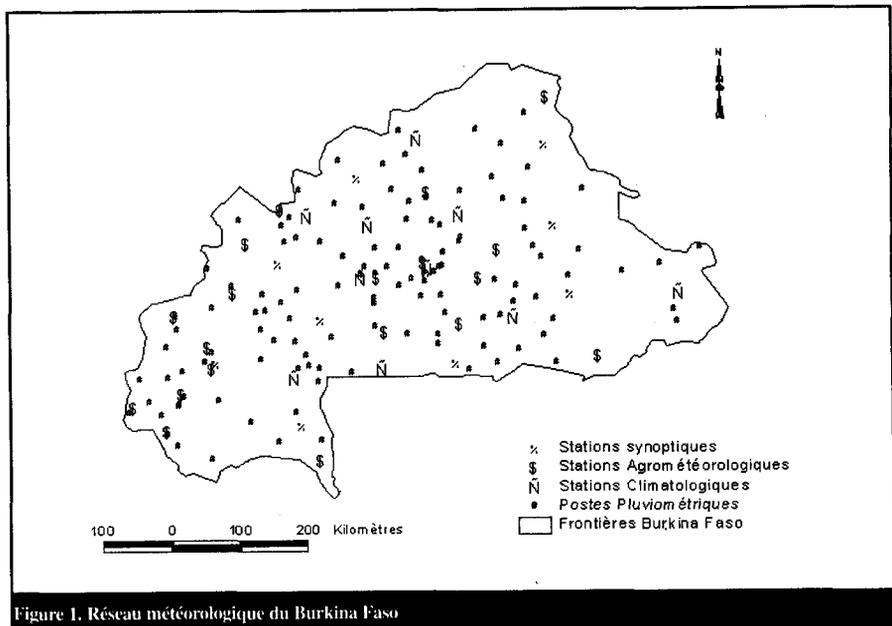


Figure 1. Réseau météorologique du Burkina Faso

mesure les mieux suivies, répondant au maximum aux diverses normes d'implantation, fournissant des données de qualité aussi bonne que possible, et participant au mieux à la connaissance des facteurs climatiques.

PRESENTATION : LES DONNEES ET LE RESEAU

Les données

Les données ayant servi à cette étude proviennent de la banque de données de la météorologie nationale. L'étude des précipitations a été faite avec les données de 159 stations. Elles couvrent une période totale de 98 années avec une moyenne de 34 années d'observations par station. Les données de température sont fournies par 36 stations couvrant une période de 91 années avec une moyenne de 31 années par station. La moyenne des données d'observations de l'ETP est de 30 années par stations. Ces données s'étendent sur 30 années et proviennent de 9 stations synoptiques du réseau météorologique.

La période commune couverte par les données des différents paramètres va de l'origine des stations à 1990. Trois périodes ont été considérées: de l'origine des stations à 1970, de 1970 à nos jours et de l'origine des stations à nos jours. L'année 1970 est prise comme le début de la grande sécheresse que nous connaissons aujourd'hui.

Le réseau météorologique du Burkina

Le réseau météorologique du Burkina compte 162 stations dont 10 synoptiques, 10 climatologiques, 19 agrométéorologiques et 123 postes pluviométriques. La figure 1 nous donne leur localisation.

METHODOLOGIE

Variables pour le suivi du climat au Burkina

La première étape de la méthodologie a consisté à déterminer les paramètres les plus pertinents pour le suivi des modifications environnementales dans un pays comme le Burkina Faso. L'étude

bibliographique montre que les variables climatiques de première importance pour des fins de suivi du climat sont les précipitations, les températures moyennes de l'air, et l'évapotranspiration.

Régionalisation : La méthode du vecteur régional (MVR)

La régionalisation des paramètres climatiques constitue un point essentiel de la démarche méthodologique adoptée pour l'étude. Elle se justifie par le fait que le problème du suivi climatique d'une part et des modifications environnementales d'autre part se pose en général à l'échelle régionale.

La mise en œuvre de cette régionalisation s'est faite par la méthode du vecteur régional. Cette méthode fournit pour chaque ensemble de stations une série chronologique synthétique d'indices annuels du paramètre climatique étudié (pluie, température, ETP) appelée vecteur régional. Ce vecteur présente la tendance la plus probable de ce paramètre dans la zone définie par l'ensemble des stations considérées. Deux principes fondamentaux sous-tendent la définition du vecteur régional :

- les valeurs annuelles en deux postes voisins de la même région vérifient une règle de pseudo-proportionnalité indépendamment de l'amplitude du facteur mesuré,
- l'information la plus probable est celle qui se répète le plus fréquemment.

La méthode affecte un indice

d'adéquation à l'hypothèse de pseudo-proportionnalité pour chaque station et un indice global pour l'ensemble de la région. Ce test d'adéquation est négatif pour une station ou pour la région, si l'indice est supérieur à 0.20.

Sur la base de ce test, chaque paramètre climatique a été étudié, et leurs stations ont été regroupées de manière à vérifier la règle de pseudo-proportionnalité de MVR, formant ainsi des régions que nous qualifions d'homogènes au sens de MVR. La régionalisation s'est faite sur les trois périodes définies précédemment.

Identification des stations de référence du réseau météorologique : Critères de sélection

Les stations du réseau météorologique susceptibles de faire partie du réseau optimal ont été choisies sur la base de trois critères de sélection. Une station ne vérifiant pas l'un de ces critères est éliminée.

Critère 1 : La station est présentement active et a été régulièrement observée jusqu'à nos jours. Elle devra donc présenter le moins de lacunes possibles (20% au maximum).

Critère 2 : La station possède dans son historique, au moins une série chronologique d'une longueur supérieure ou égale à 30 années d'observations ininterrompues.

Critère 3 : Une station pourra être exceptionnellement retenue, bien que ne vérifiant aucun des

critères 1 et 2, si la zone dans laquelle elle se trouve est très déficitaire en station.

Identification du réseau météorologique optimal

Le réseau météorologique optimal est obtenu en superposant deux réseaux optimaux préalablement identifiés :

- le réseau optimal pour le suivi de l'ETP et de la température moyenne,
- le réseau optimal pour le suivi de la pluviométrie.

L'identification des stations devant faire partie de chaque réseau optimal tient compte des résultats de la régionalisation des paramètres climatiques en jeu (pluie, ETP, température) et du fait que chaque réseau optimal doit assurer une couverture spatiale correcte du territoire suivant les normes de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

Pour le réseau de suivi de l'ETP et de la température, l'OMM recommande une distance maximale de 150 km entre les stations de mesure. La distance maximale retenue pour l'étude est fixée à 100 km. Quant au réseau pluviométrique, l'OMM recommande au minimum une station pour 10000 km² soit une distance maximale de 56 km entre les stations. Nous avons retenu la valeur de 50 km au maximum entre les stations pluviométriques. Ces distances sont jugées raisonnables compte tenu de l'échelle de temps considérée (l'année).

RESULTATS

Régionalisation des paramètres pluie ETP et température

Cas des précipitations

Les figures 2-a, 2-b, et 2-c montrent pour les trois périodes étudiées, les grandes régions pluviométriques obtenues après la régionalisation de la pluviométrie. Il a été possible d'identifier au sein d'une même région pluviométrique, les groupes de stations satisfaisant de façon plus fine au critère de pseudo-proportionalité de MVR. Ces groupes de stations forment ce que nous appelons des sous régions homogènes au sens de MVR. Elles sont matérialisées sur les figures par un même symbole.

Cas de l'ETP et de la température moyenne de l'air

La régionalisation de l'ETP et de la température moyenne de l'air à l'aide de MVR sur l'ensemble du pays n'a pas permis de dégager des régions homogènes vis-vis de ces paramètres. Cependant, une cartographie de l'évolution spatiale et temporelle de leurs valeurs moyennes permet faire ressortir le gradient d'évolution des ces paramètres du Nord au Sud du pays (fig. 3 et 4).

Sélection des stations du réseau météorologique de référence

L'application des critères de sélection 1 et 2 a permis de retenir 30 stations sur un total de 162. La composition par type de stations est donnée dans le tableau 1. La répartition géographique de ces stations sur l'en-

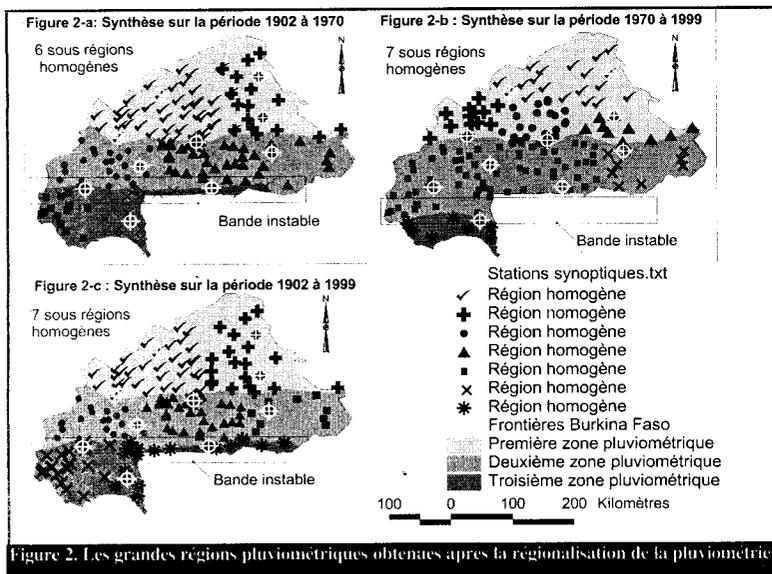


Figure 2. Les grandes régions pluviométriques obtenues après la régionalisation de la pluviométrie

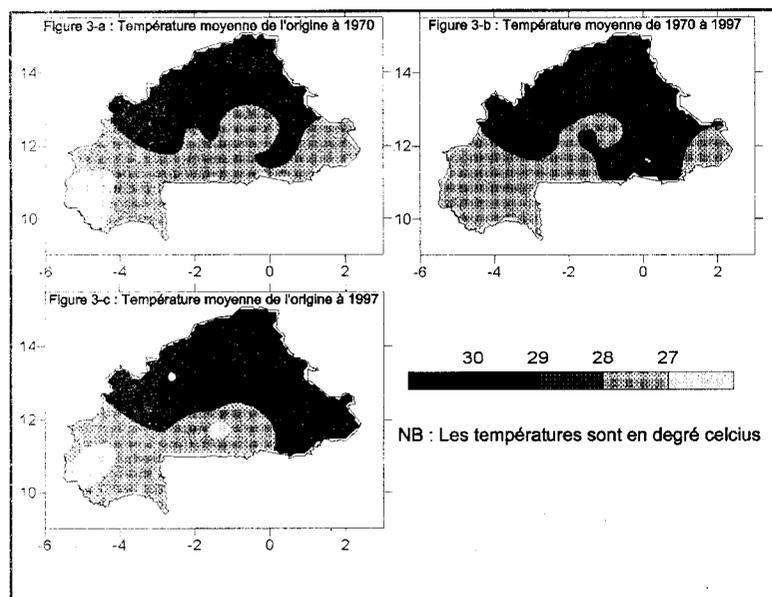


Figure 3. Cartographie de la température sur les trois périodes d'étude

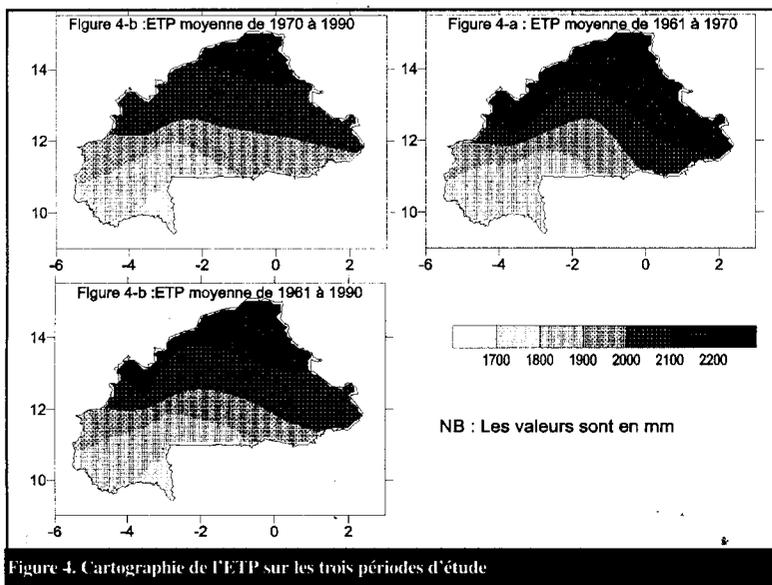


Figure 4. Cartographie de l'ETP sur les trois périodes d'étude

semble du pays est très mauvaise à cause des « nombreuses » zones très déficitaires en stations (fig.5). Cela a conduit à appliquer le critère de sélection 3 pour choisir de nouvelles stations afin d'obtenir une couverture spatiale correcte du territoire. Le choix de cette seconde vague de stations s'est fait en respectant la hiérarchie au sein des stations de la météorologie nationale.

Cela signifie que la sélection se fait en privilégiant d'abord les stations synoptiques ensuite les stations climatologiques et agrométéorologiques et enfin les simples poste pluviométriques. 42 stations supplémentaires ont ainsi été retenues ramenant à 72 le nombre total de stations du réseau météorologique de référence. La figure 6 donne la répartition géographique de ces stations.

Réseau météorologique optimal pour le suivi climatique au Burkina Faso
Ce réseau est obtenu en choisissant parmi les stations du réseau de référence le groupe de stations assurant la couverture la plus correcte du territoire en respectant les normes de l'OMM.

La figure 7 donne la configuration du réseau optimal de suivi de l'ETP et de la température. Ce réseau comprend 22 stations dont 10 stations synoptiques, 5 stations climatiques et 7 stations agrométéorologiques.

Le réseau optimal de suivi de la pluviométrie (fig. 8) comprend 51 stations dont 10 stations synoptiques, 9 stations clima-

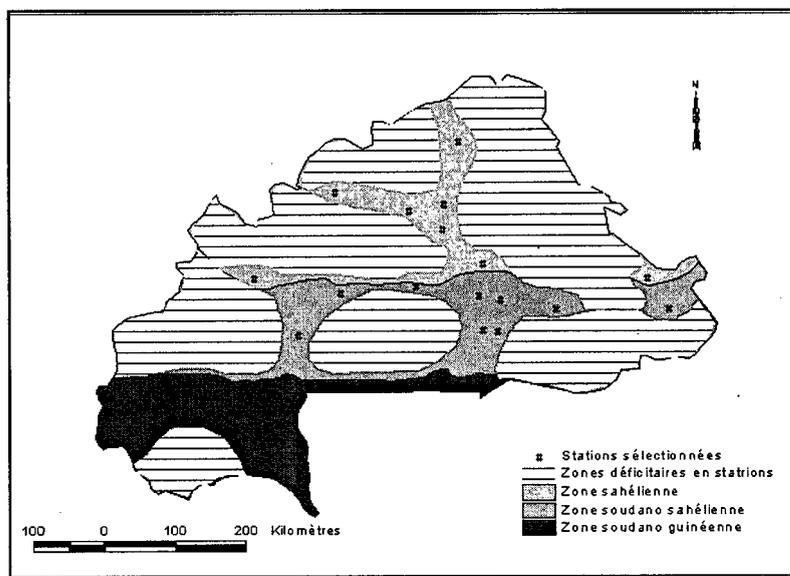


Figure 5. Répartition géographique des 30 stations sélectionnées

Type de station	Total avant sélection	Total après sélection	Taux de sélection (%)
Synoptique	10	6	60
Agrométéorologique	19	5	26,13
Climatologique	10	6	60
Poste pluviométrique	123	13	10,59
Total	162	30	18,5

Tableau 1. Résultat de la première sélection (critères 1 et 2)

tiques, 12 stations agrométéorologiques, et 20 postes pluviométriques. Ces deux réseaux optimaux superposés constituent le réseau météorologique pour le suivi climatique du Burkina Faso. Ce réseau optimal final est le même que celui du suivi de la pluie (fig. 8).

ANALYSE ET INTERPRETATION

Cas de la pluviométrie

On note sur les figures 2-a, 2-b, et 2-c, que suivant la période d'étude, les régions homogènes diffèrent dans leurs nombres, leurs formes et leurs positions géographiques. Cela confirme la grande variabilité dans l'espace et dans le temps de la plu-

viométrie. On remarque également que sur les trois périodes d'étude, chacune des sous régions homogènes contient au moins une station synoptique (stations encadrées en blanc avec une croix sur les figures 2). Cela traduit la bonne répartition de ces stations sur le territoire.

On observe également une certaine variabilité des limites des trois grandes régions pluviométriques notamment entre la deuxième et la troisième qui a changé après 1970. C'est une région qui fait l'objet d'importants aménagements hydroagricoles depuis les 20 dernières années. Une attention particulière devra lui être accordée.

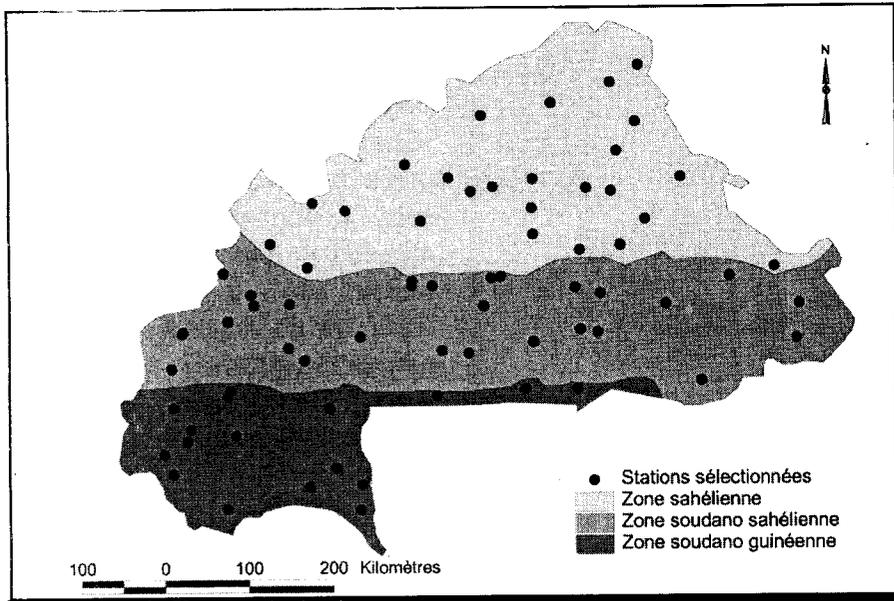


Figure 6. Réseau des 72 stations sélectionnées

Les stations du réseau pluviométrique optimal proposé ont une zone d'influence de 50 km. La figure 9 montre que la couverture du territoire n'est pas parfaite. Il subsiste encore des zones non couvertes par le réseau (parties non hachurées). Un équipement de ces zones en stations assurera la couverture totale du pays en points de mesure pour la variable pluie.

Cas de la température et de l'ETP

La méthode du vecteur régional montre que la température moyenne de l'air et l'ETP ont un comportement homogène sur toute l'étendue du territoire. La cartographie de ces deux paramètres montre un gradient Nord-sud qui peut facilement être caractérisé par le réseau optimal proposé pour le suivi de ces deux variables à l'échelle annuelle. La couverture du territoire est satisfaisante (fig.10).

CONCLUSION

La première conclusion que l'on peut tirer de cette étude est que du fait du dynamisme spatio-temporel de la variable pluie, il est impossible de définir un réseau pluviométrique optimal définitif et figé. De façon absolue on serait tenté de dire qu'un tel réseau n'existe pas. Il ne sera dit optimal que durant un intervalle de temps donné après quoi il devra être revu et adapté. L'ETP et la température sont moins variables dans le temps et dans l'espace posant donc moins de difficultés lorsque l'on entreprend une étude d'optimisation.

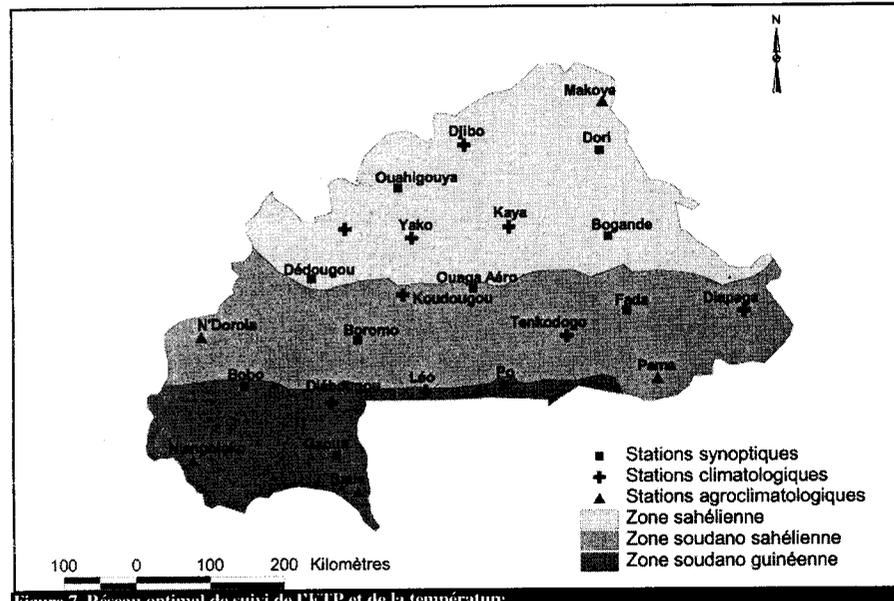


Figure 7. Réseau optimal de suivi de l'ETP et de la température

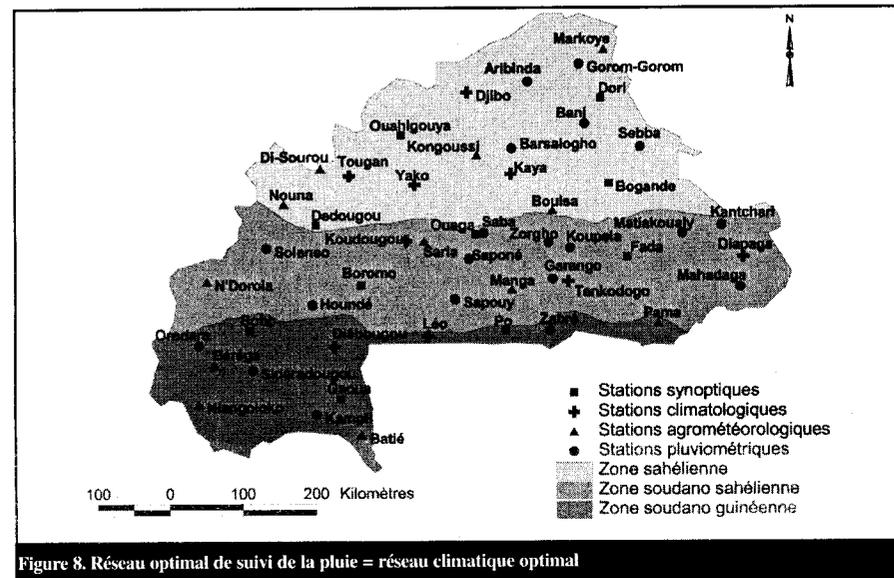


Figure 8. Réseau optimal de suivi de la pluie = réseau climatique optimal

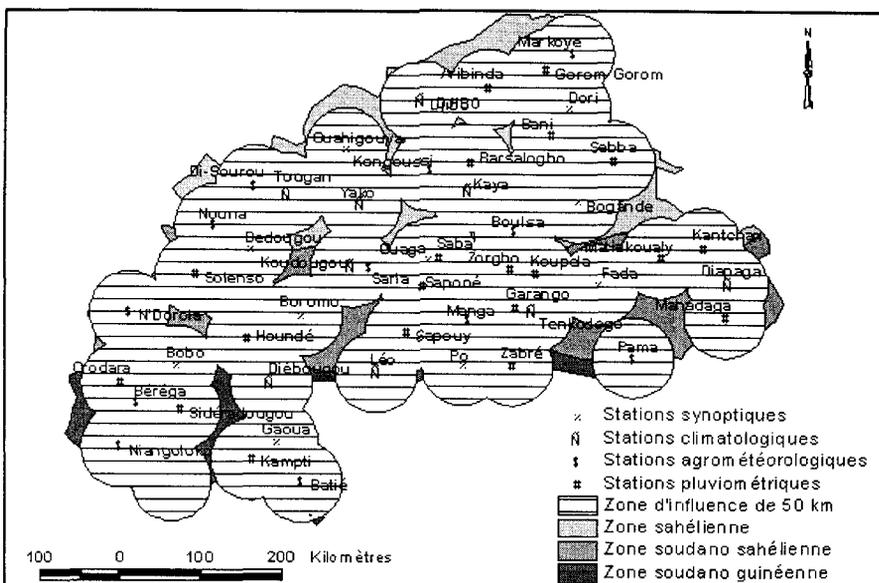


Figure 9. Couverture spatiale du territoire par réseau pluviométrique optimal

Les données d'ETP utilisées dans cette étude ont été calculées à l'aide de paramètres vraisemblablement calés une fois pour toutes par la météorologie nationale. Les nouvelles conditions climatiques ont certainement un impact sur ces paramètres de sorte qu'un nouveau recalage permettrait d'avoir des valeurs d'ETP plus proches des conditions climatiques actuelles du pays.

Cette étude s'intéresse particulièrement au réseau météorologique du Burkina. Les autres réseaux (hydrométrique, piézométrique) feront l'objet d'études semblables. Une étude croisée des trois réseaux permettra de définir un réseau hydroclimatique optimal pour suivre et détecter les modifications climatiques au Burkina ■

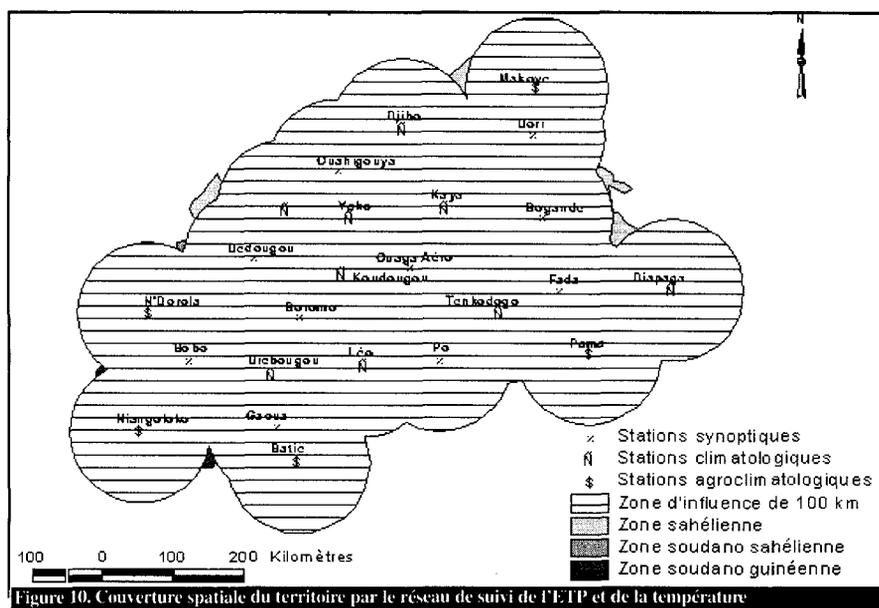


Figure 10. Couverture spatiale du territoire par le réseau de suivi de l'ETP et de la température

Dans tous les cas, la régionalisation fournit un outil majeur à la surveillance du climat en ce sens qu'une région homogène par rapport à une variable donnée est caractérisée par une série de valeurs élaborée avec les observations des stations ayant servi à la définir. A l'aide de cette série il est possible d'avoir en tout point de la région l'information souhaitée.

Dans ces conditions, une modifi-

cation climatique peut être plus facilement détectée. Les réseaux optimaux identifiés dans cette étude seront considérés comme fiables permettant un suivi optimal du climat au Burkina Faso.

Cependant, le réseau formé par les 72 stations issues de la sélection est indispensable pour suivre de façon fine l'évolution du climat dans le pays. Il sera considéré comme un réseau de veille et servira de complément du réseau.

BIBLIOGRAPHE

Bobee B., Taha B. M.J., Rasmussen P. E., Cantin J.F., Laurence, Rhoang V.D et Barabe G. (1999). Identification d'un réseau hydrométrique pour le suivi des modifications climatiques dans la province de Québec. *Revue des sciences de l'eau*. Volume 12, n°2, pages 425-448.

Herbaud J., (1969). Essai sur les problèmes de rationalisation de réseau, mise en œuvre sur un réseau pluviométrique, Cahier ORSTOM, série hydrologie, Vol VI, n°4, pages 3-42.

Le Barbe L., Servat E., (1992). Régionalisation en hydrologie. Application au développement Huitièmes journées hydrologiques de l'ORSTOM.

O.M.M et A.I.H.S. (1965). Symposium-Planification des réseaux hydrologiques, Tomes I et II Québec 15-6 au 22-6, publication N°67 et 68.

Roche M., (1967). Composition et rationalisation des réseaux hydrométéorologiques, Cahier ORSTOM, série hydrologie, Vol IV, n°3, page 47-60.

Sighomnou D., Sigha N., Ntonga J.C., Naah E., (1990). Influence de la densité du réseau sur l'estimation de la pluie moyenne journalière : un exemple au Cameroun. *Hydrologie Continentale*, Vol V, n°5, pages 53 - 60.