



THEME

**CONTRIBUTION A L'ANALYSE DE L'ARIDITE DU CLIMAT  
SAHELIEN AU NIVEAU LOCAL, CAS DE LA PARTIE AVALE DU  
SOUS BASSIN DE LA SIRBA**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN SCIENCES DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
Option: INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES  
Promotion 2012/2013**

Réalisé par :  
**Lamine DANGO**

Travaux dirigés par :

**M. Corentin Y. S. SOME**  
Enseignant-Chercheur, Maître-Assistant  
*Directeur de Mémoire*

**M. Drissa SOULAMA**  
Ingénieur Chargé de la GRN à UICN  
*Maître de stage*

*« Parmi tout ce que j'ai appris en tant que dirigeant politique, il y a le rôle central de l'eau dans les domaines sociaux, politiques et économiques de notre pays, de ce continent et du monde »*

N. MANDELA, *ouverture du sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg*, 28 Août 2002

### *Avant-propos*

Dans la vie courante comme en science, les mots les plus usités finissent par perdre de leur sens et leur signification il en est des termes «sécheresse» et «aridité» tous liés à l'idée de désertification. Pour clarifier notre propos le mot «aridité» réserver à la description d'un état ou à la qualification d'un milieu *alors que* «sécheresse» caractérisera plutôt l'évolution des milieux sous l'effet de phénomènes climatiques dont le principal est entendu rareté et la variabilité de précipitations atmosphériques. Evidemment, l'aridité est le résultat de la sécheresse (aride, lat. aridus «sec, desséché», de arere «être sec»). Autrefois, on parlait de lutte contre la sécheresse, d'endiguement de l'avancée du désert, et de même d'évacuation temporaire des zones sinistrées, on mesurera l'impact des résultats scientifiques sur les politiques d'aménagement qui mettent en avant aujourd'hui les notions d'adaptation à la sécheresse, de préservation des ressources.

Quelques initiatives des réseaux associatifs de recherche, comme le Réseau zones arides (RZA) ou Réseau de recherche sur la résistance à la sécheresse (R3S), et l'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN) jouent ici de toute leur efficacité. La mesure pluviométrique est le paramètre le plus simple et le plus facilement accessible pour caractériser l'aridité et la sécheresse. (CLAUDE J., 1992) Car l'eau disponible susceptible de devenir une ressource, provient des précipitations. (BILLE J-C., CORNET A., GROUZIS M., LE FLOC'H E. 1992). Les séries pluviométriques de longue durée sont donc très précieuses pour analyser les évolutions climatiques ; mais, d'une part la seule valeur du total pluviométrique annuel est tout à fait insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique et la disponibilité de la de la ressource en eau qui découle de la pluie, d'autre part, l'arsenal statistique habituellement utilisé n'est pas adapté à la nature et à la variabilité de la donnée pluviométrique. C'est ce que montrent CARBONNEL et HUBERT qui constatent que les hypothèses simplificatrices de stationnarité et d'indépendance des séries pluviométriques sont incompatibles avec les phénomènes persistance mise en évidence en 1975, par BRUNET-MORET et ROCHE. Ils proposent alors une nouvelle méthode d'analyse statistique des séries de longue durée, applicable aux totaux pluviométriques annuels mais aussi à d'autres paramètres descriptifs du régime pluviométrique tels que les fractions pluviométriques qui résultent de pluies mensuelles classées, du nombre de jours de pluie et de la répartition temporelle des épisodes

pluvieux pendant la saison des pluies.  
(HUBERT P., CARBONEL J.-P., 1986)

Cette méthode met tout d'abord en évidence la non-stationnarité des séries pluviométriques avec une rupture nette et généralisée en Afrique de l'Ouest située avec un maximum de probabilité ; ceci conduit à une segmentation des séries. (CLAUDE J., 1992)

L'ensemble de leurs analyses statistiques permettaient à CARBONNEL et à HUBERT de conclure que « l'évolution climatique au Sahel depuis le début du siècle n'a pas été continue et encore moins cyclique » ; mais elle a évolué vers une aridification « ...à travers une série de paliers successifs interprétables comme une succession d'états d'équilibre du bilan énergétique régional » (CARBONEL J.-P., HUBERT P., 1987).

Ces analyses ne permettent pas une modélisation des processus aléatoires qui régissent ces paliers d'équilibre et elles n'expliquent pas davantage les théories de la circulation atmosphérique globale, et les causes de ces changements d'état.

Ce même constat de variabilité et d'hétérogénéité de la ressource en eau des zones arides est dressé par SIRCOULON, à travers une analyse historique des écoulements des cours d'eau Sahéliens ; mais le constat d'une tendance générale à l'aridification due à la diminution de la pluviométrie doit être nuancé et accompagné d'une bonne connaissance des situations locales.

De plus en plus, l'on remarque que l'importance des études des états de surface par l'analyse des facteurs de changements climatiques en zones sahéliennes est le fruit de nombreuses recherches collectives et pluridisciplinaires entreprises depuis le début de la sécheresse actuelle au Sahel. (CLAUDE J., 1992)

Cela est également un souci pour le Global Water Initiative-BF qui détermina les bassins versants les plus à risques du territoire Est burkinabè : Tapoa-Mekrou et la Sirba qui est la cible de ce mémoire. Au moyen des nouvelles sciences et technologies de l'imagerie satellitaire et de nouveaux appareils sophistiqués de mesure, d'expérimentation et d'interprétation dont disposent les stations synoptiques ; nous vérifierons l'existence d'une aridification climatique et ses probables relations avec les activités anthropiques et l'évolution du couvert végétal dans la partie avale du sous bassin la Sirba.

## RESUME

L'exacerbation des conflits liés à l'eau de plus en plus grandissante conduit l'UICN à une étude diagnostic sur la partie Est du Burkina Faso. Celle-ci identifie deux sous bassins les plus à risque, relativement à leur vulnérabilité face aux changements climatiques : la Sirba et la Tapoa-Mékrou. L'UICN motivé par la bonne gouvernance des ressources en eau, s'investit dans ce travail de recherche afin de trouver des causes de ces conflits et promouvoir une gestion intégrée des ressources en eau dans la partie avale du sous bassin la Sirba.

Ce mémoire vise à vérifier l'existence d'une aridification du climat et étudier sa corrélation avec l'évolution du couvert végétal (NDVI).

Notre approche consiste à faire une analyse spatio-temporelle des paramètres climatiques (Pluie, Température, Evapotranspiration potentielle et Indice d'aridité de De Martonne) de 1980 à 2011 conformément aux normes de l'Organisation Mondiale de la Météorologie, sur le pays et la Sirba. Ensuite, on a analysé l'existence d'une corrélation entre l'évolution d'indice d'aridité et celle des NDVI d'Avril 1998 à Décembre 2011.

Il apparaît une aridification du climat lié à la dégradation progressive du couvert végétal. Aussi, les réductions décennales des formations naturelles et des zones sèches montrent une forte contribution l'homme dans cet aridification climatique.

Enfin, nous proposons des méthodes de prévention face aux futures variations climatiques et une étude sur la contribution des activités anthropiques dans l'aridification climatique dans la zone d'étude.

**Mots-clés :** aridité, occupations des terres, climat sahélien, NDVI, partie avale de la Sirba

## **ABSTRACT**

The exacerbation of conflicts related to water is increasingly growing, which led IUCN to a diagnostic study on the eastern part of Burkina Faso. It identifies that two sub-basins are most at risk, because of their vulnerability to climate change: Sirba and Tapoa-Mekrou. The IUCN motivated by the good governance of water resources, involved itself in this research to find the causes of those conflicts and promote integrated management of water resources in the downstream part of the basin in Sirba. This dissertation aims is to verify the existence of aridity and study its correlation with vegetation cover (NDVI). Our approach is to do spatial and temporal analysis for each climatic parameter (rain, temperature, potential evapotranspiration and aridity index of De Martonne) from 1980 to 2011 according to the standards of the World Meteorological Organization, on Sirba and all the country. Then, we analyzed the correlation between the evolution of the aridity index and NDVI from April 1998 to December 2011. It appears an aridity linked to the progressive degradation of vegetation cover. Also, we remark that decanals reductions of natural formation and dry areas show an important contribution of human work in this climatic aridification. Finally, we propose prevention methods against future climatic variations and a study in order to know human activities contributions on climate aridification in the study area.

**Keywords:** aridity, lands occupations, sahelian climate, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), downstream portion of Sirba.

### **Liste des sigles et abréviations**

ATT	: Association TIN TUA
AUE	: Associations des Usagers de l'Eau
BDOT	: Base D'Occupation des Terres
CEDEAO	: Communauté Economique Des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CES	: Conservation des Eaux des Sols
CILSS	: Comité inter-États de lutte contre la sécheresse au Sahel
CLE	: Comité Local de l'Eau
COMIDES	: Conférence Ministérielle pour une politique concertée de lutte contre la désertification et de protection de la nature dans les pays du CILSS, de la CEDEAO et du Maghreb
CVD	: Conseils Villageois pour le Développement
CREPA	: Centre Régional pour L'Eau Potable et Assainissement
DGCN	: Direction Générale pour la Conservation de la Nature
DGIRH	: Direction Générale de l'Inventaire des ressources hydrauliques
DGRE	: Direction Générale des Ressources en Eau
DNM	: Direction Nationale de la Météorologie
DRS	: Défense et Restauration des Sols
DRAHRH-E	: Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et de Ressources Halieutiques de l'Est
EAA	: Eau et Assainissement pour l'Afrique (ex-CREPA)
GIRE	: Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GPS	: Global Positioning System
IGB	: Institut Géographique du Burkina
IIED	: International Institute for Environment and Development
OFINAP	: Office National des Aires Protégées
OMD	: Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMM	: Organisation Mondiale de la Météorologie
PAC-GIRE	: Plans d'Action Communautaire pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PAGIRE	: Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PDL/K	: Programme de Développement Local de la Komandjari

- PICOFA : Programme d'Investissement Communautaire et de Fertilisation Agricole
- PROGEREF : Programme de Gestion des Ressources Forestières
- MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
- MEACV : Ministère de l'Environnement de l'Amélioration du Cadre de Vie (ex-MEE)
- MEAHA : Ministère de l'Eau, des Aménagements Hydrauliques et de l'Assainissement  
(subdivision de l'ex-MAHRH)
- MEE : Ministère de l'Environnement et de l'Eau
- NDVI : Normalized Difference Vegetation Index
- RECOPA : REseau de COmmunication sur le Pastoralisme
- RISACC : Renforcement Institutionnel à la Scénarisation et en Adaptation aux  
Changements Climatiques
- SIG : Système d'Information Géographique
- SP-PAGIRE : Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des  
Ressources en Eau
- UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
- UTM : Universal Transverse Mercator
- WGS : World Geographic System

## SOMMAIRE

Sommaire .....	1
I. INTRODUCTION generale.....	7
Contexte de l'étude.....	7
Problématique de l'étude.....	10
II. Objectifs et hypotheses de l'étude.....	12
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	14
1. La délimitation du champ de l'étude.....	14
1.1 La délimitation spatiale .....	14
1.2 La période d'étude.....	14
2. Le milieu physique .....	15
2.1 Le climat .....	15
2.2 Le relief et les sols .....	15
2.3 La végétation.....	15
2.4 L'hydrographie .....	16
3. Le contexte humain .....	16
3.1. La démographie .....	16
3.2. Les activités socio-économiques.....	16
IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	17
1. Matériels.....	17
2. Méthodologies.....	17
2.1 Méthodologie de traitement des données climatiques .....	17
2.2 Méthodologie de traitement des images .....	18
2.2.1 Acquisition et collecte d'images satellitales.....	18
2.2.2 Géo référencement et mosaïcage des images .....	18
V. RÉSULTATS ET INTERPRETATIONS .....	20
1. Etudes climatiques.....	20

1.1.	Evapotranspiration potentielle (ETP).....	20
1.1.1	Etude de la répartition spatiale de l'ETP aux échelles locales et nationales .....	20
1.1.2	Etude de la tendance générale d'évolution temporelle de l'ETP: Cas de la zone d'étude.....	21
1.1.3	Etude de tendance d'évolution temporelle de l'ETP sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso.....	21
1.2	Température.....	22
1.2.1	Etude de la répartition spatiale de la température aux échelles locales et nationales	22
1.2.2	Etude de l'évolution temporelle de la température : Cas de la zone d'étude .....	23
1.2.3	Etude temporelle de la température: cas du sous bassin et du Burkina Faso .....	23
1.3	Précipitation.....	24
1.3.1	Etude de la répartition spatiale de la précipitation aux échelles locales et nationales	24
1.3.2	Etude d'évolution temporelle de la précipitation : cas de la zone d'étude. ....	25
1.3.3	Etude d'évolution temporelle de la précipitation : cas du sous bassin la Sirba et du Burkina Faso.....	25
1.4	Indice d'aridité I.....	26
1.4.1	Etude de la répartition spatiale de l'Indice d'aridité aux échelles locale et nationale	27
1.4.2	Etude d'évolution temporelle de l'indice d'aridité: Cas de la zone d'étude.....	28
1.4.3	Etude d'évolution temporelle de l'indice d'aridité : cas du Sous bassin et du Burkina Faso.	28
2.	Occupation des terres dans la zone d'étude.....	29
2.1	Occupation des terres en 1992 .....	29
2.2	Occupation des terres en 2002 .....	30
2.3	Evaluation de la dynamique de l'occupation des terres de 1992 à 2002 .....	32
3.	Corrélation entre études climatiques et les bases d'occupation des terres (BDOT).....	33
4.	Analyse des données NDVI .....	33
4.1	Analyse des données NDVI de l'an 2000 .....	33
4.2	Analyse des données NDVI de l'an 2010 .....	33
4.3	Bilan des statistiques NDVI des années 2000 et 2010.....	34

4.4	Etude temporelle des NDVI de Avril 1998 à 2011 .....	34
5.	Corrélation entre les études climatiques et celles des NDVI.....	35
VI.	DISCUSSION .....	37
VII.	Conclusion.....	39
VIII.	RECOMMANDATIONS – PERSPECTIVES.....	40
	BIBLIOGRAPHIE .....	41
	ANNEXES .....	45
	Annexe 1: L'étude du nombre de jours de pluie climatiques .....	45
	Annexe 2: Les cartes de répartition spatiales de l'ETP aux échelles locale et nationale. ....	47
	Annexe 3: Les cartes de répartition spatiale de la température aux échelles locale et nationale.....	53
	Annexe 4: Les cartes de répartition spatiale de la précipitation aux échelles locale et nationale.....	59
	Annexe 5: Les cartes de répartition spatiale de l'indice d'aridité aux échelles locale et nationale .....	65
	Annexe 6: La présentation des deux scènes d'images couvrant la zone d'étude.....	96
	Annexe 7: L'aperçue de la zone d'étude après mosaïquage .....	98
	Annexe 8: Les statistiques agricoles des régions couvrant la zone d'étude et des producteurs.....	99
	Annexe 9: Les stations synoptiques .....	102
	Annexe 10: Les statistiques des NDVI de 1998 à 2011 .....	103

### **Liste des figures**

Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude (Source DANGO).....	14
Figure 2: Carte de répartition spatiale de l'ETP mensuel moyen de 1980 à 2011 (Source DANGO, 2012).....	20
Figure 3: Répartition spatiale moyenne des températures mensuelles de 1980 à 2011 au Burkina Faso .....	22
Figure 4: Répartition spatiale de la moyenne de précipitations mensuelles du Burkina Faso de 1980 à 2011 (Source : DANGO Lamine, 2012).....	24
Figure 5: Répartition spatiale de moyenne de l'indice d'aridité sur le Burkina Faso .....	27

Figure 6: Répartition spatiale moyenne de l'indice d'aridité sur le sous bassin la Sirba et la zone d'étude de 1980 à 2011 .....	27
Figure 7: Carte d'occupation des terres de la partie avale du sous bassin la Sirba en 1992.....	31
Figure 8: Carte d'occupation des terres de la partie avale du sous bassin la Sirba en 2002.....	31
Figure 9: Carte NDVI de la partie avale du sous bassin la Sirba en 2000 .....	36
Figure 10: Carte NDVI de la partie avale du sous bassin la Sirba en 2010 .....	36
Figure 11: Répartition spatiale moyenne du nombre de jour de pluie annuel sur le Burkina Faso e 1980 à 2011 .....	45
Figure 12: Scènes d'images couvrant la zone d'étude .....	97
Figure 13: Aperçue de la zone d'étude après mosaîquage.....	98
Figure 14: Carte de situation des 10 stations synoptiques du Burkina Faso (source DANGO, 2012).....	102

### **Liste des tableaux**

Tableau 1: Statistiques de la BDOT-1992 de la partie avale du sous bassin la Sirba.....	29
Tableau 2: Statistiques de la BDOT-2002 de la partie avale du sous bassin la Sirba .....	30
Tableau 3 : Statistiques des taux variations de la BDOT entre 1992 et 2002 .....	32
Tableau 4: Statistiques de NDVI-2000 de la partie avale du sous bassin Sirba.....	33
Tableau 5: Statistiques NDVI-2010 de la partie avale du sous bassin Sirba .....	33
Tableau 6: Variation des statistiques NDVI de 2000 à 2010 .....	34
Tableau 7:Statistiques des agriculteurs des deux régions couvrant la zone d'étude année, 2008-2009.....	99
Tableau 8:Statistiques des agriculteurs des deux régions couvrant la zone d'étude, année 2009-2010.....	99
Tableau 9: Statistiques des agriculteurs des deux régions couvrant la zone d'étude, année 2010-2011.....	99
Tableau 10: Coordonnées des stations synoptiques utilisées .....	102
Tableau 11: Statistiques NDVI en 1998.....	103

Tableau 12: Statistiques NDVI en 1999.....	105
Tableau 13: Statistiques NDVI en 2000.....	107
Tableau 14: Statistiques NDVI en 2001.....	109
Tableau 15: Statistiques NDVI en 2002.....	111
Tableau 16: Statistiques NDVI en 2003.....	113
Tableau 17: Statistiques NDVI en 2004.....	115
Tableau 18: Statistiques NDVI en 2005.....	117
Tableau 19: Statistiques NDVI en 2006.....	119
Tableau 20: Statistiques NDVI en 2007.....	121
Tableau 21: Statistiques NDVI en 2008.....	123
Tableau 22: Statistiques NDVI 2009.....	125
Tableau 23: Statistiques NDVI en 2010.....	127
Tableau 24: Statistiques NDVI en 2011.....	129

### **Liste des graphiques**

Graphique 1: Courbes de tendance de l'évolution temporelle l'ETP sur la partie avale de la Sirba.....	21
Graphique 2: Courbes de tendance de l'évolution temporelle de l'ETP sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso.....	21
Graphique 3: Courbes de tendance de l'évolution temporelle de la température sur la partie avale du sous bassin la Sirba de 1980 à 2011.....	23
Graphique 4: Courbes de tendance d'évolution temporelle de la température sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso.....	23
Graphique 5: Courbes de tendance d'évolution temporelle de la précipitation sur la partie avale du sous bassin la Sirba.....	25
Graphique 6: Courbes de tendance d'évolution temporelle de la précipitation sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso.....	26

Graphique 7: Courbes de tendance d'évolution temporelle de l'indice d'aridité sur la partie avale de la Sirba .....	28
Graphique 8: Courbes de tendance d'évolution temporelle de l'indice d'aridité sur le sous bassin et le Burkina Faso.....	28
<b>Graphique 9: Diagramme d'évolution comparée de l'occupation des terres des années 1992 et 2002.....</b>	<b>32</b>
Graphique 10: Statistiques de l'évolution des unités NDVI de 2000 à 2010.....	34
Graphique 11: Dynamique d'évolution temporelle des NDVI sur la zone d'étude. ....	34
Graphique 12: Corrélation entre les NDVI et de l'Indice d'aridité de De Martonne de 1980 à 1998 sur la zone d'étude.....	35
Graphique 13: Courbes de tendance d'évolution temporelle du nombre de jours de pluie sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso .....	46
Graphique 14: Courbes de tendance d'évolution temporelle du nombre de jours de pluie sur partie avale du sous bassin la Sirba.....	46
Graphique 15: Evolution comparée des paramètres climatiques et des NDVI de la zone d'étude .....	131
Graphique 16: Corrélation entre les NDVI et les ETP de 1980 à 1998 sur la zone d'étude...	131
Graphique 17: Corrélation entre les NDVI et les T de 1980 à 1998 sur la zone d'étude .....	132
Graphique 18: Corrélation entre les NDVI et les P de 1980 à 1998 sur la zone d'étude .....	132

## I. INTRODUCTION GENERALE

### Contexte de l'étude

#### Contexte régional

Le phénomène de réchauffement climatique actuel est planétaire et global. Il modifie le cycle de l'eau et l'écosystème. La rupture climatique abrupte intervenue vers les années 1970 en Afrique subsaharienne a provoqué un changement des régimes des précipitations, des températures, d'espaces verts et des écoulements très importants en Afrique de l'Ouest, et plus particulièrement dans la zone soudano-sahélienne, marquée par une plus grande incertitude dans la répartition spatio-temporelle des ressources naturelles (RISACC,2010).

Les hydro-climatiques (ALBERGEL, 1987 ; et MAHÉ et al. 2003) montrent que la variabilité hydrologique observée au niveau des bassins versants sahéliens serait due à l'effet conjoint du changement climatique et des activités humaines sur les modifications des états du sol. De nombreuses études conviennent maintenant que la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, en particulier sa bande sahélienne, est l'une des plus vulnérables aux changements du climat, en particulier à cause de la baisse des ressources en eau. De plus, la communauté scientifique internationale considère que les extrêmes hydrologiques (sécheresses et inondations) risquent de se renforcer dans la sous-région notamment l'avancée du désert et les inondations de plus en plus récurrentes, conséquence d'une aridification (IPPC, 2007).

L'absence de longues séries chronologiques d'observations climatiques dans la plupart des stations disponibles en matière de climat ont longtemps empêché l'analyse du processus d'aridification du climat sahélien, notamment l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau en Afrique Occidentale (Claude J., 1992).

Dans ce mémoire, nous répondront aux questions liées à l'aridité climatique et son évolution progressive sur le pays, précisément dans la partie avale du sous bassin la Sirba. Ensuite, nous étudierons la corrélation de l'indice d'aridité avec l'évolution de la végétation, et des comparaisons avec la dynamique d'évolution de la BDOT.

## **Cadre institutionnel,**

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) est une organisation non gouvernementale représentée dans plus de 160 pays du monde. Elle compte 11000 experts scientifiques investis dans différentes commissions thématiques pour l'atteinte de ses objectifs. Les programmes de l'UICN au Burkina Faso et ses partenaires sont axés prioritairement sur les thématiques suivantes: Aires Protégées, Changement Climatique, Forêt, Gouvernance et Ressource en Eau. Dans le cadre de la Conservation des ressources en eau pour une gestion durable des moyens d'existence des populations de la partie Est du Burkina Faso. Il fait intervenir plusieurs partenaires dont : Catholic Relief Service (CRS), Association TIN TUA (ATT); Eau et Assainissement pour l'Afrique E.A.A. (ex-CREPA) ; REseau de COmmunication sur le PAstoralisme (RECOPA) ; Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) ; Direction Régionale de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire de l'Est ; Direction Régional de l'Eau, des Amenagements Hydrauliques et de l'Assainissement de l'Est (ex-DRAHRH-E) ; Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la GIRE (SP-PAGIRE) ; Direction Générale pour la Conservation de la Nature (DGCN) ; Office National des Aires Protégées (OFINAP); CARE International ; SOS Sahel International (UK), International Institute for Environment and Development (IIED).

Depuis 2009 l'UICN s'est donné pour mission de façonner un avenir durable en Afrique Centrale et Occidentale. La vision qui a motivé cette mission est la quête d'un monde juste qui valorise et conserve la nature. Le but donc de la mission est d'encourager un environnement politique, économique et social favorisant une gestion et une utilisation durable des ressources naturelles, tant terrestres que maritimes, la conservation des sols et de la diversité biologique avec et au profit des populations (Yobouet, 2011). Pour l'UICN l'approvisionnement se fait à travers la sécurisation de la ressource et le développement d'approches nouvelles ou améliorées de la gestion de l'eau, et s'intègre dans un cadre plus large qui traite de la pauvreté, du pouvoir et des inégalités qui touchent particulièrement les populations les plus pauvres. Car le Burkina tout comme certains pays sahéliens est confronté à d'énormes problèmes liés à des conséquences écologiques graves telles que la désertification, la sécheresse, les changements climatiques, la dégradation des sols, le déboisement. Par ailleurs, il faut noter que le climat a une grande influence sur les systèmes écologiques et socio-économiques en région sahélienne; sa modification peut avoir des incidences plus ou moins prononcées sur l'agriculture et la sécurité alimentaire, la diversité

biologique, les ressources en eau, la santé et donc sur les moyens d'existences des populations. Au vu de ces différents enjeux, l'UICN- Burkina a procédé par dégrossissement sur le territoire national pour focaliser son attention sur la partie avale du bassin versant de la Sirba qui illustre le mieux les problématiques suscitées. Aussi pour mieux répondre aux attentes d'accompagnement de la deuxième phase de mise en œuvre du PAGIRE qui a souligné la nécessité de prendre des mesures d'atténuation du changement climatique, ses partenaires de l'Initiative mondiale pour l'eau s'investissent dans la Sirba à mieux comprendre les effets de la variabilité et du changement climatique.

Pour accompagner l'amélioration des connaissances du bassin versant en vue de mieux orienter les projets et les actions de recherche, certaines investigations ont été mise en œuvre : tel que les plans d'action communautaire pour la gestion intégrée des Ressources en Eau (PAC-GIRE) afin de cerner les besoins et les priorités des populations.

D'autres études ont été conduites sur différentes thématiques parmi lesquelles on cite celle du diagnostic de la partie Est (UICN Burkina Faso, 2008) qui permis de sélectionner dans cette partie du pays, les bassins versants nationaux sous les plus à risque suite à certains critères parmi lesquels l'état physique du bassin versant, la pression humaine liée à l'agriculture et l'élevage, menacé l'écosystème comme les zones humides, etc. Celle-ci aboutit à la sélection deux bassins à plus risque de la partie Est du pays : le sous bassin de la Sirba et le bassin Tapoa. Aussi les études d'Ambroise YOBOUET en 2011 pendant son stage de fin de cycle ingénieur à l'IUCN sur la contribution de l'imagerie satellitaire au suivi des ressources naturelles dans la partie Est du Burkina Faso. Son étude a révélé la dégradation de la l'environnement dans la partie avale de la Sirba.

La présente étude répond au souci de l'UICN d'avoir une base des connaissances sur les ressources en eau sans cesse à jours sur la zone d'intervention et en rapport avec les problématiques actuelles notamment les changements climatiques et Gestion Intégrée des Ressources en Eau.

## **Problématique de l'étude**

L'évolution des ressources en eau dans la zone soudano-sahélienne est une question de plus en plus préoccupante tant dans le développement économique que pour le devenir des populations grandissantes (santé, eau potable, sécurité alimentaire) (RISACC, 2010). Ce qui suscita l'intérêt de l'UICN à mener une étude diagnostic de la partie Est de la rivière Volta et du Niger au Burkina Faso (UICN Burkina Faso, 2008). Cette étude permit de sélectionner la Sirba et la Tapoa comme deux bassins versants les plus à risque. Elle a également montré des phénomènes d'amenuisement de la pluviométrie dans la zone de Fada N'Gourma à environ 80 km de notre zone d'étude; on constate une baisse pluviométrique de 11 % soit 0.13% par an de 1923 à 2004 (Rapport final du GWI; 2008). Ce qui a entre autre pour conséquence une exacerbation des problèmes de disponibilité et de gestion des ressources en eau; et d'assèchement du couvert végétal devant une augmentation soutenue de la demande et une diversification qui ira s'accroissant. (RISACC, 2010)

D'autres travaux de thèses, de mémoires et de recherches justifient ce constat. On a entre autres l'étude menée par POUYAUD B. en 1987 évoquant huit bassins versants à différentes échelles des fleuves Niger et Volta. Les bassins versants ont été sélectionnés suivant la disponibilité des données de surveillance hydrologique pour une longue période au-delà de l'isohyète 1000 mm, il a conclu que des bassins versants subissent différemment les effets du changement climatique en fonction de leur étendue. En 2002, AMANI A. a tenté d'expliquer la contribution de Sirba rivière et ses affluents d'autres du Niger au Burkina Faso territoire du Niger débits de la rivière. Il a constaté que la baisse des précipitations depuis 70 années au cours Afrique de l'Ouest et en particulier au Sahel a eu des répercussions importantes sur les flux du fleuve Niger. Il a aussi exploré la corrélation entre le fleuve Niger et de Sirba rivière et remarqua que les modifications hydrologiques sur le cours d'eau Niger résultait en grande partie de la rivière Sirba. Puis en 2009, l'impact de la modification du couvert végétal sur la production de sédiments au milieu du Niger a été étudié par AMOGU O.. L'année suivante, MARA, F. étudia le bassin versant de la Sirba au cours d'une thèse de travail, comme une étude de cas de la vulnérabilité de la population de la région sahélienne aux effets du changement climatique. Une approche plus large incluant le traitement des images satellites, des données hydrologiques et socio-économiques ont été utilisés de manière intégrée pour définir des critères de vulnérabilité. Enfin, en 2011 YOBOUET A. conclue que «l'environnement se dégrade dans la queue de la Sirba ; rien qu'en 10 ans (1992 à 2002)

seulement, plus de 85,51% des forêts galerie et 93,12% des savanes ont disparues au profit des sols nus et steppes...».

Certes des travaux de recherches ont directement ou indirectement porté sur notre zone d'étude d'étude et jusque-là celles-ci mettent l'accent sur une question spatiale cohérente et intégrée. Cependant aucune étude approfondie n'a été faite pour déterminer l'indice d'aridité et son évolution graduelle ou brutale dans le temps et dans l'espace. D'où l'intérêt de cette étude intitulé '' Contribution à l'analyse de l'aridité du climat sahélien au niveau local, cas de la partie aval de la Sirba''. Face à un manque d'information sur la disponibilité des ressources en eau dans la zone (l'insuffisance des stations pluviométriques) et de leurs relations avec les autres composantes du paysage. Peu d'études se sont intéressées à la question (SAWADOGO ; 2010). Il apparait crucial de faire l'étude spatio-temporelle des paramètres supposés clefs pour l'étude du climat, de l'indice d'aridité selon De Martonne, et de l'indice normal de différence de végétation. Il s'agit de vérifier l'existence d'aridification climatique et sa relation avec évolution du couvert végétal au niveau local.

## II. OBJECTIFS ET HYPOTHESES DE L'ÉTUDE

### 1. Les objectifs

L'objectif global de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance du bassin versant de la Sirba dans le but de promouvoir une gestion durable des ressources en eau et des services éco systémiques en faveur des groupes vulnérables et des pauvres. Cette production de connaissance s'orientera sur les phénomènes d'aridification dans ces relations avec la végétation et l'activité anthropique. L'aridification est entendu dans ce contexte comme un processus climatique dans lequel les apports en eau sont inférieurs aux pertes ; ce qui a pour conséquence une modification de la structure et de l'équilibre des écosystèmes dont la végétation est un marqueur biologique efficace.

Cet objectif global se décline en trois objectifs spécifiques :

- **OS1** : Etudier la corrélation entre l'aridification du climat et l'évolution de la végétation au niveau local. Il s'agit en fait de vérifier l'existence de l'aridification dans le bassin versant de la Sirba et d'analyser le phénomène en relation avec l'évolution du couvert végétal de la partie avale bassin.

- **OS2** : Déterminer l'impact des activités anthropiques dans le processus d'aridification de cette localité. En d'autres termes, cet objectif vise évaluer le rôle que joue l'activité humaine dans le processus d'aridification. La communauté de la zone influence-t-il significativement les processus de perte en eau dans le bassin ?

- **OS3** : Proposer des informations pour l'intégration à l'échelle locale des mesures de Lutte contre l'aridification. L'atteinte des deux premiers objectifs devra permettre de s'hasarder dans une réflexion sur les mesures possibles à prendre au niveau du bassin versant pour réduire au plus le processus.

### 2. Les hypothèses

Les objectifs ainsi fixés, imposent une réflexion théorique sur l'aridification pour anticiper la collecte des données, leurs analyses et leurs interprétations. Dans cette perspective l'aridification en tant que processus central autour duquel s'organise de travail est compris

comme un bilan hydrique climatique tendanciel négatif. Il doit donc faire intervenir à la fois les apports et partant les quantités d'eau enregistrées sur le bassin versant et les pertes interpréter dans le contexte dans l'évaporation et liée à l'activité biophysique dont les déterminants les plus ostensibles mesurables sont l'évaporation et la température. Au regard de la littérature scientifique sur le sahel nous posons trois hypothèse en cohérence avec les trois objectifs spécifiques.

- **H1** : Pour tenir compte des déclarations récurrentes de la littérature faisant allusion à une diminution de la quantité d'eau précipitée, la première hypothèse est qu'il y a un processus d'aridification en cours lié à une diminution du nombre de jours de pluie et à la quantité d'eau précipitée. Les tendances et les proportions de l'aridification du climat dépendent de des apports climatiques et de leur distribution spatio-temporelle. Le processus est plus sévère dans la zone d'étude qu'au niveau du bassin ou du pays.

- **H2** : L'aridification du climat au niveau de la partie avale du sous bassin de la Sirba a pour conséquence une réduction du taux de couverture végétale.

- **H3** : Le phénomène d'aridification climatique dans la partie avale du sous bassin la Sirba n'est pas seulement naturel, il est fortement influencé par les activités anthropiques et les aménagements existants. En d'autres termes, l'activité humaine n'est pas sans impact sur le taux de couverture végétale, même si son influence sur la tendance globale est moins importante que celle du climat

### III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

#### 1. La délimitation du champ de l'étude

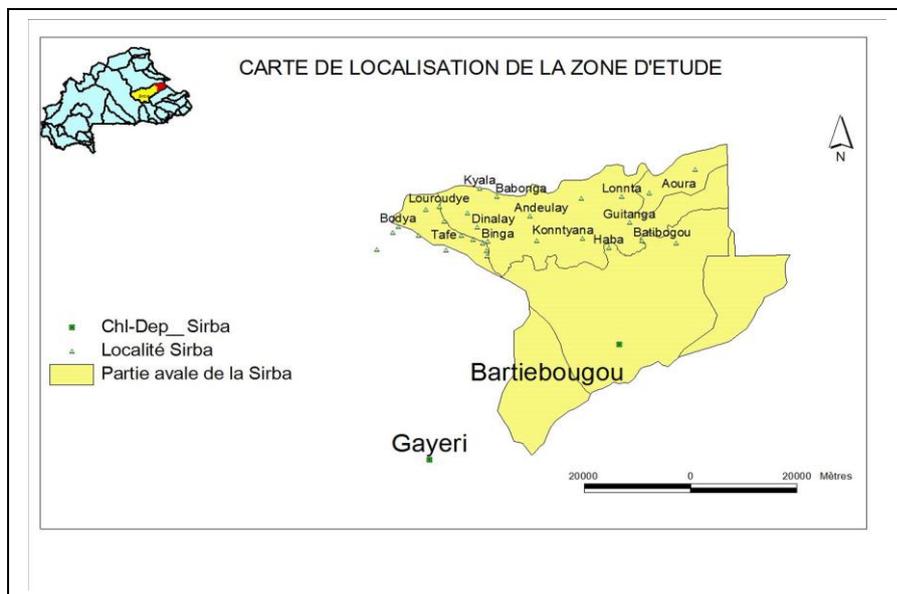


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude (Source DANGO)

#### 1.1 La délimitation spatiale

Notre étude porte sur la partie avale de la Sirba. La Sirba est une rivière transfrontalière qui se pose au Burkina Faso et coule vers l'Est, elle afflue vers le fleuve Niger. La zone d'étude couvre environ 2300 km<sup>2</sup>, et est ciblée en tant que zone expérimentale pour aborder les principaux défis liés aux phénomènes liés à l'aridification du climat sahélien. Elle est située entre 12°30 et 13°13 de latitude Nord, 0°29' et 1°00' de longitude Est. Et s'étend sur trois provinces : Komandjari, Yagha et Gnagna et couvre 45% de la commune de Mansila, 10% de la commune Boundoré, 80% de la commune de Foutouri, 60% de la commune de Gayéri, 20% de la commune de Bartiebougou et 45% de celle de Liptougou. (Yobouet, 2010).

#### 1.2 La période d'étude

Pour notre étude, nous optons pour des données climatiques repartis sur une durée minimale de trente ans, car elles sont des valeurs moyennes calculées d'après les observations d'au moins 30 ans (défini par l'Organisation Météorologique Mondiale comme période de référence). D'où, nous nous intéressons pour tout paramètre cherché aux données étalées sur la plage minimale des trente années les plus récentes : de 1980 à 2011. D'autres pas de temps 10 ans ont été mis à profit suivant la spécificité des paramètres et la disponibilité des données.

## 2. Le milieu physique

### 2.1 Le climat

La zone d'étude est influencée par un climat soudanien et sahélien enregistrant 600 à 800 mm de mi-juin à mi-septembre. Les températures extrêmes varient entre 10° et 42°c en zone sahélienne et entre 13° et 40°c en zone soudanienne, avec une moyenne annuelle de 29°C. L'évaporation sur nappe libre mesurée atteint annuellement 2 900 à 3 000 mm (GWI, 2010).

### 2.2 Le relief et les sols

Le relief de l'ensemble du bassin versant est faiblement accidenté et est marqué par la présence de vastes plaines alluviales et de buttes cuirassées avec par endroits des affleurements rocheux. Ces buttes sont reliées aux plaines par des glacis cuirassés ou non et dont la pente varie entre de 2 à 3% occasionnant de forts ruissellements des eaux de pluie et le déplacement des solides. (Ouédraogo et Béré, 2008). Selon BUNASOL (2009), on distingue : Les sols dans la zone du sous bassin sont dégradés à environ 70 % de la superficie. Mais l'existence de nombreux bas-fonds offrent environ 30 % de sols riches propices à l'agriculture. (BUNASOL, 2009).

### 2.3 La végétation

Selon les subdivisions phytogéographiques de Guinko (1984) notre zone d'étude est étirée du nord au sud entre les secteurs phytogéographiques sud-sahélien et nord- soudanien.

Au Nord de la Komondjari, la végétation est dominée par la savane arbustive. Les espèces ligneuses dominants sont : *Combretum nigricans*, *Acacia senegal*, *Acacia gourmaensis* et *Balanites aegyptiaca*.

Au Sud de la province, la flore reste assez diversifiée. La végétation ligneuse est dominée par les espèces ligneuses caractéristiques de la savane arborée et arbustive dense à *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya* *Combretum micranthum*, *Acacia nilotica*, *Acacia laeta*, *Combretum nigricans*, *Acacia senegal*, *Commiphora africana*, *Bauhinia rufescens*, *Pterocarpus erinaceus*, *Capparis tomentosa*. (Ouédraogo, 2001 ; DPECV/Komondjari, 2010)

## **2.4 L'hydrographie**

Les ressources hydrographiques sont très peu disponibles ; le réseau hydrographique se constitue essentiellement de la Sirba et le Goulbi, tous des affluents du fleuve Niger. La province de Komandjari est caractérisée par des aquifères alluvionnaires peu profonds (1 à 5 mètres) dans les bas-fonds au sud et plus profonds au nord où les profondeurs des puits traditionnels et modernes avoisinent respectivement 12 mètres et 15 mètres (DRED, 2003)

## **3. Le contexte humain**

### **3.1. La démographie**

La zone a une population d'environ 186 908 habitants. Elle est dominée par de petits villages et des campements, avec une densité moyenne estimée à 25 habitants/km<sup>2</sup>. Le taux de croissance est estimé à 3,51 %. L'ethnie majoritaire est le Gourmantché; on y trouve aussi les Peulh et les Mossi. Le taux d'alphabétisation est très faible; pour remédier à ce handicap l'Association Tin Tua a mis en place le DIEMA dont l'objectif est d'alphabétiser les populations en langue locale (Yobouet, 2011).

### **3.2. Les activités socio-économiques**

L'agriculture et l'élevage constituent les activités socio-économiques les plus pratiquées, elle génère respectivement plus de 40% et 19% des revenus de ménages. L'agriculture pratiquée est du type extensif avec utilisation des intrants. Les principales cultures sont le sorgho, le mil, le maïs pour les céréales, l'arachide, le niébé et le soja pour les cultures de rente.

Quant à l'élevage, les principales espèces élevées sont : les bovins ; les ovins ; les caprins ; les porcins ; les asins ; les équins et la volaille (Sawadogo P. M.A, 2010).

## **IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES**

Pour vérifier l'ensemble des hypothèses émises, une approche méthodologique a été adoptée. C'est l'approche analytique basée sur un ensemble d'indicateur dont le but est d'évaluer les hypothèses émises. Pour la première hypothèse, il a été retenu de faire une analyse d'évolution spatio-temporelle de l'aridité. D'où, les variables climatiques qui influent le plus les apports d'eau par l'atmosphère (entrée) et les départs d'eau dans l'atmosphère ont été retenues (sorties) et un indice synthétique 'aridité. Il s'agit de :

- La précipitation, en entrée qui se décline à travers la quantité d'eau mensuelle homogène par an et le nombre de jours par an.
- L'évapotranspiration appuyé par son déterminant majeur la température en départ. Pour les valeurs sorties ce sont les évapotranspirations potentielles et les températures moyennes

### **1. Matériels**

Le traitement des images a été réalisé à l'aide des logiciels ENVI 4.5, ARC-GIS 9.3, et arcview 3.2a avec les extensions images analyst et spatial analyst. Nous avons travaillé avec des données NDVI téléchargées à l'adresse <http://free.vgt.vito.be/>. Ces 495 produits NDVI décennaires ont été téléchargés sur la période Avril 1998 à Décembre 2011. Dans le cadre des études climatiques, des séries de données de précipitations, du nombre jours de pluie, de température, et d'ETP des dix stations synoptiques du Burkina Faso (annexe 9) ont été mises à contribution. Ces séries proviennent de la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) et s'étendent sur la période de 1980 à 2011. Nous avons également utilisé la base d'occupations des terres du Burkina Faso pour les années 1992 et 2002 pour l'analyse de la variabilité temporelle des unités d'occupation des terres.

### **2. Méthodologies**

#### **2.1 Méthodologie de traitement des données climatiques**

Pour le traitement des données climatiques 'la précipitation, le nombre jours de pluie, la température, l'ETP et l'indice d'aridité, nous avons procédé à une interpolation. Pour chaque paramètre les moyennes annuelles ont été calculées, transformés, exportés et spatialisées à partir de la méthode de Krigeage. Excepté le calcul de l'indice d'aridité où nous avons préalablement considérés les moyennes mensuelles de la précipitation et la température et calculé l'indice d'aridité selon la formule de De Martonne  $I = 12 * P / (10 + T)$ . La résolution spatiale est de 200mX200m en tenant compte de douze points bien que nous ayons dix

stations. Ensuite, nous avons tracé les courbes de tendances linéaires sur la période. Aussi, les 495 produits NDVI décennaux téléchargés ont été géo référencés et utilisés en vue d'établir les corrélations avec l'Indice d'aridité sur la période d'Avril 1998 à Décembre 2011.

## **2.2 Méthodologie de traitement des images**

Nous avons procédé en deux étapes, la méthode de collecte des données et celle du traitement des données. La collecte des données s'est déroulée à travers des enquêtes, des recherches bibliographiques et des observations directes sur le terrain.

La procédure de traitement est la suivante :

### *2.2.1 Acquisition et collecte d'images satellitaires*

La recherche et l'acquisition des images se sont fait suivant les objectifs et les attentes de l'étude qui sont spécifiés dans le protocole. Le choix des images NDVI se justifie par le fait qu'elles soient adéquates en termes d'analyse spatio-temporelle. En effet, l'une des rares qui permet d'avoir un recul statistique de 15 sans discontinuer avec une résolution temporelle de l'ordre de journée stocker en décade.

### *2.2.2 Géo référencement et mosaïcage des images*

Chaque type d'imagerie a été géoréférencé puis découpé aux limites de la zone d'étude. Les données vectorielles de référence de la Base de données d'ESRI ont servi à faire le géoréférencement des images, notamment les fichiers des limites des continents. Le système de projection de la source vectorielle est « Degré décimaux WGS 1984 ». L'ensemble des produits obtenu ont été par la suite transformés dans le système de projection utilisé l'Institut Géographique Burkina (IGB), c'est-à-dire projection UTM, Clarke 1880, zone 30.

### *2.2.3 Analyse des images*

Les images NDVI ont fait l'objet d'une transformation en fichier Grid (format matriciel d'ESRI). Ce qui donne la qualité d'une matrice de données pouvant intégrer les fonctions de calcul matriciel. A partir de Grid de données NDVI, une valeur synthétique de l'image est acquise. Elle correspond à la moyenne arithmétique de l'ensemble des pixels de la Grid NDVI. Ainsi il est possible d'envisager l'analyse comparative de l'évolution de la végétation et celle de l'aridité. Pour l'évolution des unités d'occupation des terres entre 1992 et 2002, un calcul de la taux de variation des superficies des différentes unités d'occupation des terres dans les deux bases de données d'occupation des terres est envisagé.

#### 2.2.4 Calcul du taux de variation des unités d'occupation

Le taux de variation de chaque unité a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Taux de variation} = \left( \left( \frac{Cn}{C0} \right)^{1/n} - 1 \right)$$

C0 : pourcentage de l'unité d'occupation à l'année 0,

Cn : pourcentage de l'unité d'occupation à l'année n, où n : le nombre d'année

## V. RÉSULTATS ET INTERPRETATIONS

### 1. Etudes climatiques

Dans cette partie, nous étudierons l'apport de chaque paramètre climatique dans l'aridification du sous bassin de la Sirba, voire du pays.

#### 1.1. Evapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle est une donnée climatique essentielle dont les valeurs sont obtenues par mesure indirecte d'autres paramètres climatiques. Ils ont été constitués à partir d'observation climatologiques et de valeurs d'ETP calculées en utilisant la formule empirique décrite par Penman (1956). La méthode de Penman intègre de nombreuses variables telles que la température de l'air, la durée d'insolation, l'albédo, la vitesse du vent, l'humidité de l'air et le rayonnement solaire.

##### 1.1.1 Etude de la répartition spatiale de l'ETP aux échelles locales et nationales

Les cartes d'évolution spatiale de l'ETP renseignent sur sa variation d'un endroit à l'autre. Celles élaborées par année sont en annexe. Toutefois, la carte moyenne de répartition à partir des données de Janvier 1980 à Décembre 2011.

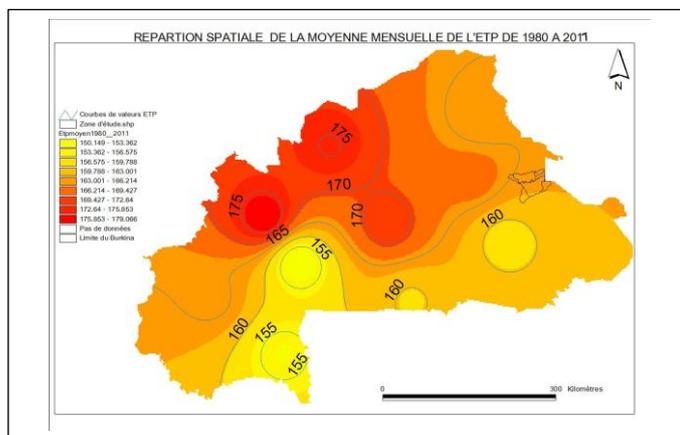


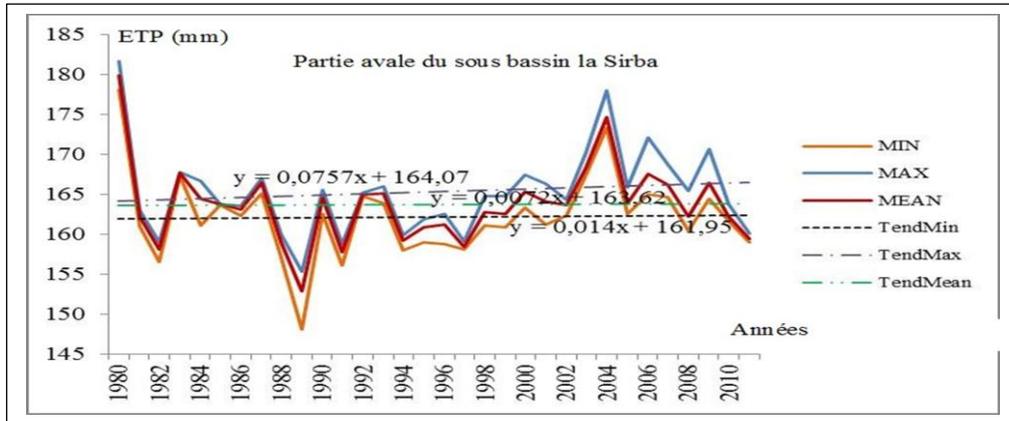
Figure 2: Carte de répartition spatiale de l'ETP mensuel moyen de 1980 à 2011 (Source DANGO, 2012)

Les valeurs extrêmes de cette variation sont obtenues en 2006 pour une amplitude de 26mm et un écart type de 4.95. Par ailleurs, nous avons remarqué que les données de l'an 1997 comportaient une erreur pour la station de Boromo ; car les valeurs étaient inférieures à 30mm. Nous constatons que la répartition spatiale de l'ETP n'est pas homogène aux échelles locale et nationale.

Cependant, nous étudierons dans les paragraphes suivants son évolution temporelle.

### 1.1.2 Etude de la tendance générale d'évolution temporelle de l'ETP: Cas de la zone d'étude

Nous observons sur le graphique ci-dessous, l'évolution chronologique des variations moyennes mensuelles homogène à chaque année de l'ETP, de 1980 à 2011



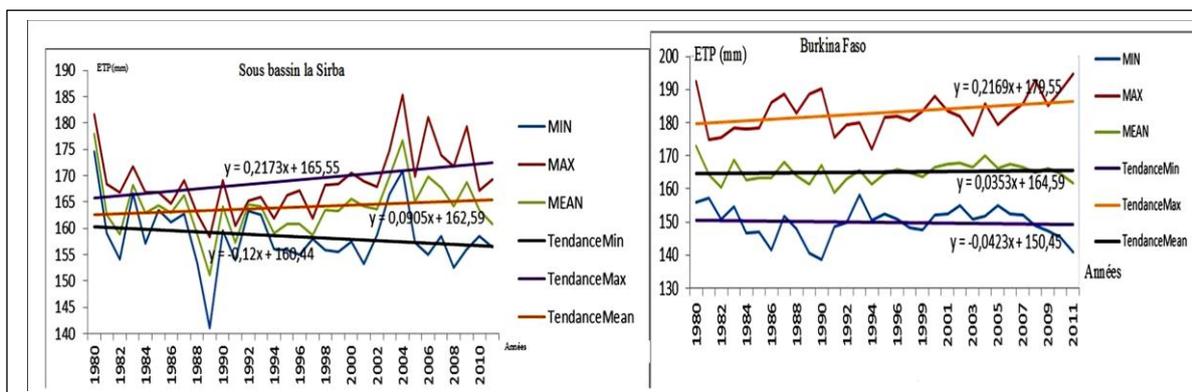
**Graphique 1: Courbes de tendance de l'évolution temporelle l'ETP sur la partie avale de la Sirba**

L'ETP est ici caractérisée par une faible évolution annuelle avec des valeurs comprises entre 145mm et 185mm, excepté l'an 1989 qui présentent de stricte décroissance. Les pentes courbes de tendances sont toutes positives.

*L'augmentation progressive des valeurs de l'ETP sur la partie avale du sous bassin la Sirba, justifie l'assèchement progressif du couvert végétal. En définitive, l'ETP contribue à une aridification climatique dans la zone d'étude.*

### 1.1.3 Etude de tendance d'évolution temporelle de l'ETP sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso.

On obtient des courbes de tendances considérant les valeurs moyennes de 1980 à 2011.



**Graphique 2: Courbes de tendance de l'évolution temporelle de l'ETP sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso**

Les pentes des droites de tendance des valeurs moyennes et maximales de l'ETP sont toutes positives sur le sous bassin et le pays. Bien que les variations soient faibles par années consécutives, *l'ETP augmente progressivement sur la Sirba et sur l'étendue du pays.*

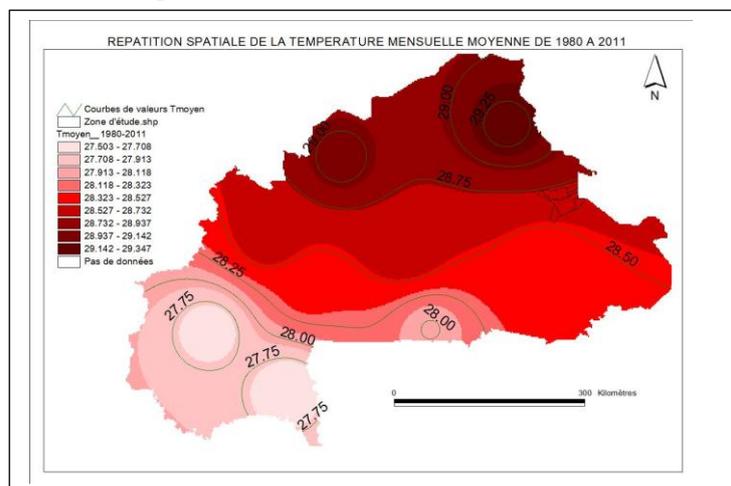
***Ce paramètre climatique contribue favorablement à un processus d'aridification du climat de la zone d'étude, du sous bassin la Sirba et du pays. De plus, la variation spatiale de l'ETP n'est ni homogène sur la zone d'étude, ni sur le sous bassin, ni sur le pays.***

## 1.2 Température

La température, c'est l'ensemble des conditions météorologiques au jour le jour. Elle dépend principalement de la quantité de chaleur solaire absorbée par la terre et l'atmosphère (la couche de gaz qui entoure la planète) ; et de la façon dont la chaleur se déplace d'un endroit à l'autre.

### 1.2.1 Etude de la répartition spatiale de la température aux échelles locales et nationales

Tout comme l'ETP, nous avons également produit une carte moyenne de toutes celles obtenues sur la période d'étude.



(Source DNM-Burkina Faso

Réalisation : DANGO Lamine 2012)

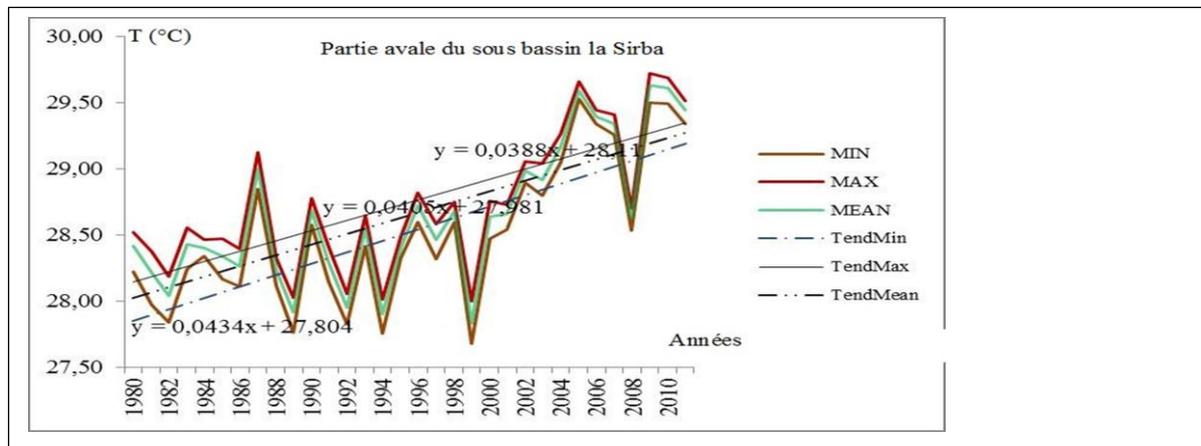
**Figure 3: Répartition spatiale moyenne des températures mensuelles de 1980 à 2011 au Burkina Faso**

L'amplitude de variation des valeurs moyennes mensuelles homogènes sur l'année est 2°C. Les résultats annuels sont en annexe 3. Malgré cette faible variation, la température n'est ni homogène sur la partie avale du sous bassin la Sirba, ni sur le territoire national. Les courbes de contours étiquetées et les couleurs de légende l'illustrent aisément.

Ceci étant, nous nous intéresserons à son évolution temporelle dans les paragraphes suivants.

### 1.2.2 Etude de l'évolution temporelle de la température : Cas de la zone d'étude

Les tendances d'évolution temporelle de la température sur la partie avale du sous bassin la Sirba s'observent sur le graphique ci-dessous.



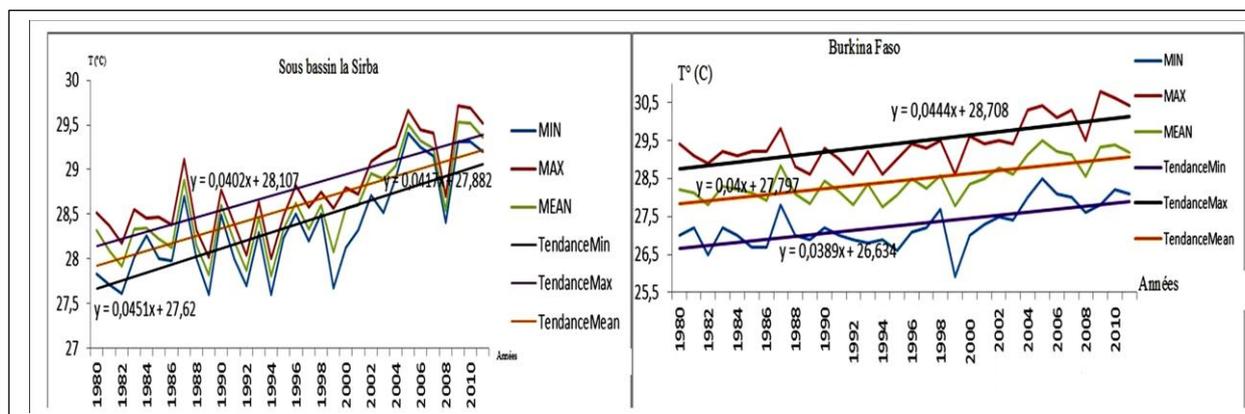
**Graphique 3: Courbes de tendance de l'évolution temporelle de la température sur la partie avale du sous bassin la Sirba de 1980 à 2011.**

Ces courbes montrent que la température a connu de fortes baisses de 1986 à 2000. Mais cela ne constitua pas un obstacle à son évolution croissance temporelle sur la période de 1980 à 2011. Par conséquent, ce paramètre climatique entraine une aridification progressive de la zone d'étude. (Selon la formule de De Martonne)

Cependant, ce résultat est-il compatible à celui de l'échelle nationale.

### 1.2.3 Etude temporelle de la température: cas du sous bassin et du Burkina Faso

A l'échelle nationale, on obtient :



**Graphique 4: Courbes de tendance d'évolution temporelle de la température sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso**

Toutes les pentes des droites de tendances de température sont strictement positives sur la période de 1980 à 2011. Il en résulte croissance temporelle de la température tant sur le sous bassin que sur le pays.

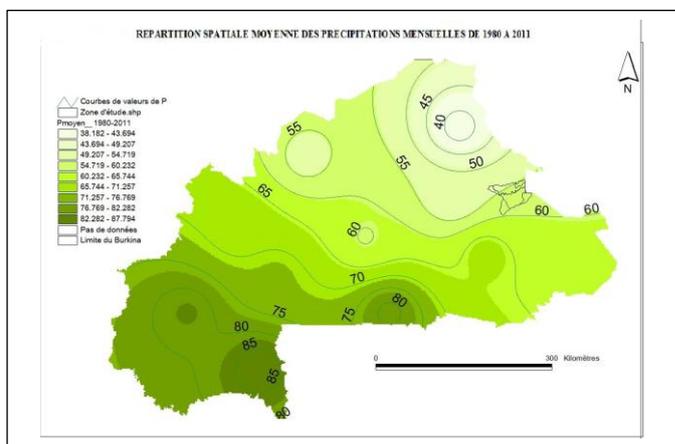
*Au vue de la formule de De Martonne, toute échelle, la température contribue positivement à une aridification évolutive du climat à toute échelle considérée dans cet étude. Sa répartition spatiale est non homogène sur la zone d'étude, le sous bassin la Sirba et le pays.*

### 1.3 Précipitation

La précipitation représente les apports d'eau parvenant au sol sous forme liquide par la pluie ou la rosée, ou solide par la neige ou la grêle en provenance de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. La précipitation et nombre de jours de pluie constituants les paramètres essentielles dans l'étude de la disponibilité d'eau dans une localité donnée. Cette partie de l'étude montre la contribution des pluies dans l'aridification du climat de la zone d'étude, voire tout le pays.

#### 1.3.1 Etude de la répartition spatiale de la précipitation aux échelles locales et nationales

Nous vous présentons la carte moyenne de répartition sur la précipitation de 1980 à 2011 ci-dessous. Les autres cartes de répartition spatiale de la précipitation sont en annexes.



**Figure 4: Répartition spatiale de la moyenne de précipitations mensuelles du Burkina Faso de 1980 à 2011**

L'amplitude maximale de variation mensuelle homogène sur l'année est 125mm avec un écart type maximal de 21 observés en 1990. Les courbes de contours étiquetées sur la figure montrent une répartition spatiale variable tant dans la zone d'étude que sur le pays. Ainsi, nous obtenons des précipitations annuelles qui varient entre 458 mm et 1054 mm pour le pays, et de 456mm (38\*12) à 912mm (76\*12) dans la zone d'étude. La contribution des pluies

.....  
annuelles dans l'aridité s'explique par les études de B. Sicard après l'an 1991. Les régions de Banfora, Nazinga, Ouagadougou, Di et Oursi se situent (GUINDO, 1984) sur un gradient d'aridité climatique par leur pluviométrie:

$P > 1200\text{mm} \rightarrow$  zone subsoudanienne;

$900\text{mm} < P < 1200\text{mm} \rightarrow$  zone sud-soudanienne;

$750\text{mm} < P < 900\text{mm} \rightarrow$  zone nord-soudanienne;

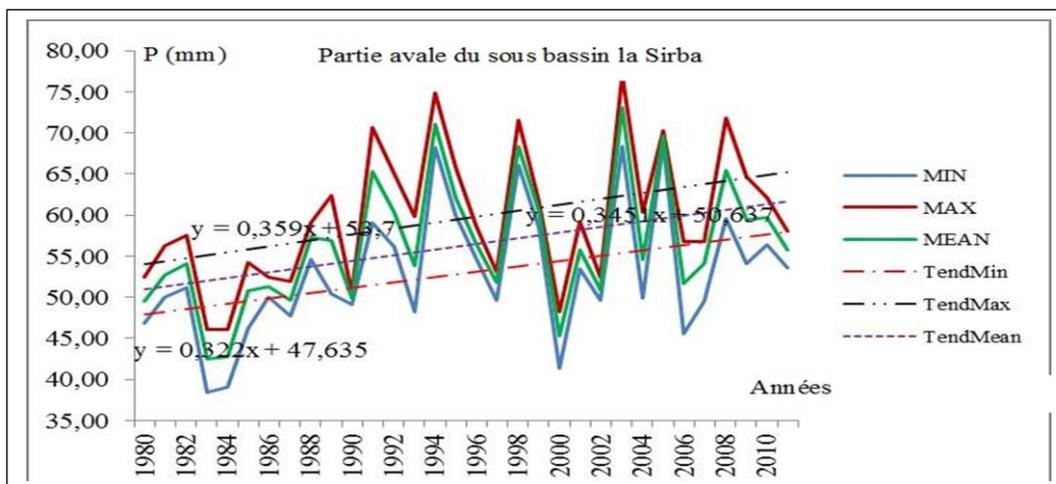
$500\text{mm} < P < 750\text{mm} \rightarrow$  zone subsahélienne (zone d'étude)

$300\text{mm} < P < 500\text{mm} \rightarrow$  zone sahélienne. .

L'analyse des travaux de Monod et al. (1977), Chevallier et al. (1985), et Pouyaud (1986), nous permet de résumer l'évolution des facteurs physiques sur cet axe est gradient de l'intensité et de la durée de la période pluvieuse.

### 1.3.2 Etude d'évolution temporelle de la précipitation : cas de la zone d'étude.

Pour la zone d'étude, on obtient les courbes de tendances représentées ci-après :



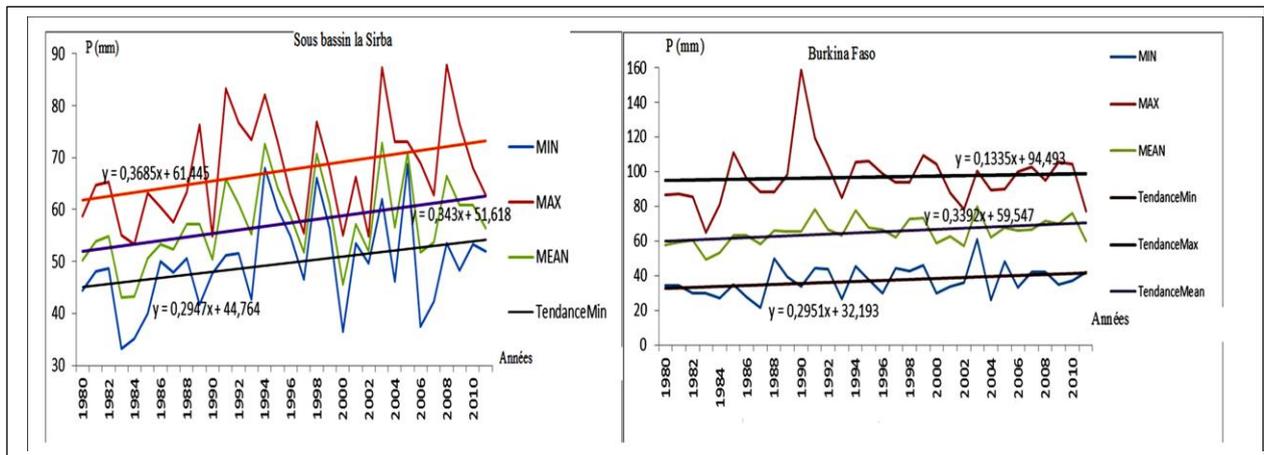
**Graphique 5: Courbes de tendance d'évolution temporelle de la précipitation sur la partie avale du sous bassin la Sirba**

On observe que toutes les pentes sont strictement positives. Donc, les courbes de tendances relatives à la précipitation sur la zone d'étude sont strictement croissantes.

*Au niveau local, la précipitation contribue donc à une humidification du milieu.*

### 1.3.3 Etude d'évolution temporelle de la précipitation : cas du sous bassin la Sirba et du Burkina Faso

Les graphiques ci-dessous présentent à l'échelle les courbes de tendance linéaire d'évolution des valeurs moyennes mensuelles homogènes sur chaque année de 1980 à 2011.



**Graphique 6: Courbes de tendance d'évolution temporelle de la précipitation sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso**

Nous observons également une croissance progressive des courbes de tendances linéaires tant sur le sous bassin que sur le pays, tout comme à l'échelle locale.

A ces deux différentes échelles, on note donc que ce paramètre favorise une humidification de la zone. La répartition spatiale de ce paramètre présente une très grande variabilité avec un écart type de 21mm.

Par ailleurs, l'étude du nombre de jours de pluie (en annexe1) croit également sur ces échelles.

***Contrairement aux autres paramètres, la précipitation et le nombre de jours de pluie ne permettent pas de justifier une aridification de la zone d'étude, du sous bassin et du pays.***

Cependant, il convient de s'interroger si ces évolutions progressives de la précipitation et nombre de jours de pluie sont suffisantes pour entraîner une humidification du climat.

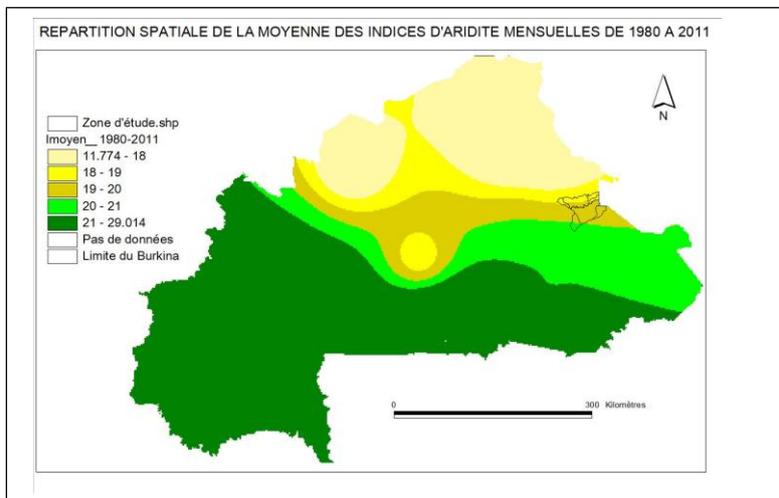
Pour une meilleure perception de l'aridification aux échelles locale et nationale, nous avons étudié l'indice d'aridité selon la formule de De Martonne de 1980 à 2011 dans le chapitre suivant.

#### **1.4 Indice d'aridité I**

L'indice d'aridité est le paramètre le plus indicatif de l'aridité d'une localité. Au regard des données disponibles qui sont des moyennes mensuelles, nous avons utilisé la formule de De Martonne  $I = 12 * P / (10 + T)$  où P et T sont exprimés respectivement en mm et °C.

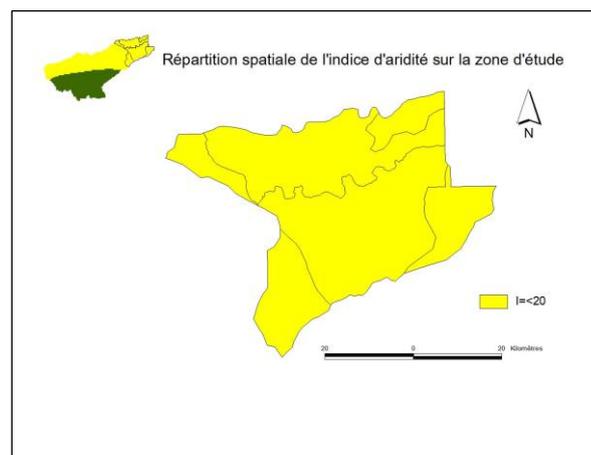
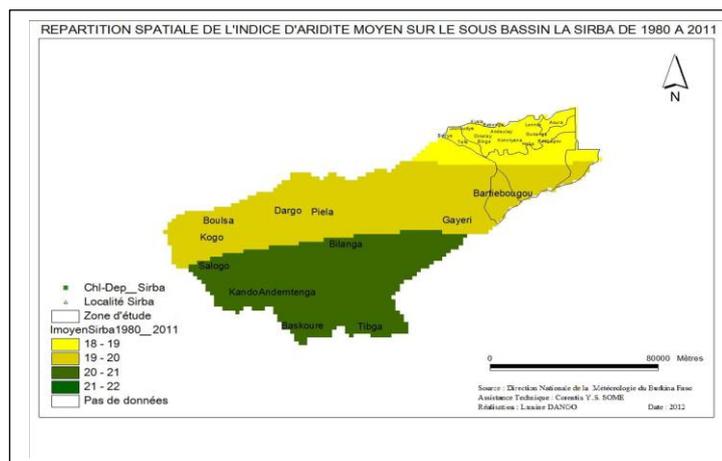
### 1.4.1 Etude de la répartition spatiale de l'Indice d'aridité aux échelles locale et nationale

Conformément aux autres paramètres, les cartes annuelles ont mis en annexes. Nous vous présentons les cartes moyennes de répartition sur la période de 1980 à 2011.



(Source DNM-Réalisation DANGO)

Figure 5: Répartition spatiale de moyenne de l'indice d'aridité sur le Burkina Faso



(Source DNM-Réalisation DANGO)

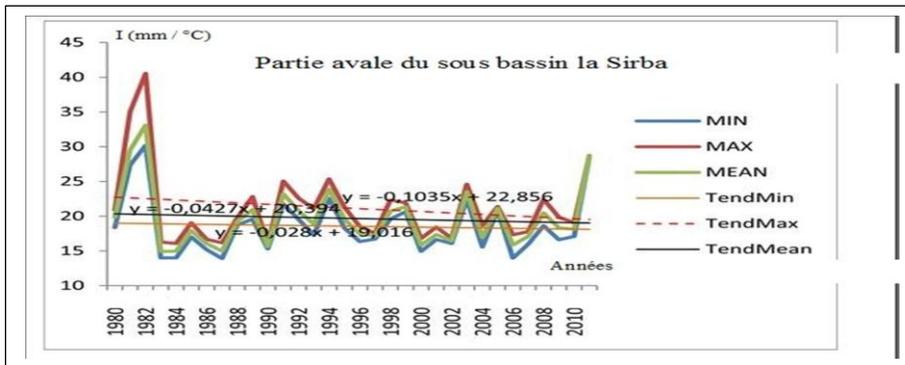
Figure 6: Répartition spatiale moyenne de l'indice d'aridité sur le sous bassin la Sirba et la zone d'étude de 1980 à 2011

Au vue des cartes moyennes de répartition spatiale, nous estimons la couverture en zone aride du sous bassin et du pays à plus de 60%, et celle de la partie avale du sous bassin à 100%. Selon De Martonne, il y a aridité quand l'indice est inférieur ou égale à vingt. *Cependant, notre zone d'étude est totalement aride.* Il apparait également que la répartition spatiale de cet indice n'est pas homogène d'un endroit à l'autre.

Dans le paragraphe ci-dessous, on montrera les variations temporelles de cet indice à différentes échelles.

#### 1.4.2 Etude d'évolution temporelle de l'indice d'aridité: Cas de la zone d'étude.

Le graphique ci-dessous présente les tendances générales d'évolution des maximas, moyennes et minimas mensuelles homogènes sur l'année de l'indice d'aridité sur la Sirba.



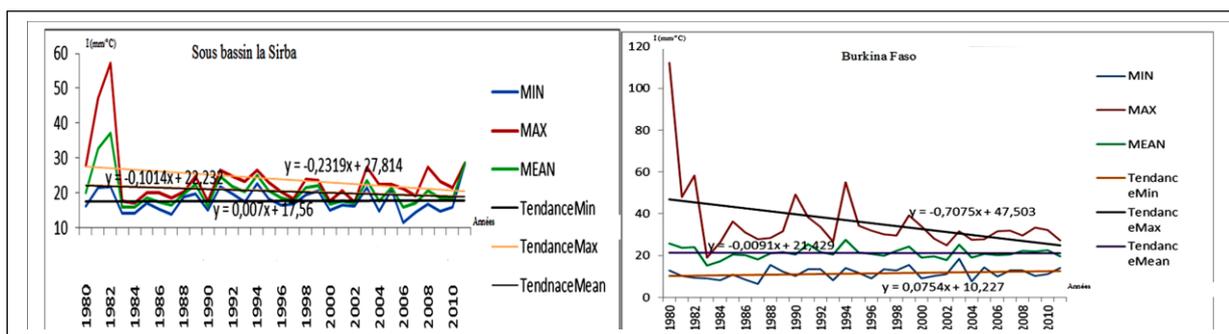
Graphique 7: Courbes de tendance d'évolution temporelle de l'indice d'aridité sur la partie avale de la Sirba

Sur le graphique, nous remarquons que la zone d'étude était humide jusqu'en 1982. L'an 1983 fut caractérisé par une forte décroissance de l'indice d'aridité. On note bien que un assèchement progressif du climat jusqu'à nos jours.

**Par conséquent, la partie avale du sous bassin la Sirba soumis à notre étude subit un processus d'aridification climatique.**

#### 1.4.3 Etude d'évolution temporelle de l'indice d'aridité : cas du Sous bassin et du Burkina Faso.

Nous obtenons ces deux graphiques d'évolution temporelle ci-dessous.



#### Burkina Faso.

Les courbes de tendances linéaires confirment une aridification progressive du climat sur le sous bassin la Sirba et le pays. Par conséquent, les résultats de l'étude à l'échelle locale sont confirmés par ceux du sous bassin et de l'ensemble du pays. On en déduit que le sous bassin la Sirba et le territoire national subissent une aridification climatique progressive.

*En définitive, l'étude de l'indice d'aridité de De Martonne montre que la zone d'étude, les sous bassin et le pays sont majoritairement arides. Mieux, ils subissent un processus d'aridification progressif, en présentant une couverture spatiale non homogène.*

## **2. Occupation des terres dans la zone d'étude**

A partir des images satellitaires des années 1992 et 2002, nous avons élaboré des cartes d'occupation des terres et ressortis des statistiques spatiales selon les unités ci-dessous :

- Les cultures annuelles: il s'agit des zones utilisées pour les cultures agricoles reconnu à l'échelle nationale.
- Les espaces ouverts sans ou avec peu de végétation : ce sont des espaces non exploités, les arbres sont généralement secs avec peu d'herbes.
- La forêt-galerie désigne une forêt longue et étroite qui longe les rives d'un cours d'eau. On distingue les cordons rizicoles et les galeries forestières (Guinko, 1985).
- Le plan d'eau est une masse d'eau, plus ou moins permanente, douce, salée ou saumâtre, généralement caractérisée par des courants qui ne suivent pas la pente du fond et une stratification de la densité.
- La savane arborée se compose d'arbres et d'arbustes disséminés, d'hauteur entre 8 et 12m.
- La savane arbustive est composée d'arbustes uniquement.
- La savane herbeuse est caractérisée par l'absence naturelle d'arbres et d'arbustes
- La zone agricole hétérogène : elle se caractérise par des cultures annuelles associées aux cultures permanentes; des systèmes culturaux et parcellaires complexes ; et des surfaces essentiellement agricoles quelques fois interrompues par des espaces naturels importants
- La zone urbanisée : elle englobe l'habitat, les routes, les administrations et les entreprises. Ce sont les zones où le niveau de vie est élevé pour raisons culturelles, historiques, religieuses ou commerciales.

### **2.1 Occupation des terres en 1992**

Une analyse de la carte d'occupation des terres en 1992 (figure 9) nous fournis les résultats suivant :

**Tableau 1: Statistiques de la BDOT-1992 de la partie avale du sous bassin la Sirba**

Description	Description2	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Cultures annuelles	C.A	231043,308	21,18
Espace ouvert sans ou avec peu de végétation	EsOSAPV	380195,53	34,85
Forêt galerie	FG	77602,887	7,11
Plan d'eau	PlanE	236,803	0,02
Savane arborée	SArbo	95,876	0,01
Savane arbustive	SArbu	127954,417	11,73
Savane herbeuse	SHerb	12011,769	1,10
Zone agricole hétérogène	ZAHétéro	261783,015	23,99
Zone urbanisée	Zurba	162,874	0,01
<b>Total</b>		<b>1091086,479</b>	<b>100</b>

Ce tableau montre que la zone d'étude est dominée à 54,82% par les formations naturelles.

## 2.2 Occupation des terres en 2002

L'examen de l'extrait cartographique effectué sur des images satellitaire de l'année 2002 présente le tableau ci-dessous :

**Tableau 2: Statistiques de la BDOT-2002 de la partie avale du sous bassin la Sirba**

Description	Description2	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Cultures annuelles	C.A	228100,815	25,88
Espace ouvert sans ou avec peu de végétation	EsOSAPV	327242,473	37,13
Forêt galerie	FG	30349,678	3,44
Plan d'eau	PlanE	287,597	0,03
Savane arborée	SArbo	95,659	0,01
Savane arbustive	SArbu	79789,151	9,05
Savane herbeuse	SHerb	9444,872	1,07
Zone agricole hétérogène	ZAHétéro	205895,234	23,36
Zone urbanisée	Zurba	162,589	0,02
<b>Total</b>		<b>881368,068</b>	<b>100</b>

On observe que la zone d'étude est à 50,73% composée de formations naturelles.

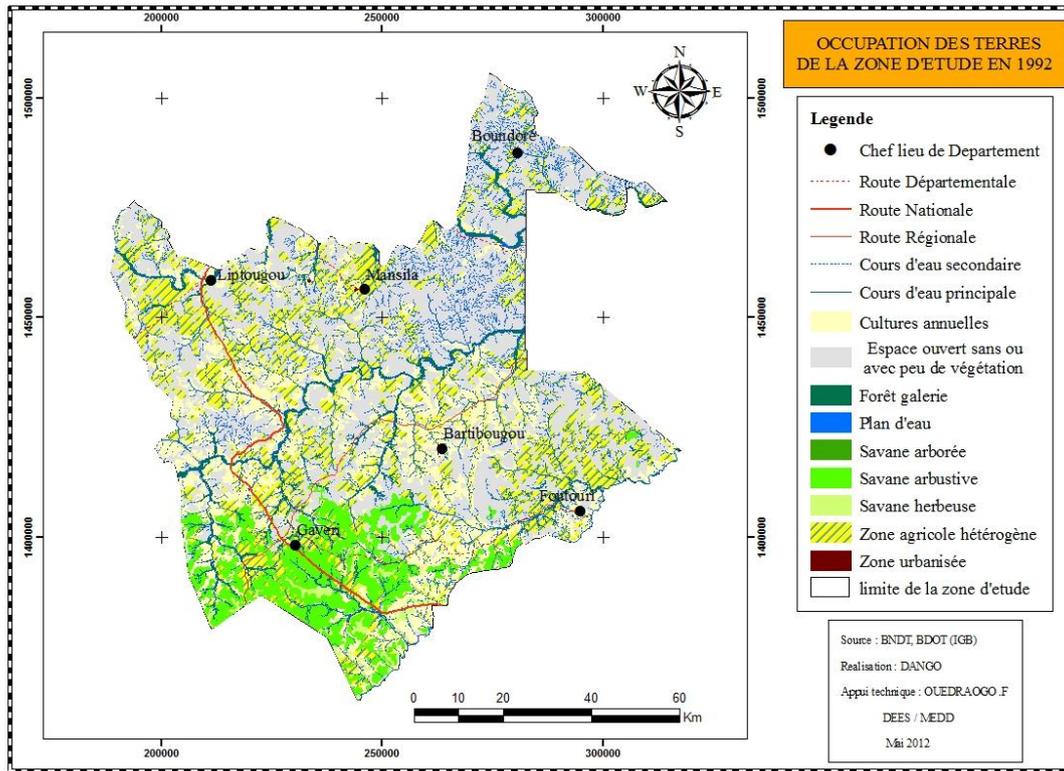


Figure 7: Carte d'occupation des terres de la partie avale du sous bassin la Sirba en 1992

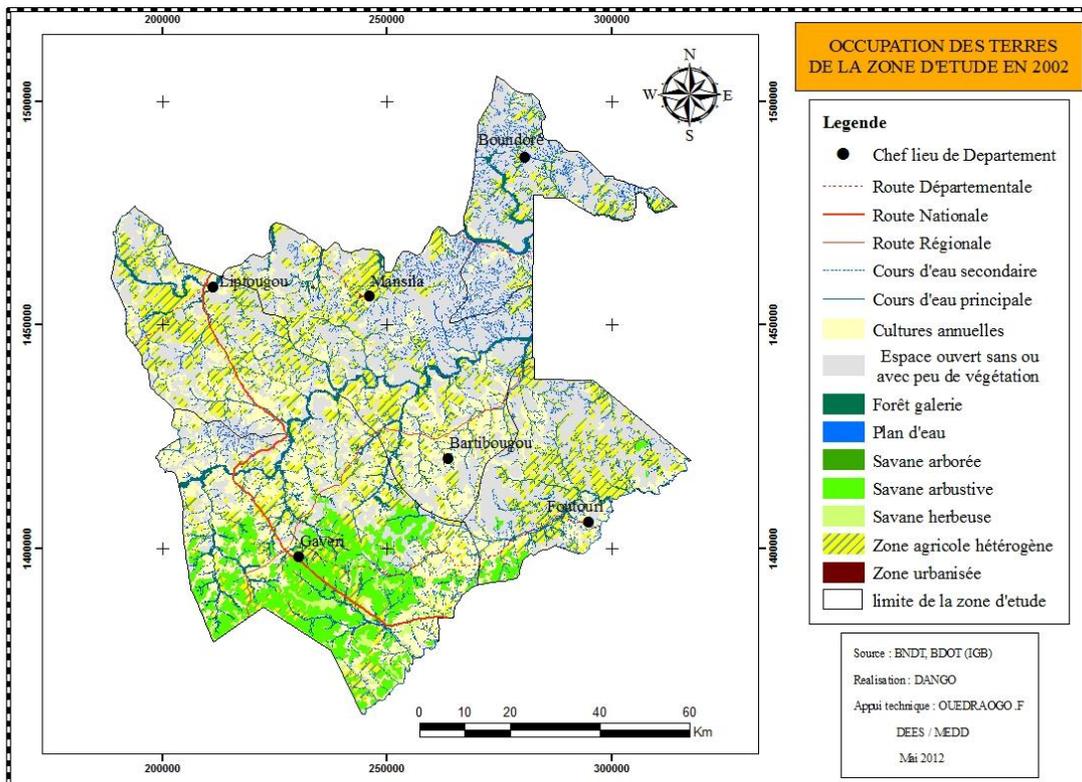


Figure 8: Carte d'occupation des terres de la partie avale du sous bassin la Sirba en 2002

### 2.3 Evaluation de la dynamique de l'occupation des terres de 1992 à 2002

L'interprétation des cartes ci-dessus, issues du traitement des images satellitaires de 1992 et 2002 conduit aux tableaux des statistiques d'occupation des terres suivant :

**Tableau 3 : Statistiques des taux variations de la BDOT entre 1992 et 2002**

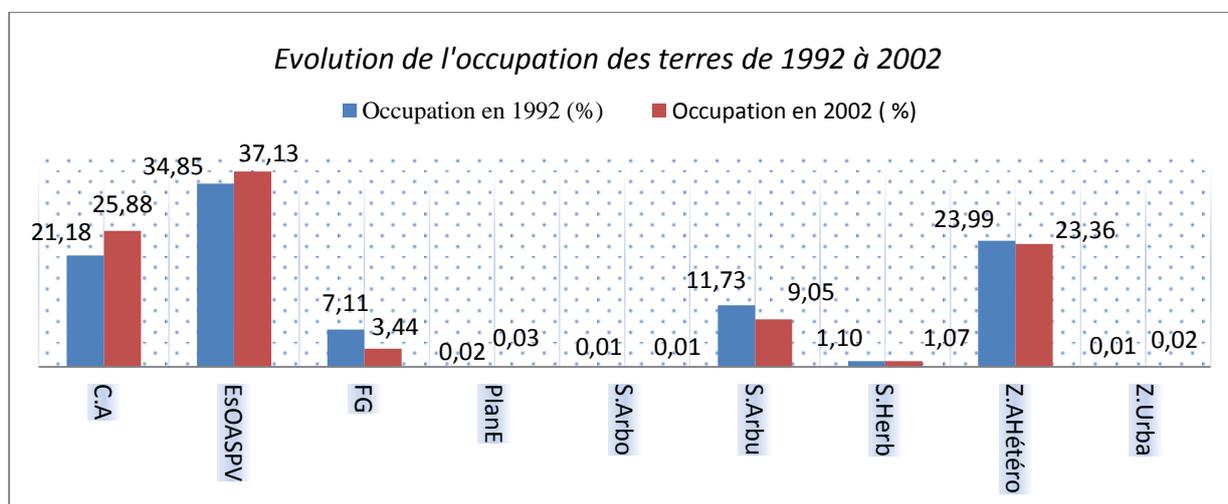
Description	Description2	Occupation en 1992 (%)	Occupation en 2002 (%)	Taux de variation
Cultures annuelles	C.A	21,18	25,88	0,020
Espace ouvert sans ou avec peu de végétation	EsOASPV	34,85	37,13	0,006
Forêt galerie	FG	7,11	3,44	-0,070
Plan d'eau	PlanE	0,02	0,03	0,042
Savane arborée	S.Arbo	0,01	0,01	0,021
Savane arbustive	S.Arbu	11,73	9,05	-0,026
Savane herbeuse	S.Herb	1,10	1,07	-0,003
Zone agricole hétérogène	Z.AHétéro	23,99	23,36	-0,003
Zone urbanisée	Z.Urba	0,01	0,02	0,021

Type de formation	1992	2002	Variation $\Delta=2002-1992$
Formation naturelle (%)	54,82	50,73	-4,09
Formation artificielle (%)	45,18	49,26	4,08

Notons que le taux de variation positif montre une augmentation de l'espace accordé à ces unités de description territoriale. En effet, nous observons le caractère régressif des superficies de certaines unités d'occupation tandis que celles des autres unités augmentent.

Les détails de ces résultats s'observent aisément sur ce diagramme.



**Graphique 9: Diagramme d'évolution comparée de l'occupation des terres des années 1992 et 2002**

En somme, on remarque une régression de 4,09% des formations naturelles au profit des formations artificielles. Ce qui montre a forte contribution des activités anthropiques dans la base d'occupation des terres (BDOT). L'homme modifie donc son environnement en y augmentant ses activités.

### 3. Corrélation entre études climatiques et les bases d'occupation des terres (BDOT)

Les statistiques des BDOT sur la zone d'étude montrent une augmentation décennale de +0,042 % des espaces occupés par les plans d'eau. Ce résultat confirme l'augmentation des pluies (précipitation et nombre de jours de pluie) dans études climatiques sur la zone durant la même période. Par ailleurs, l'augmentation de plan d'eau favorise l'augmentation des savanes arborées, des cultures annuelles, et une élévation de l'évapotranspiration sur la zone d'étude. *Ces résultats confirment ceux des paramètres climatiques: précipitation, nombre de jours de pluie et l'ETP sur la zone d'étude. Aussi, on note une régression de 4,09% des formations naturelles, conséquence de l'augmentation de l'ETP et des activités de l'homme dans la localité. Ainsi notre hypothèse stipulant que l'homme contribue à l'aridification se justifie.*

### 4. Analyse des données NDVI

Nous qualifions de zone humide l'ensemble des zones de très forte couverture végétale, de forte couverture en végétation, de couverture moyenne en végétation ajouté de la moitié des zones à couverture moyenne en végétation; et le reste constitue les zones sèches.

#### 4.1 Analyse des données NDVI de l'an 2000

Le traitement de l'image ci-dessous a conduit aux statistiques suivantes :

**Tableau 4: Statistiques de NDVI-2000 de la partie avale du sous bassin Sirba**

Description	Description2	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Très forte couverture en vegetation	CTFoV	87689,0914	9,94
Forte couverture en vegetation	CFoV	207187,5181	23,50
Couverture moyenne en vegetation	CMV	264128,4372	29,95
Faible couverture en vegetation	CFaV	230662,4199	26,16
Sans vegetation	SV	92151,6445	10,45
Total		881819,1111	100

La zone d'étude présente environ 60,10% de zone sèche contre 39,90% de zone humide.

#### 4.2 Analyse des données NDVI de l'an 2010

La carte NDVI obtenu pour l'année 2010 conduit aux statistiques suivantes :

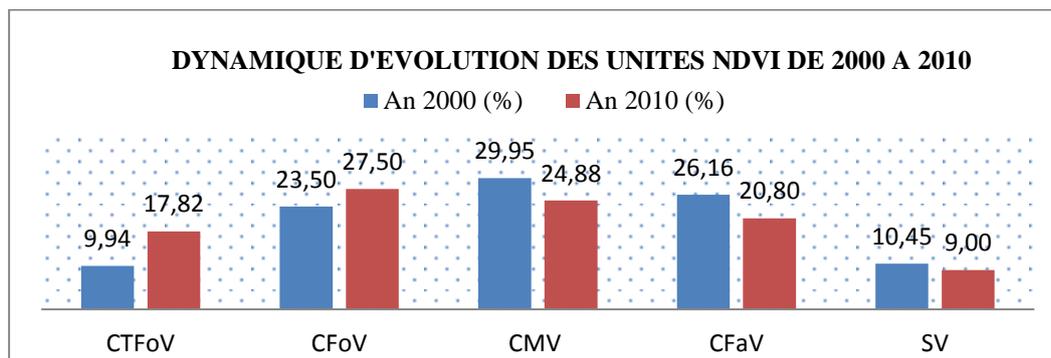
**Tableau 5: Statistiques NDVI-2010 de la partie avale du sous bassin Sirba**

Description	Description2	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Très forte couverture en vegetation	TFoCV	157162,1826	17,82
Forte couverture en vegetation	FoCV	242481,8702	27,50
Couverture moyenne en vegetation	CMV	219408,6574	24,88
Faible couverture en vegetation	FaCV	183450,9649	20,80
Sans vegetation	SV	79323,5764	9,00
Total		881827,2515	100

Il en résulte environ 57,30% de zone sèche contre 42,7% de zone humide

### 4.3 Bilan des statistiques NDVI des années 2000 et 2010

Le graphique ci-dessous présente l'évolution spatiale de chaque unité NDVI considéré.



**Graphique 10: Statistiques de l'évolution des unités NDVI de 2000 à 2010**

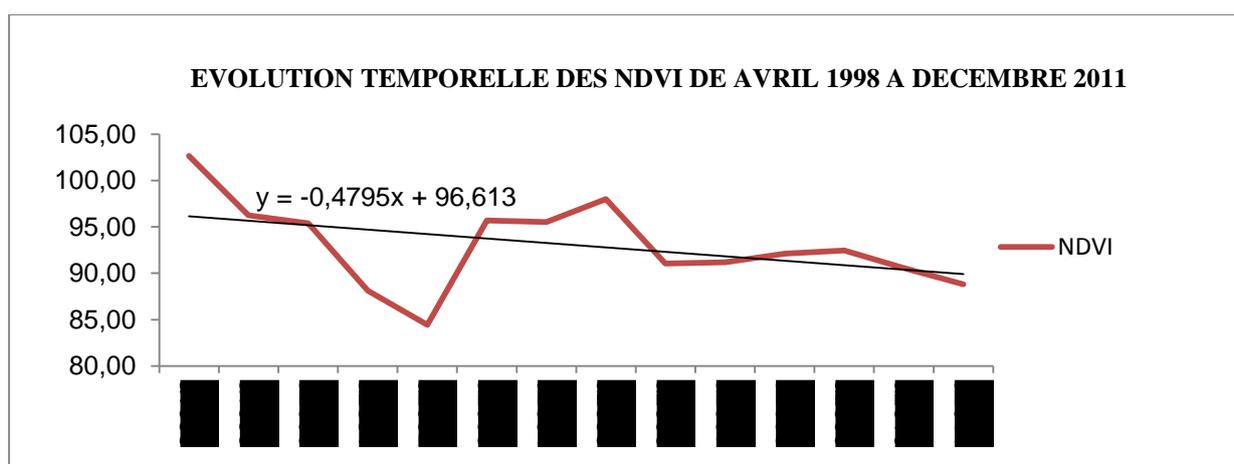
L'évolution spatiale comparée des unités NDVI durant une décennie, nous permet d'élaboration le tableau ci-dessous mettant en exergue les variations en zone sec et humide.

**Tableau 6: Variation des statistiques NDVI de 2000 à 2010**

NDVI	Année 2000	Année 2010	Variation d'espace
Zone humide (%)	48,39	57,76	9,37
Zone sèche (%)	51,61	42,24	-9,37
Territoire total	100	100	0

Ces travaux d'analyse spatiale des NDVI ont mis en exergue la dynamique d'évolution de la végétation de 2000 à 2010. On en déduit que la zone d'étude connaît une régression d'espace sec de 9,37% sur ces dix années.

### 4.4 Etude temporelle des NDVI de Avril 1998 à 2011

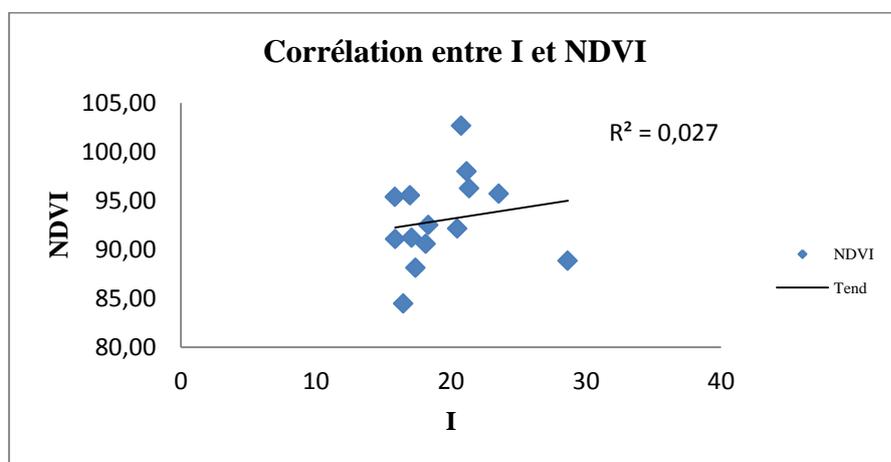


**Graphique 11: Dynamique d'évolution temporelle des NDVI sur la zone d'étude.**

Cette étude temporelle des 495 produits NDVI décennaires sur la période d'Avril 1998 à Décembre 2011, permet d'obtenir une courbe tendance linéaire de pente négative montrant la dégradation progressive de la végétation dans la partie avale de la Sirba durant ces quatorze récentes années.

### 5. Corrélation entre les études climatiques et celles des NDVI

L'étude spatiale des NDVI de l'année 2000 à 2010 révèle une régression de 9,37 % l'occupation des zones sèches sur le pays. Cette augmentation d'espace humide se justifierait par la hausse des quantités de pluie précipitées et du nombre de jours de pluie, obtenues dans l'étude des paramètres climatiques. Quant à l'étude temporelle des NDVI, on obtient le graphique de comparaison ci-après :



Graphique 12: Corrélation entre les NDVI et de l'Indice d'aridité de De Martonne de 1998 à 2011 sur la zone d'étude

On constate que la valeur absolue du coefficient de corrélation des indices I et NDVI est inférieure à 30% ( $|R|=16,43\%$ ). Ce qui montre que ces deux indices évoluent indépendamment l'un de l'autre sur la zone d'étude. Ainsi, notre hypothèse selon laquelle le processus d'aridification climatique entraîne l'assèchement du couvert végétal n'est pas vérifiée au niveau local. Cependant, les précipitations paraissent les mieux corrélés aux NDVI avec un coefficient de corrélation moyen de 54,18% sur la même période. Elles sont liés par la relation  $y_{NDVI}=23,5*y_P-1290,83$  en tout point de la zone d'étude (voir graphique Annexe11).

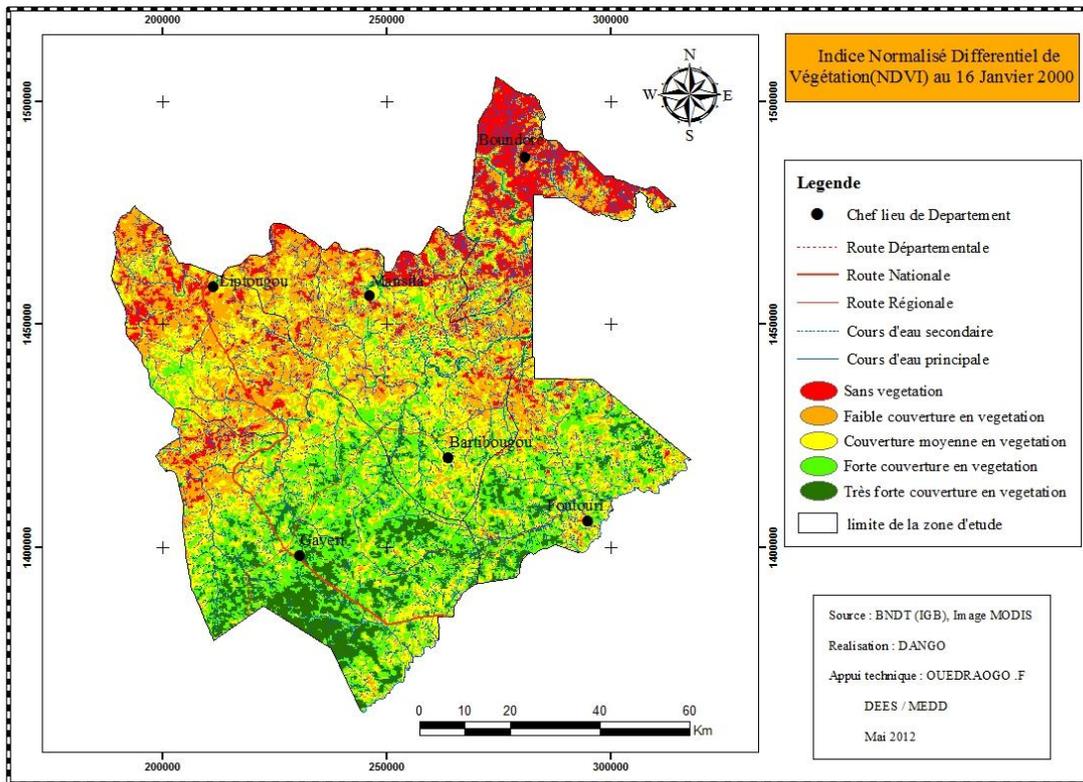


Figure 9: Carte NDVI de la partie avale du sous bassin la Sirba en 2000

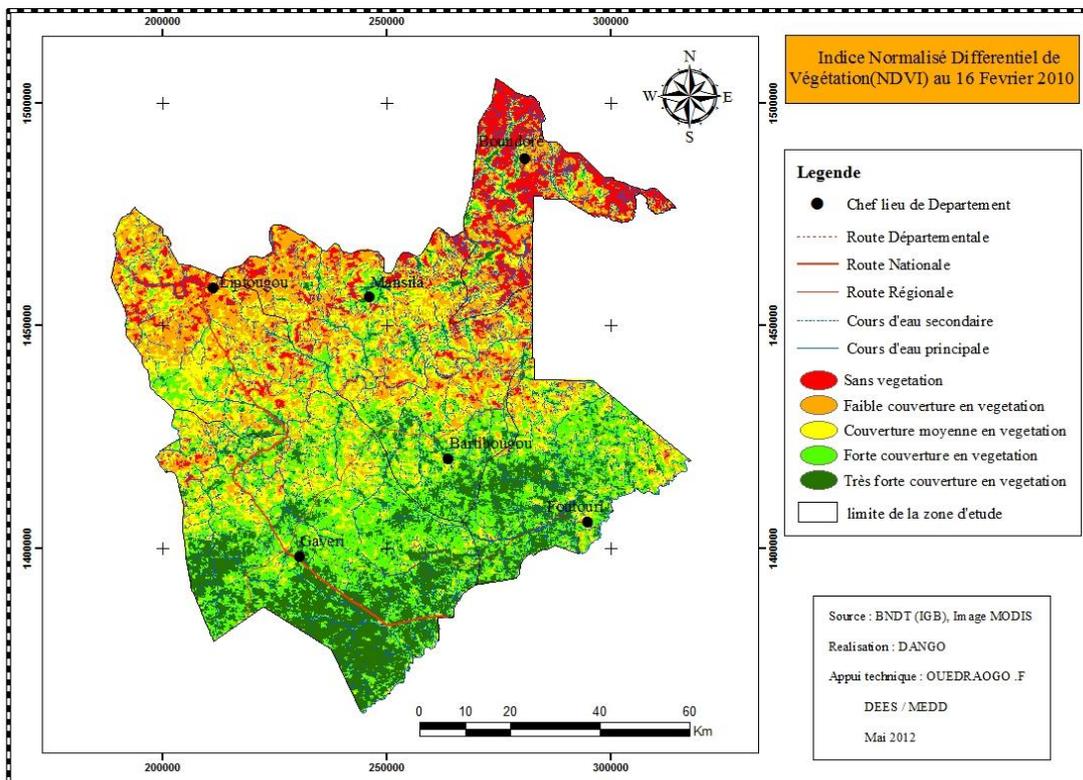


Figure 10: Carte NDVI de la partie avale du sous bassin la Sirba en 2010

## VI. DISCUSSION

L'analyse de la documentation historique, des témoignages et des récits rapportés concernant l'Afrique de l'Ouest, montre qu'une grande sécheresse a été ressentie au début du 20<sup>ème</sup> (NDIAYE, 2003). L'ensemble de leurs analyses statistiques permettaient à CARBONNEL et à HUBERT de conclure que « l'évolution climatique au Sahel depuis le début du siècle n'a pas été continue et encore moins cyclique » ; mais elle a évolué vers une aridification « ...à travers une série de paliers successifs interprétables comme une succession d'états d'équilibre du bilan énergétique régional ». Ainsi, notre analyse des données climatiques à travers la répartition spatiale de l'indice d'aridité montre que le sous bassin de la Sirba et pays sont arides à plus de 60%, et en particulier la partie avale du sous bassin est totalement dans la frange aride. Malgré l'augmentation temporellement de la précipitation et du nombre de jours de pluie, l'indice d'aridité diminue progressivement dans le temps. Ces résultats confirment les travaux CARBONNEL et HUBERT, et démontrent une aridification climatique de la zone d'étude. Par contre, nos résultats sont en opposition avec les justifications de SIRCOULON sur les causes générales de l'aridification, car la précipitation et le nombre de jours de pluie observent une stricte croissance sur toutes les trente-deux années. Il en résulte que les augmentations incessantes de la température et de l'ETP seraient les principales causes climatiques de cet aridification, en accord avec l'assèchement progressif du couvert végétal justifié par l'étude temporelle des valeurs moyennes du NDVI.

Par ailleurs, une évaluation diachronique de la dynamique d'évolution des unités spatiales du NDVI montre que la régression des espaces arides de 9,37 % en dix ans. Ce résultat justifie ceux de l'étude spatiale de la BDOT qui aboutit à une augmentation de +0,042 du taux de variation décennal des plans d'eau sur la zone d'étude. De même, les paramètres climatiques s'y accordent par les augmentations de pluies obtenues dans la localité car les retenues d'eau sont en générale dû au fait des précipitations.

Au vu de ce paradoxe que constitue l'aridification progressive en présence d'une augmentation des pluies, l'on se demanderait si les paramètres climatiques sont les seules responsables de cette aridification. D'où, l'intérêt de cette troisième hypothèse stipulant que « l'aridification n'est pas seulement naturelle, elle pourrait être fortement influencée par les activités anthropiques et les aménagements existants ».

Certes, les aménagements immobiliers tels les routes, maisons et autres peuvent de manières directes indirectes, immédiates ou différés avoir des conséquences néfastes sur la qualité des sols, voire contribuer dans leur processus d'aridification. Dans certains pays développés, on assiste généralement à une instabilité, une imperméabilisation, une modification des caractéristiques des sols (érosion, assèchement, etc...) et perte de fertilité du sol avec toutes leurs conséquences. (MAMANE C., 1997) Mais, le cas du Burkina Faso en est différent : tant par le faible niveau de vie de sa population que par le type d'aménagement prépondérant sur son territoire. Cependant, le ruissellement des eaux dues à l'imperméabilité des sols pourrait expliquer cette élévation de l'ETP, et occasionne les inondations. Or, la communauté scientifique internationale considère que les extrêmes hydrologiques (sécheresses et inondations) risquent de se renforcer dans la sous-région notamment l'avancée du désert et les inondations récentes dans la sous-région. (IPPC, 2007). Ces extrêmes hydrologiques sont une preuve de l'aridité. (CLAUDE J., 1992). D'autres travaux sur la sur la zone d'étude YOBOUET (2011) montrent que l'agriculture et la transhumance (3669650 animaux/an pour la région de l'Est) sont des pratiques courantes dans la zone. Il réussit à associer les pressions anthropiques au suivi des ressources naturelles en se basant sur la croissance démographique, le fort taux de migration, la transhumance, les NDVI et la pluviométrie de la zone d'étude. Ainsi, nos résultats des statistiques spatiales de la BDOT ceux de YOBOUET, avec une augmentation de 4,08% en formations artificielles. En plus de cette l'exploitation abusive des sols (111546 Tonnes/an voir annexe 8) et la transhumance, on observe d'autres activités anthropiques telles le découpage non règlementé des arbres et les extractions de minerais. Toutes ces actions l'homme justifient bien l'assèchement du couvert végétal, par ricochet entraîneraient la modification des paramètres du climat au niveau local.

En définitive, nous disons qu'en plus d'entraîner la variabilité hydrologique des bassins versants sahéliens sur les modifications des états du sol, l'effet conjoint du changement climatique et des activités humaines provoquent également une aridification climatique et une dégradation du couvert végétal dans la partie avale du sous bassin la Sirba. (ALBERGEL, 1987 ; et MAHE et al. 2003)

## VII. CONCLUSION

A travers l'utilisation des SIG, nous avons pu montrer l'aridité de la zone d'étude, mieux à prouver son aridification progressive. Il en ressort que la zone d'étude est 100% aride, pendant le sous bassin et le pays le sont partiellement. On remarque tous les paramètres climatiques observés et l'indice d'aridité varient dans le temps et l'espace. D'où, nous affirmons que les tendances et les proportions de l'indice d'aridité dépendent de l'échelle d'analyse: l'hypothèse 1 est donc vérifiée. La télédétection a servi à l'élaboration des cartes BDOT et NDVI à partir des unités spatiales choisies. On observe une augmentation spatiale des zones humides en ce qui concerne l'évolution comparée des unités spatiales du NDVI; mais en réalité le suivi des moyennes spatiales NDVI sur la zone d'étude présente une stricte décroissance sur la période de 1998 à 2011. Cette concordance des résultats des NDVI et ceux de l'indice d'aridité montre valablement l'intérêt de notre deuxième hypothèse stipulant une quelconque relation entre l'indice d'aridité et NDVI. Cependant, le coefficient de corrélation entre ceux indices n'est que de 16,43%. Par conséquent, notre deuxième hypothèse n'est donc pas vérifiée dans notre zone d'étude. Il ressort que cette dégradation du couvert végétal n'est corrélé qu'aux seules précipitations suivant la relation  $Y_{NDVI}=23,5*Y_P -1290,83$ , avec un coefficient corrélation de 54,18%.

Au vue de cette aridification climatique en présence des précipitations et du nombre de jours de pluie en fortes croissances. Cela permet de comprendre que les causes de cette aridification ne sont pas uniquement le fait des phénomènes naturels. De même, la dynamique d'évolution décennale des unités de la BDOT montre une augmentation de 4,08% des formations artificielles. On remarque également que la population exerce d'autres activités telles : l'abattage des arbres pour la production du charbon de bois et les extractions de minerais. Par conséquent, les activités de l'homme ont une répercussion dommageable sur les unités du paysages ; par ricochet sur le climat. Notre troisième hypothèse est donc vérifiée.

Pour clore, l'évolution du climat de notre zone d'étude est caractérisée par une aridification due à l'effet conjoint du changement climatique et des activités humaines. Au vue de l'impact grandissant des activités anthropiques dans la localité, nous souhaiterons laisser en perspective une étude sur la contribution des activités anthropiques dans le processus d'aridification climatique de la partie avale du sous bassin de la Sirba.

## VIII. RECOMMANDATIONS – PERSPECTIVES

Au regard de ces constats, résultats et analyses, nous pouvons dire que le sous bassin de la Sirba se dégrade progressivement. Les causes de ce phénomène étant climatiques et anthropiques, alors sa résolution devient préoccupation générale. En effet, lors de la deuxième rencontre du COMIDES le 1/11/1985 à Dakar, le président Sénégalais SEM Abdou DIOUF affirma : « mettre en œuvre, avec le soutien de toutes les aides bilatérales ou multilatérales et des organisations non gouvernementales des programmes d'actions et surtout intégrées, fondées les uns comme les autres sur une approche de plus en plus fine, de plus en plus fiable des paramètres techniques et scientifiques qui conditionnent la lutte contre la sécheresse et notre combat contre l'avancée du désert. Les dix-huit années que nous venons de vivre, spécialement chez au sahel, nous ont permis une meilleure prise de conscience de la gravité et du mal insidieux que représente la sécheresse et son corollaire la désertification. » (KANE A, DIATTA L, 1985). Aussi, la 10<sup>ième</sup> réunion du Forum pour le "partenariat avec l'Afrique tenue à Kyoto au Japon reconnaît que le changement climatique affectent et affecteront les moyens de subsistance des populations pauvres et des secteurs importants concernant la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Cependant, il s'avère indispensable de proposer des mesures de protection contre cette aridité à l'échelle locale, nationale et internationale ; et solliciter l'appui des organismes non gouvernementaux.

Dorénavant, nous pensons que nos gouvernements doivent s'engager à une véritable coopération entre les Etats des régions menacées par la désertification, et œuvrer à satisfaire les objectifs du COMIDES (la météorologie et le climat -la prévision et le suivi de la désertification-la conservation et la gestion de l'eau). Ils peuvent intégrer à leur programme d'activités des actions intervenant dans le renforcement du réseau météorologiques, des travaux de recherches des phénomènes de sécheresse et d'aridité climatique, l'encouragement des projets liés aux problématiques de l'eau et des changements climatiques.

Au niveau local, il faudra encourager :

- le dynamisme des comités de gestion des ressources existantes (CLE, AUE, CVD) ;
- le maintien de la couverture herbeuse du sol (lutte contre l'érosion) ;
- la sensibilisation pour l'amélioration des techniques culturales ;
- réglementation des sites aurifères.

On ne saurait aboutir à tout cela qu'avec la volonté et la participation de tous.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AGRYMET, 2010. Le Sahel face aux changements climatiques. Enjeux pour un développement durable ; Bulletin mensuel, numéro spéciale 43p
2. AMANI A., NGUETORA M., 2002. Evidence d'une modification du régime hydrologique du fleuve Niger à Niamey ;( Proceedings of the fourth International FRIEND Conference held at Cape Town. South Africa). 449-456p
3. AMOGU O., 2009. La dégradation des espaces sahéliens et ses conséquences sur l'alluvionnement du fleuve Niger moyen, thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier Grenoble 1 ; 444pages
4. BANCÉ S, SAWADOGO P., OUÉDRAOGO L., YAMÉOGO/GAMÉNÉ S., BALMA D., OUÉDRAOGO L., OUÉDRAOGO M., OUÉDRAOGO A., KOUDOUGOU Z., THIOMBIANO J.M., TRAORÉ O., OUATTARA N.F., ZERBO I., SAWADOGO A.R., 1999. Monographie nationale sur la diversité biologique du Burkina Faso; Rapport du secrétariat permanent du conseil national pour la gestion de l'environnement du B.F ; 180p
5. BILLE J-C., CORNET A., GROUZIS M., LE FLOC'H E. 1992. L'aridité, une contrainte au développement, 597p
6. BRIAN L and al., 2004. Landsat Sensor Performance: History and Current Status, IEEE transactions on geoscience and remote sensing, VOL. 42, NO. 12, 2691p
7. BRUNET R., FERROS R., THERY H., 1992. Les mots de la géographie, dictionnaire critique. La documentation française, Paris, 518p
8. CARBONEL J.-P., HUBERT P., 1987. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *J. Hydrol.*, 95 : 165-183p
9. FALAVIGNA M., ZEINE A.M.L., 2004. Les objectifs du Millénaire pour le développement: un pacte entre acteurs pour vaincre la pauvreté humaine au Niger ; 5ème Rapport National sur le Développement Humain du Niger. 150p
10. GIEC, 2007. Changements climatiques : bilan 2007 des changements climatiques (Rapport de synthèse). 114p

11. GOUZIS M., ALBERGEL J., CARBONNEL J.P., 1986: péjoration climatique au Burkina Faso: effets des ressources en eau et les productions végétales; Colloque Nordest-Sahel.Doc. ORSTOM n°26816 Cote BP149. 16p
12. GUINKO S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse doctorat ès science. Univ. Bordeaux-III, 2tomes. 394p
13. HERBÈS J.M., VALENTIN C., 1997. Land surface conditions of the Niamey region: ecological and hydrological implications ; *Journal of Hydrology 188-189* - 18-42p ;
14. HOLECZ F. and al., 2009. Synergetic Use of ALOS PALSAR, ENVISAT ASAR and Landsat TM/ETM+ Data for Land Cover and Change Mapping. 6p
15. HUBERT P., CARBONEL J.-P., 1986. Approches statistiques de l'étude des séries pluviométriques de longue durée de l'Afrique de l'Ouest. Trav.et Doc. ORSTOM, Paris, 197. 199-202p
16. IEPF, OIF, PNUE, 2009. Étude préliminaire d'adaptation aux changements climatiques en Afrique : contribution au projet négociation climat pour toute l'Afrique réussie. 30p
17. IIED, IRAM, et UICN, 2011. Partager l'eau et ses bénéfices ; Les leçons de six grands barrages en Afrique de l'Ouest; rapport final d'étude ; 140p
18. IPCC, 2007. Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; 976p
19. KANE A., DIATTA L., DAGUIN J., DUBREUIL J., HENTATI A. M., ROUCHICHE S, BELLEFONTAINE R., DIALLO S., FELLER C., LAURENT D., PEREIRA BARETTO S., 1985. Conférence Ministérielle pour une politique concertée de lutte contre la désertification et de protection de la nature –Rapport Final (Deuxième session). 159p
20. LAOUALI A.M., 2004. Impact du Changement Climatique sur les Systèmes de production au Niger (Afrique de l'Ouest) ; DESS en Cartographie Université de Niamey : [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com).
21. MAH, 2011. Rapport Bilan des activités de la campagne agricole de saison sèche 2010-2011(Centre-Est du B.F.). 65p.
22. MAH, 2011. Synthèse des rapports (Campagne sèche 2008-2009). 13feuilles Excel

23. MAHRH, 2009. Rapport Bilan de la campagne de la saison sèche 2008-2009 de la région du Centre-Est du Burkina Faso. 58p
24. MAHRH, 2011. Rapport des activités de la campagne sèche 2010-2011(Est du B.F). 19p
25. MAMANE C., 1997. Impacts des aménagements routiers sur l'environnement. 15p
26. MARA F., 2010. Développement et analyse des critères de vulnérabilité des populations sahéliennes face à la variabilité du climat: le cas de la ressource en eau dans la vallée de la Sirba au Burkina Faso ; Thèse de doctorat en sciences de l'environnement de l'Université du Québec à Montréal. 273p
27. MONIOD F., POUYAUD B., et SECHET P., 1977. Le bassin du fleuve Volta ; *Monographie Hydrol., ORSTOM, n°5*. 514 page.
28. NIASSE, M., AFOUDA A., AMANI A., 2004. Reducing West Africa's Vulnerability to Climate Impacts on Water Resources, Wetlands and Desertification. Elements for a Regional Strategy for Preparedness and Adaptation. 70p
29. OMM, 1999. Guide des pratiques concernant les services météorologiques destinés au public. Deuxième édition, OMM- N°834. 204p
30. PARK, J-G, TATEISHI, R. 2000. Analysis of the factor which gives influence to AVHRR NDVI data, International Archives of Photogrammetry and Remote sensing volXXXIII supplement B4. Amsterdam 2000. 69-73p
31. POUYAUD B., 1985. Contribution à l'évaluation de l'évaporation des nappes d'eau libre en climat tropical sec ; Thèse doctorat d'Etat, Paris-Sud. 254p., multigr
32. RISACC, 2010. Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau du sous bassin du Nakambé à Wayen. Rapport final. 114p
33. ROMERO A. et BELEMVIRE A., 2011. Changements climatiques et femmes agricultrices du Burkina Faso ; Rapports de Recherche d'Oxfam. 48p
34. SAWADOGO P. M. A., 2010. Gouvernance de L'Eau et Biodiversité : Cas des écosystèmes fragiles du sous bassin versant en queue de la Sirba au Burkina ; mémoire en Master en d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. 55p

35. SIRCOULON J., 1987. Variation des débits des cours d'eau et des niveaux des lacs en Afrique de l'Ouest depuis le début du XXe siècle. Symposium AISH, Vancouver, n°168 : 13-25p
36. SOME L. et al ,2006. Programme d'action national d'adaptation a la variabilité et aux changements climatiques (PANA DU BURKINA FASO)
37. SOME Y.S.C., 2004. Géomatique-Travaux pratiques : Utilisation de Arcview3.x ; Eléments de cours. 66p
38. SOME Y.S.C., 2006. Géomatique -Les SIG: concepts et fonctionnalités. Eléments de cours. 34p
39. SOME Y.S.C., 2010. Règles de présentation cartographique. Eléments de cours. 16p
40. UNESCO, 1986. Etude comparative sur les organismes directeurs de la politique scientifique et technologique nationale dans les pays en Afrique de l'Ouest ; 104p
41. WAMUKONYA N., SKUTSCH M., 2002. "Gender Angle to the Climate Change Négociations". Energy and Environment 13(1). 115–124p.
42. YAKA D. P. A., 2012. les prévisions saisonnières des pluies au Burkina Faso et en Afrique de l'ouest : applications et impacts dans le domaine socio-économique et stratégique pour un développement durable. 13p
43. YOBOUET A., 2011. Contribution de l'imagerie satellitaire au suivi des ressources naturelles dans la partie est du Burkina Faso. 63p

### Sites web

[Http: www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org)

[Http://www.iucn.org](http://www.iucn.org)

[Http: www.memoonline.com](http://www.memoonline.com)

[Http://www.earth.esa.int](http://www.earth.esa.int)

[Http://eros.usgs.gov/#/Find\\_Data/Products\\_and\\_Data\\_Available/-/NDVI\\_](http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/-/NDVI_)

[Http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/limite-geographique/teledetection/11692](http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/limite-geographique/teledetection/11692)

[Http://www.climatechangenorth.ca](http://www.climatechangenorth.ca)

[Http://free.vgt.vito.be](http://free.vgt.vito.be)

[Http://unfccc.int/adaptation/least\\_developed\\_countries\\_portal/napa\\_project\\_database/items/4583.php](http://unfccc.int/adaptation/least_developed_countries_portal/napa_project_database/items/4583.php)

[Http://www.eoportal.org/directory/pres\\_Landsat7.html](http://www.eoportal.org/directory/pres_Landsat7.html)

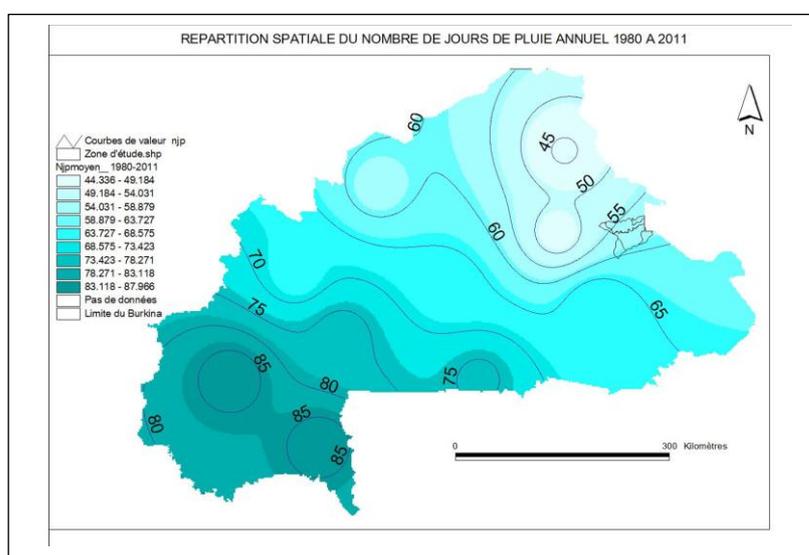
## ANNEXES

### Annexe 1: L'étude du nombre de jours de pluie climatiques

Le nombre de jours est un indicatif essentiel dans l'étude des ressources en eau d'une localité. Elle renseigne sur la fréquence des précipitations sur la zone, voire quantifier les pluies de la région. Dans cette étude nous avons étudié sa répartition spatiale et son évolution temporelle aux échelles de la zone d'étude, du sous bassin la Sirba et celui du territoire national.

#### *1.1. Etude de la répartition spatiale du nombre de jours de pluie aux différentes échelles considérées*

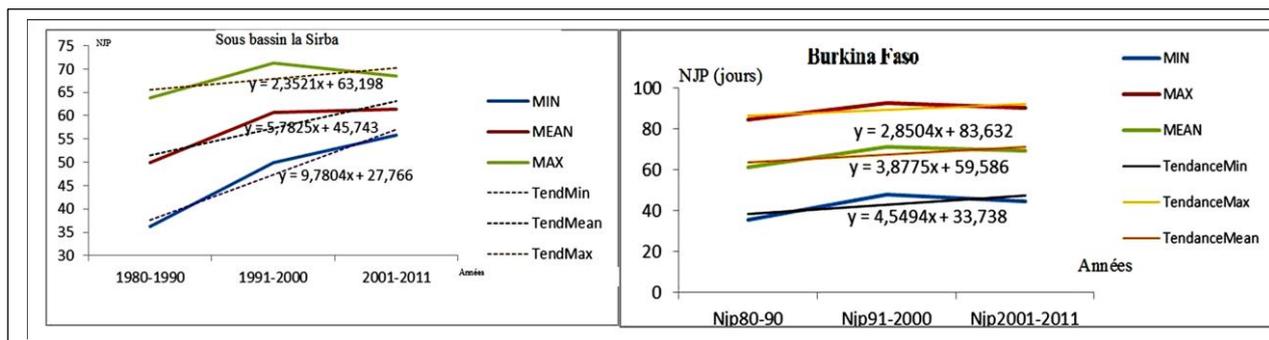
Vous retrouverai ci-dessous la carte mensuelle moyenne homogène sur toute la période d'étude.



**Figure 11: Répartition spatiale moyenne du nombre de jour de pluie annuel sur le Burkina Faso en 1980 à 2011**

Nous constatons que la partie avale du sous bassin de la Sirba se situe entre 55 et 60 jours de pluie par an. Au niveau national, les variations annuelles du nombre moyen de jours de pluie sont comprises entre 44 et 88 jours. La répartition spatiale est également non homogène sur le territoire national. La fréquence de pluies est très faible avec moins de 16.5%. Les courbes étiquetées indiquent les limites de répartition du nombre de jours de pluie.

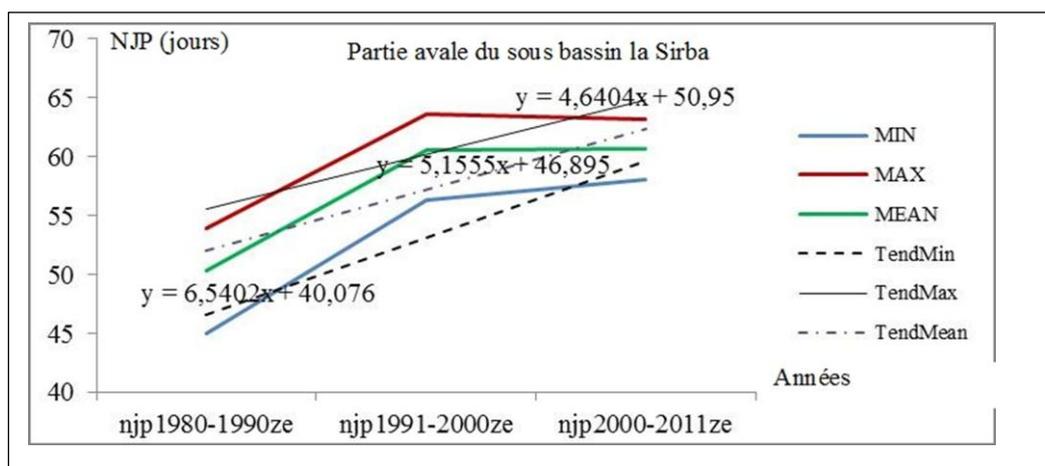
### 1.2. Evolution temporelle du nombre de jours de pluie sur le sous bassin et le pays



**Graphique 13: Courbes de tendance d'évolution temporelle du nombre de jours de pluie sur le sous bassin la Sirba et le Burkina Faso**

Ces courbes de tendance indiquent toutes une forte augmentation chronologique du nombre de jours de pluie sur le pays depuis les années 1980.

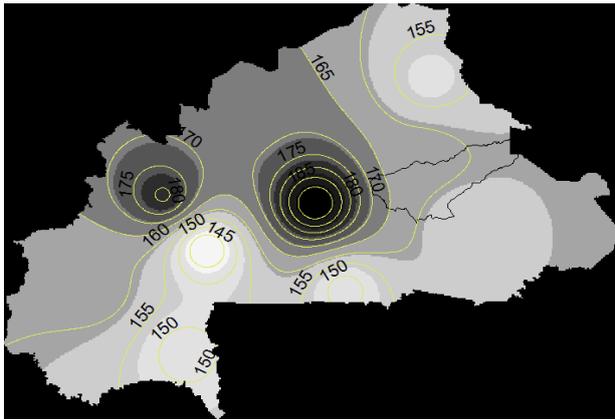
### 1.3. Evolution temporelle du nombre de jours de pluie sur la zone d'étude



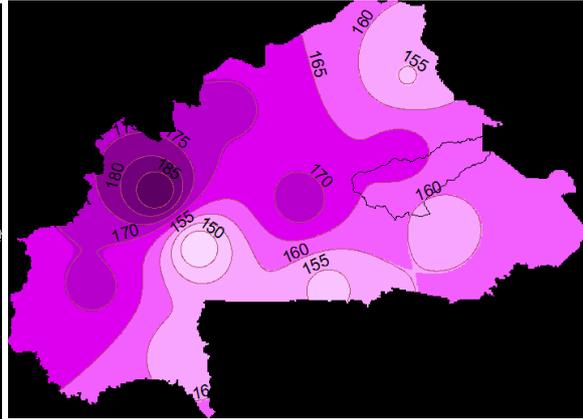
**Graphique 14: Courbes de tendance d'évolution temporelle du nombre de jours de pluie sur partie avale du sous bassin la Sirba**

On constate que la variation du nombre de jours de pluie sur la Sirba est similaire à celles du sous bassin et du pays. Le nombre de jours de pluie croît progressivement tant la zone d'étude que sur le pays.

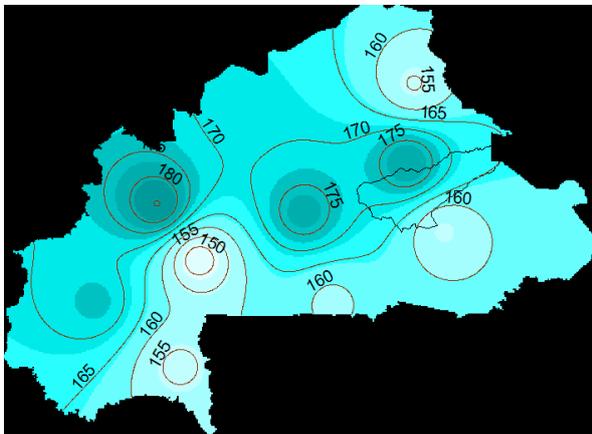
**Annexe 2: Les cartes de répartition spatiales de l'ETP aux échelles locale et nationale.**



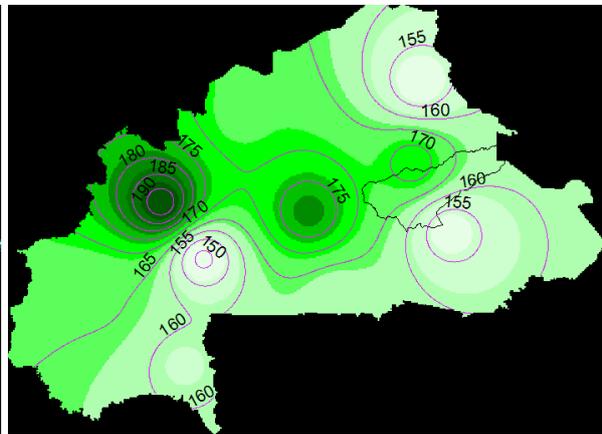
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2011  
Source : DANGO



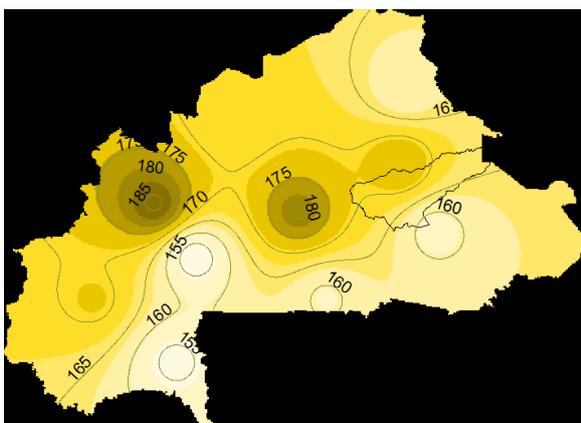
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2010  
Source : DANGO



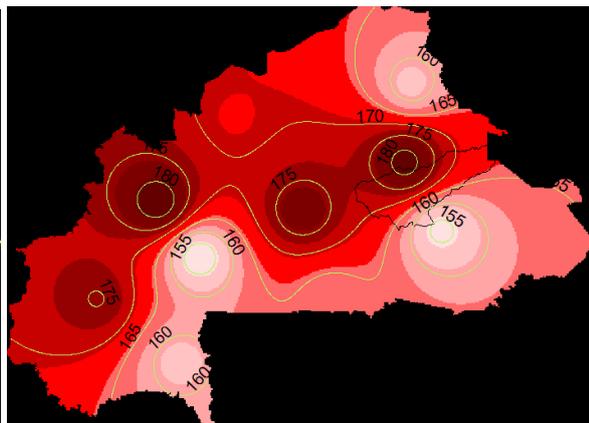
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2009  
Source : DANGO



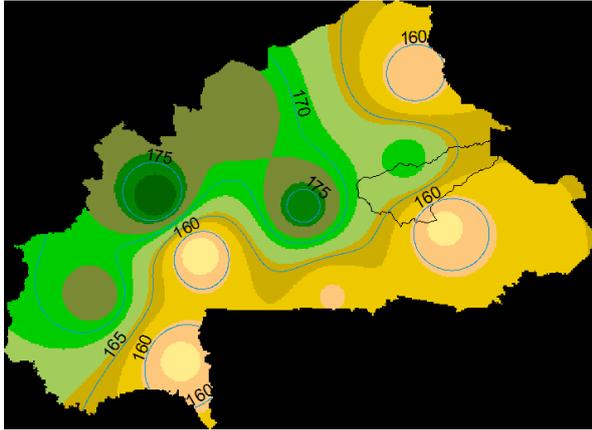
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2008  
Source : DANGO



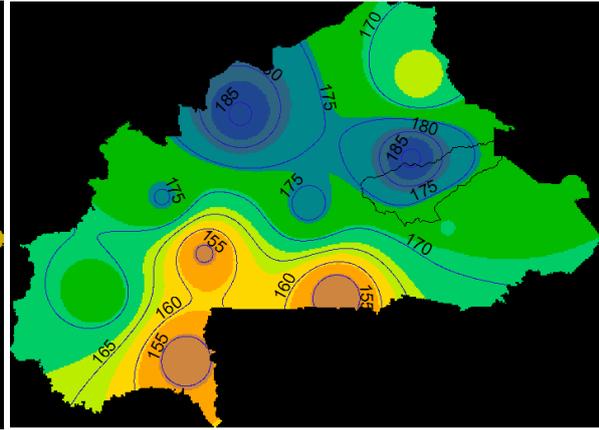
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2007  
Source : DANGO



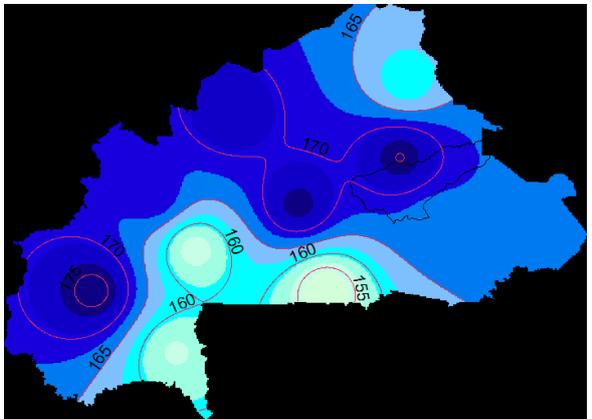
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2006  
Source : DANGO



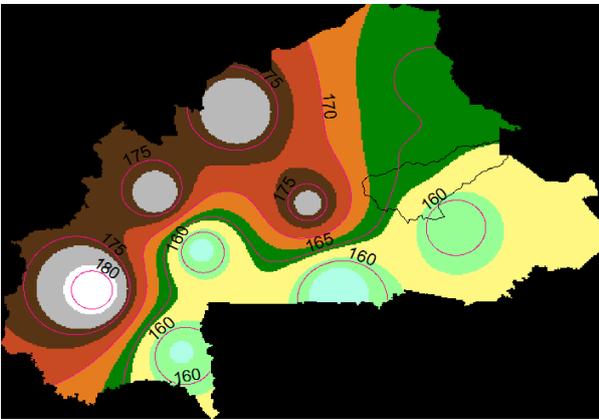
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2005  
Source : DANGO Lamine



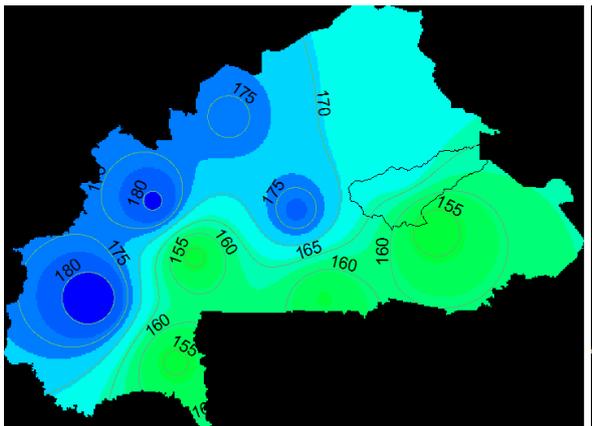
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2004  
Source : DANGO Lamine



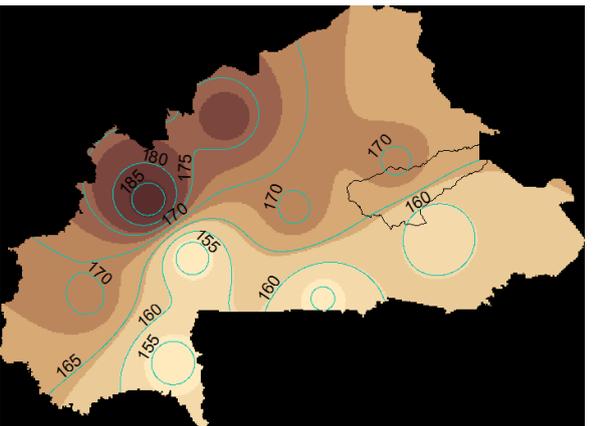
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2003  
Source : DANGO Lamine



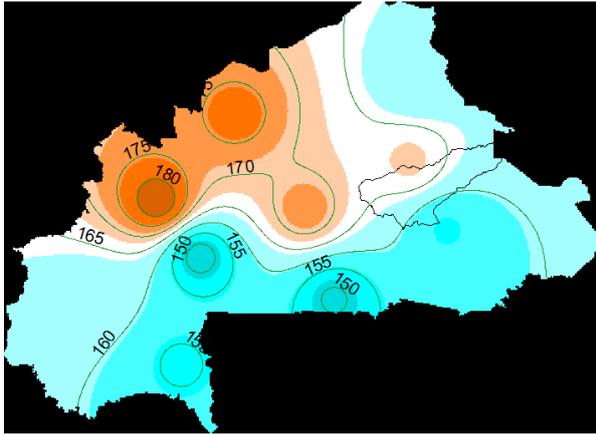
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2002  
Source : DANGO Lamine



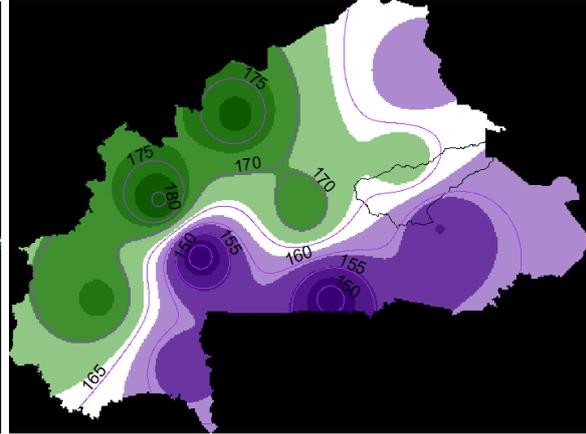
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2001  
Source : DANGO



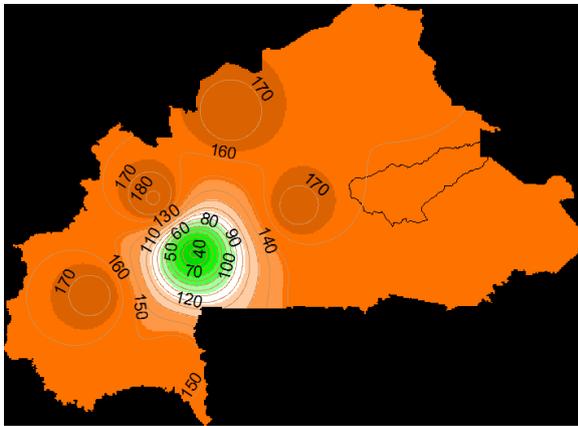
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 2000  
Source : DANGO



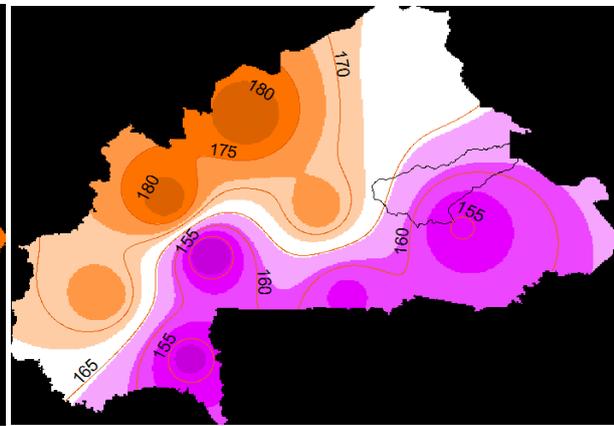
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1999  
Source : DANGO



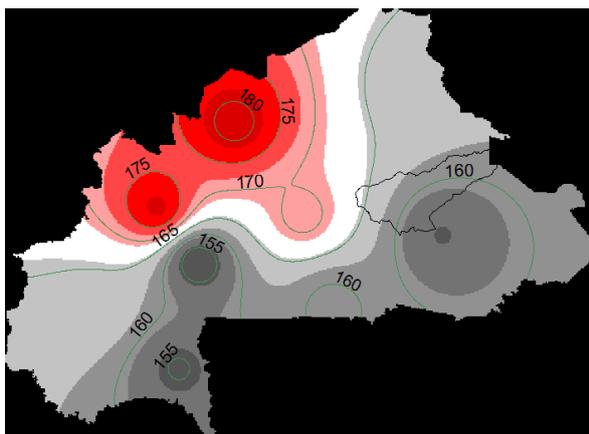
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1998  
Source : DANGO



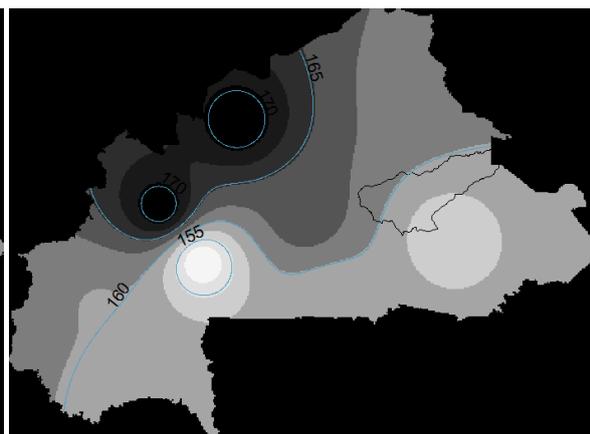
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1997  
Source : DANGO



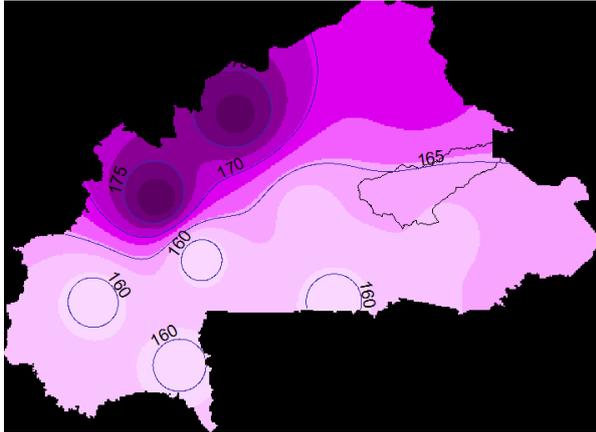
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1996  
Source : DANGO



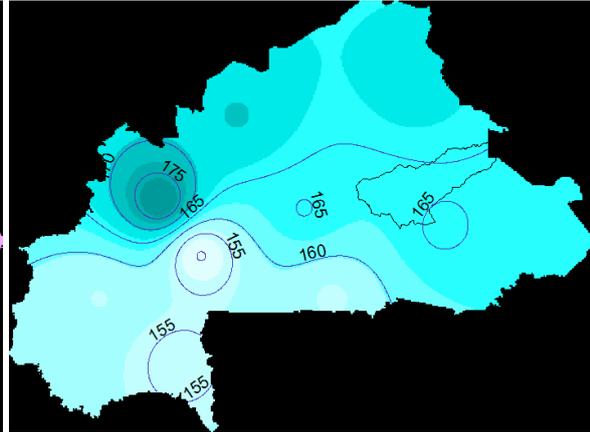
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1995  
Source : DANGO



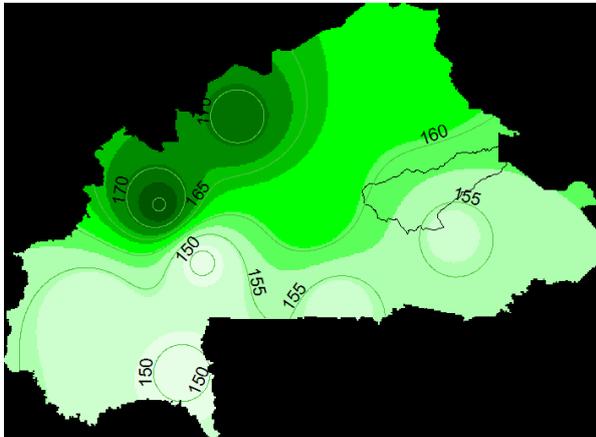
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1994  
Source : DANGO



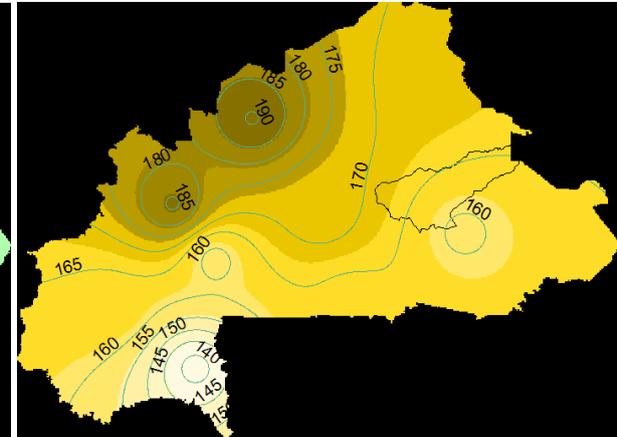
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1993  
Source : DANGO



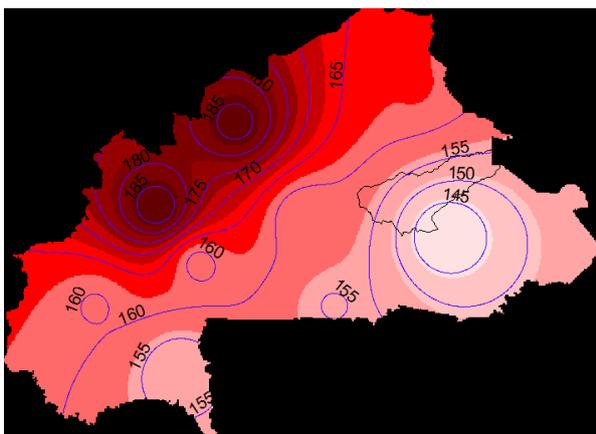
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1992  
Source : DANGO



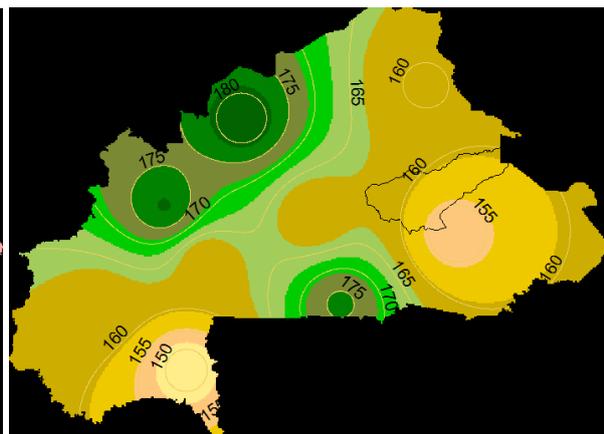
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1991  
Source : DANGO



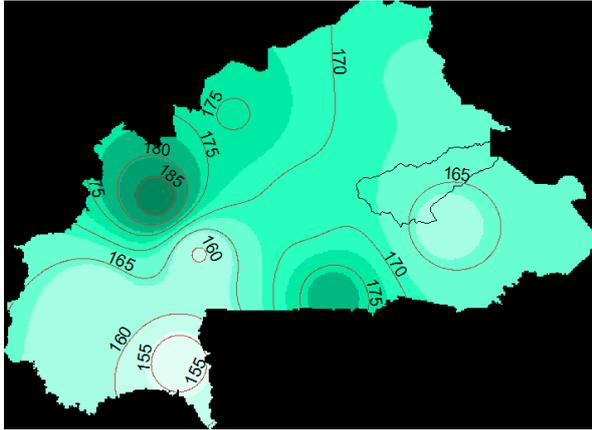
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1990  
Source : DANGO



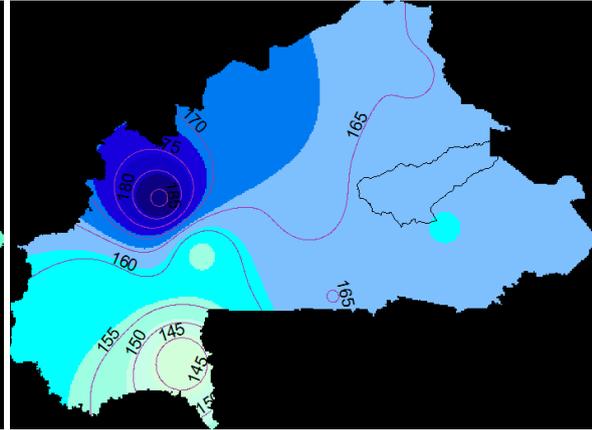
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1989  
Source : DANGO



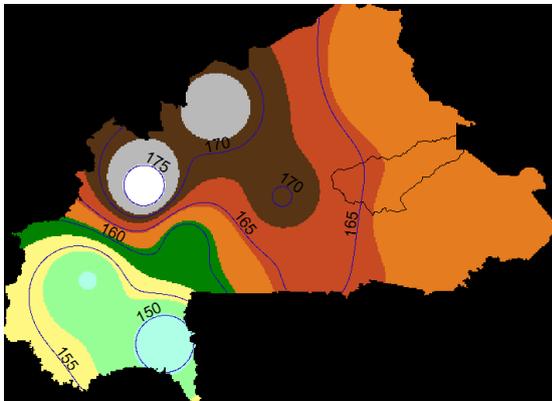
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1988  
Source : DANGO



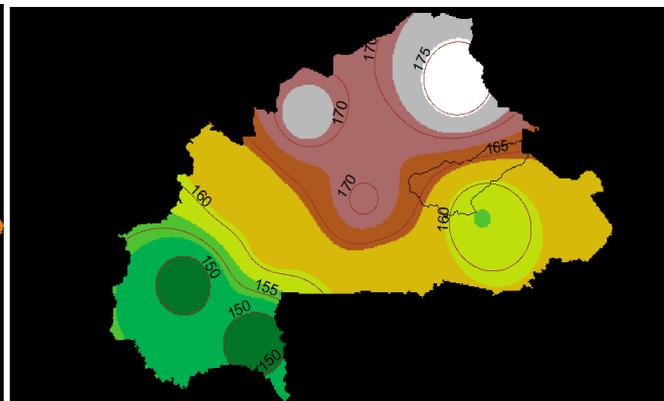
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1987  
Source : DANGO



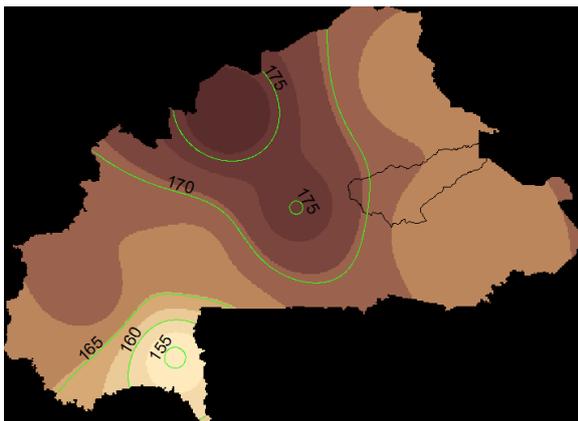
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1986  
Source : DANGO



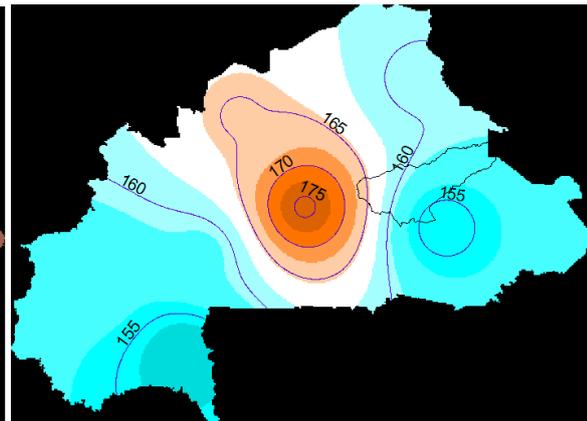
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1985  
Source : DANGO



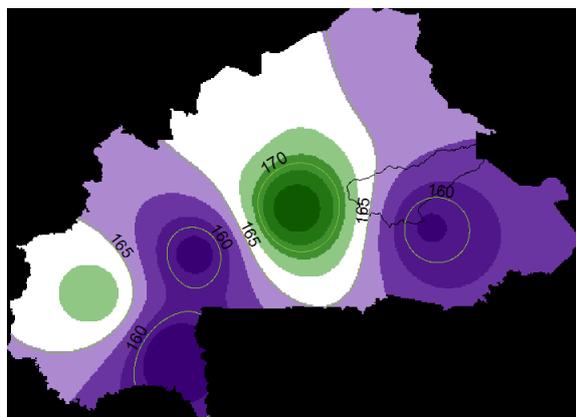
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1984  
Source : DANGO



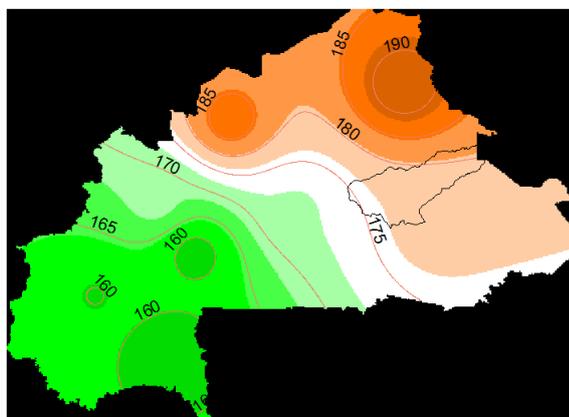
Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1983  
Source : DANGO



Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1982  
Source : DANGO

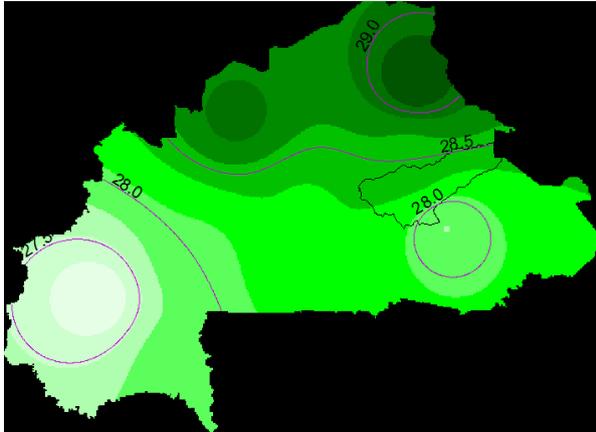


Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1981  
Source : DANGO

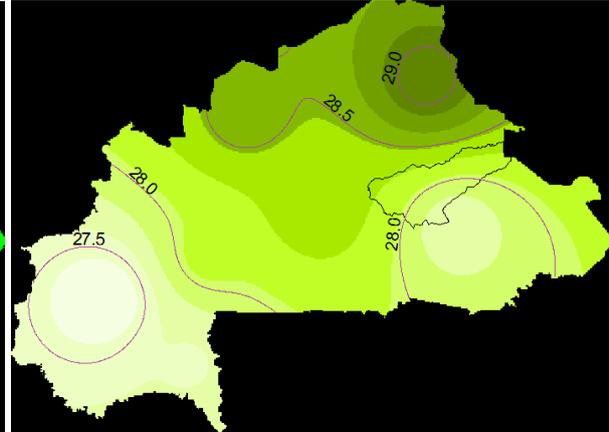


Carte de répartition spatiale de l'ETP en 1980  
Source : DANGO

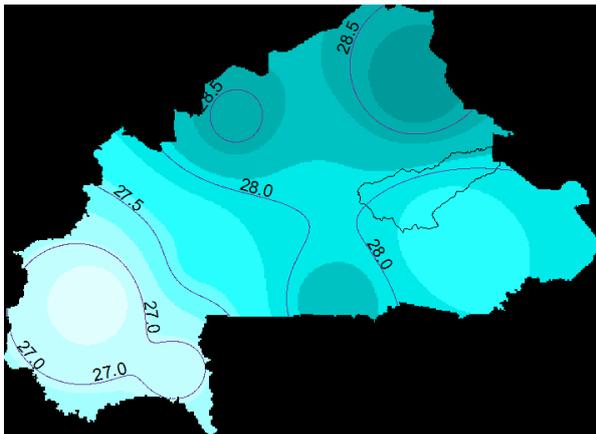
### Annexe 3: Les cartes de répartition spatiale de la température aux échelles locale et nationale



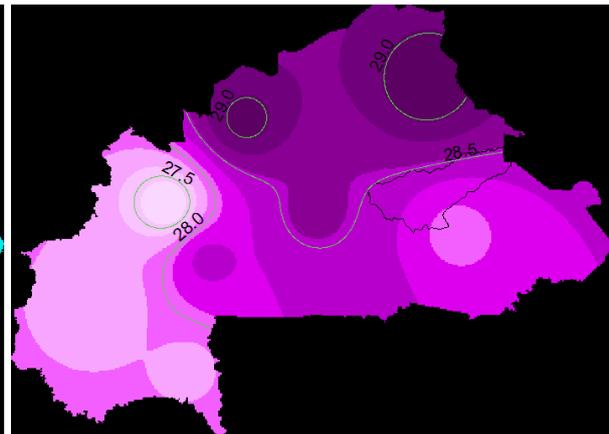
Carte de répartition spatiale de la température en 1980  
Source : DANGO



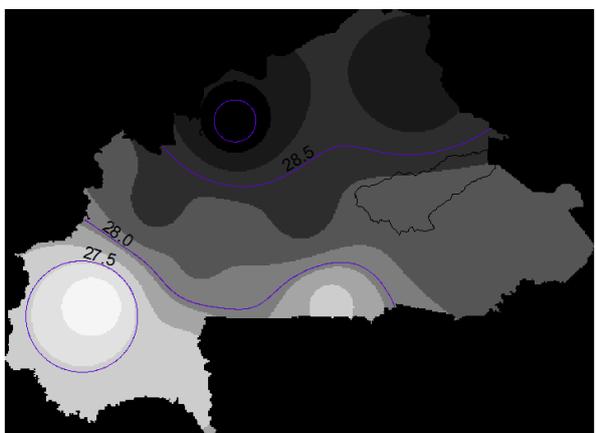
Carte de répartition spatiale de la température en 1981  
Source : DANGO



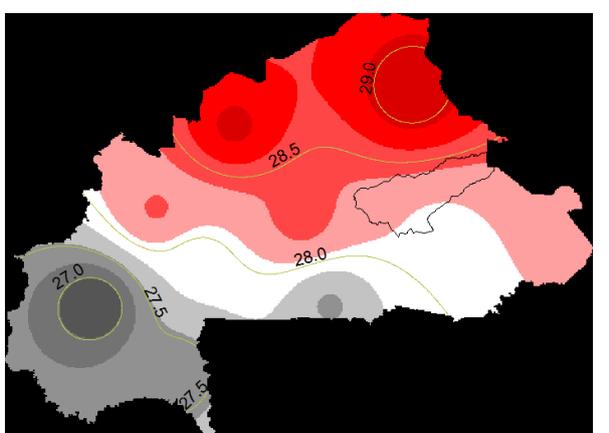
Carte de répartition spatiale de la température en 1982  
Source : DANGO



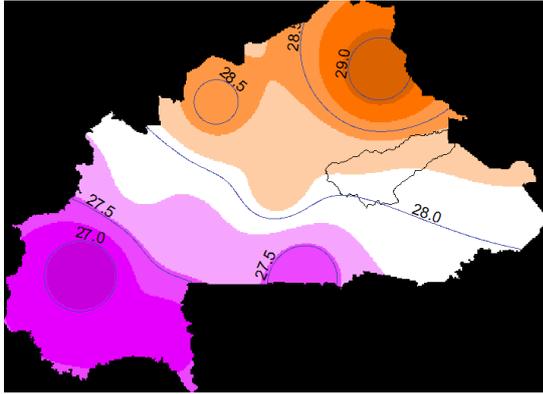
Carte de répartition spatiale de la température en 1983  
Source : DANGO



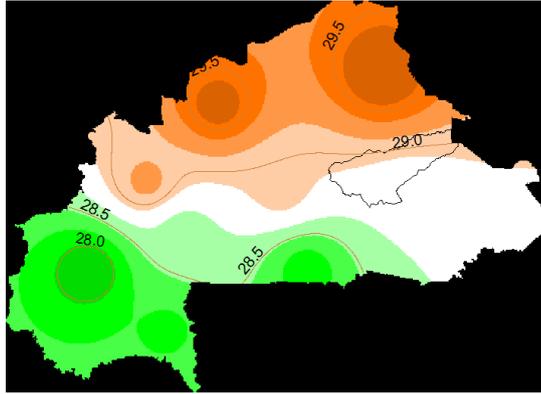
Carte de répartition spatiale de la température en 1984  
Source : DANGO



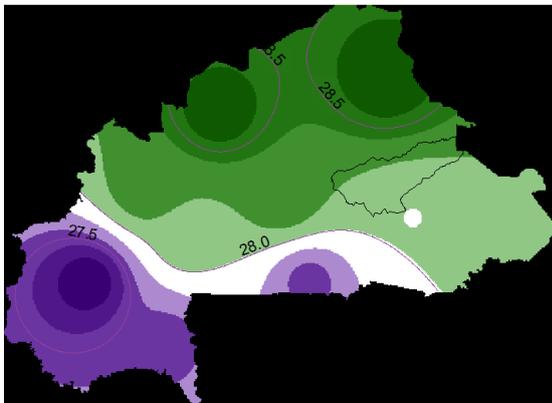
Carte de répartition spatiale de la température en 1985  
Source : DANGO



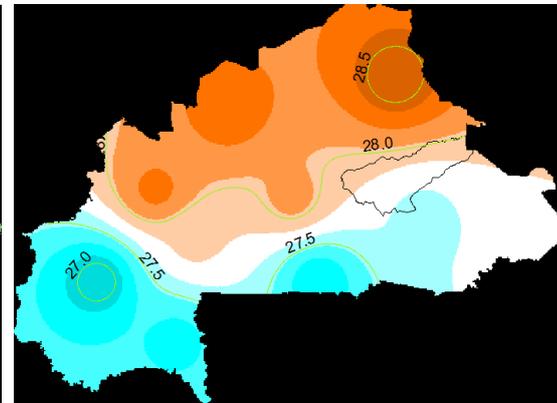
Carte de répartition spatiale de la température en 1986  
Source : DANGO



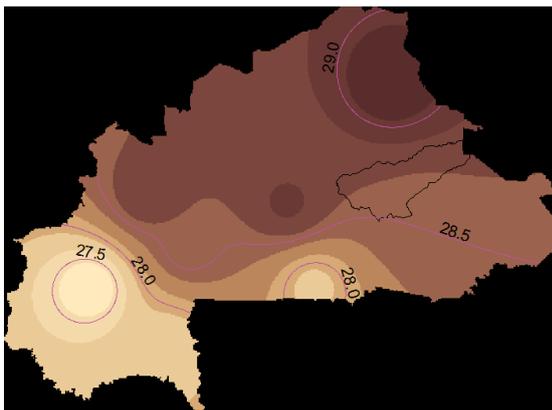
Carte de répartition spatiale de la température en 1987  
Source : DANGO



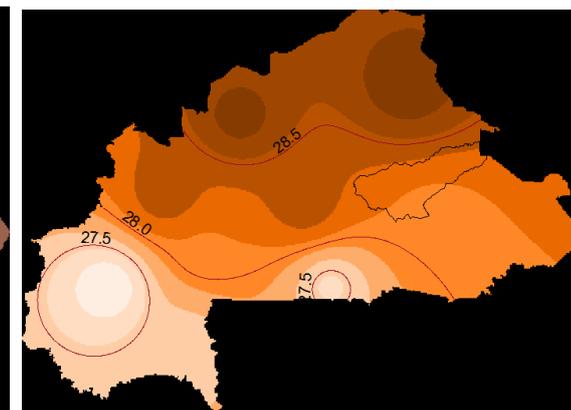
Carte de répartition spatiale de la température en 1988  
Source : DANGO



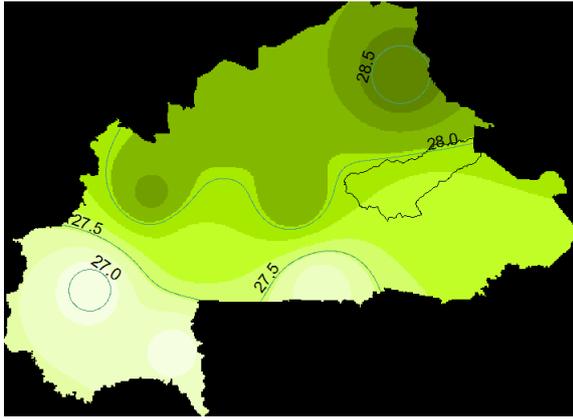
Carte de répartition spatiale de la température en 1989  
Source : DANGO



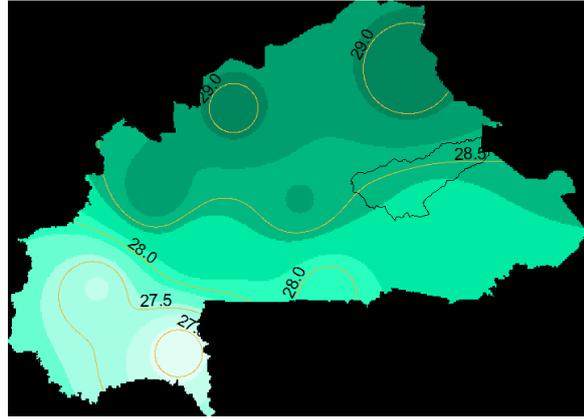
Carte de répartition spatiale de la température en 1990  
Source : DANGO



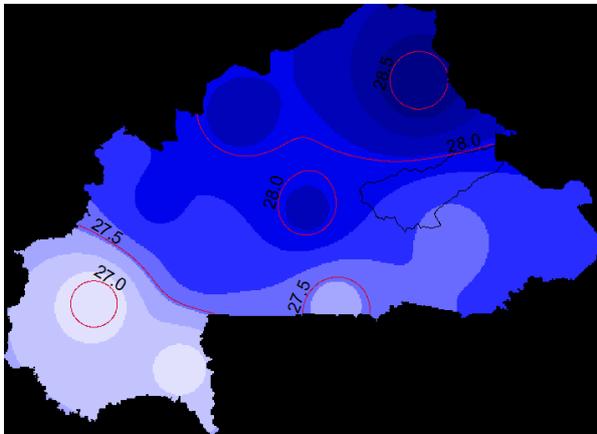
Carte de répartition spatiale de la température en 1991  
Source : DANGO



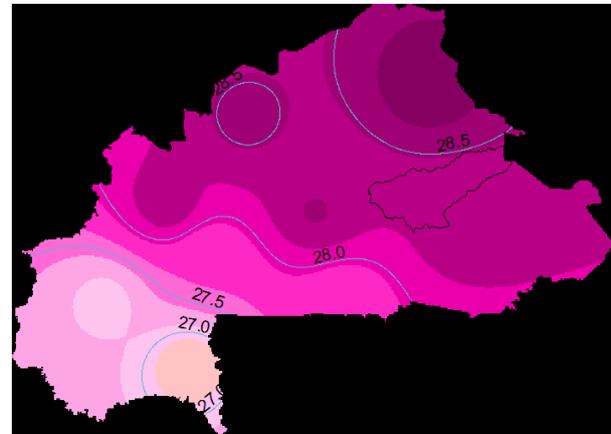
Carte de répartition spatiale de la température en 1992  
Source : DANGO



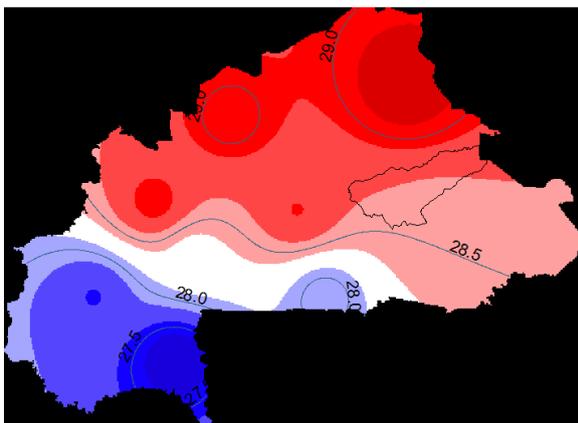
Carte de répartition spatiale de la température en 1993  
Source : DANGO



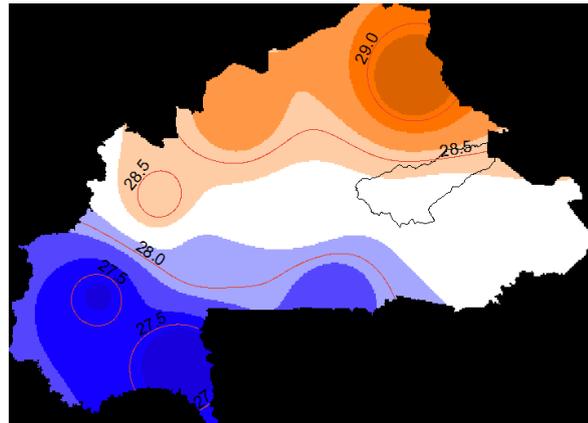
Carte de répartition spatiale de la température en 1994  
Source : DANGO



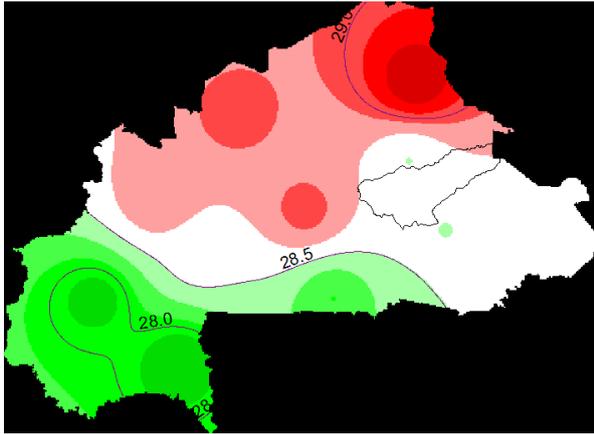
Carte de répartition spatiale de la température en 1995  
Source : DANGO



Carte de répartition spatiale de la température en 1996  
Source : DANGO



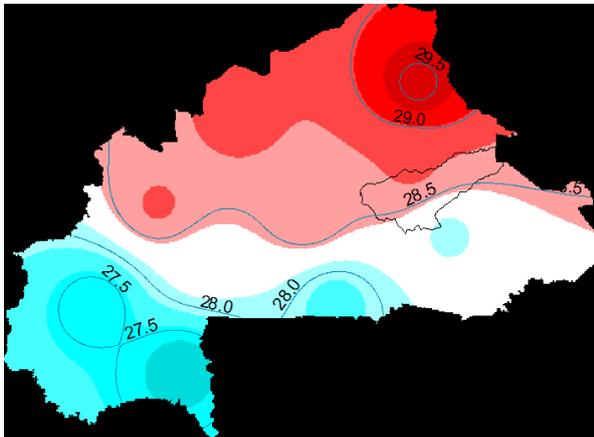
Carte de répartition spatiale de la température en 1997  
Source : DANGO



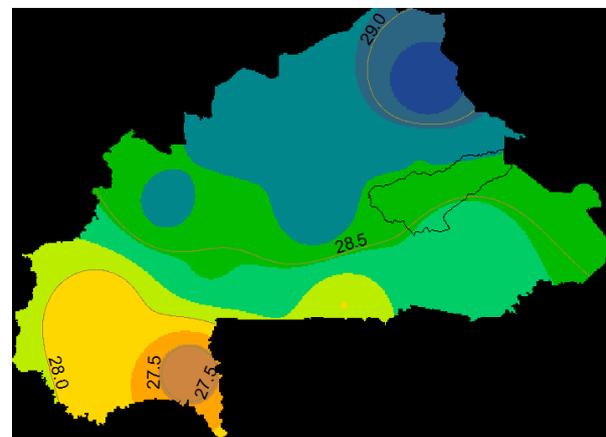
Carte de répartition spatiale de la température en 1998  
Source : DANGO



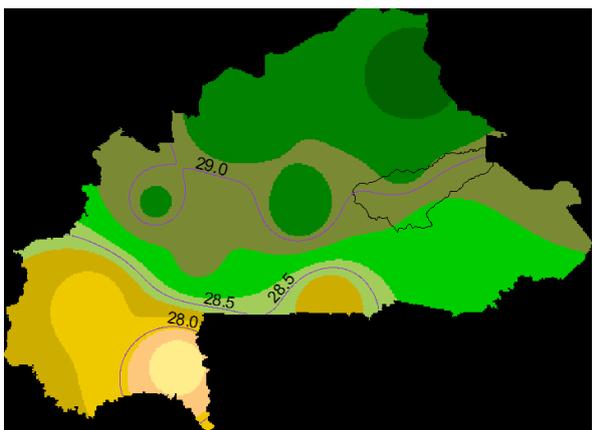
Carte de répartition spatiale de la température en 1999  
Source : DANGO



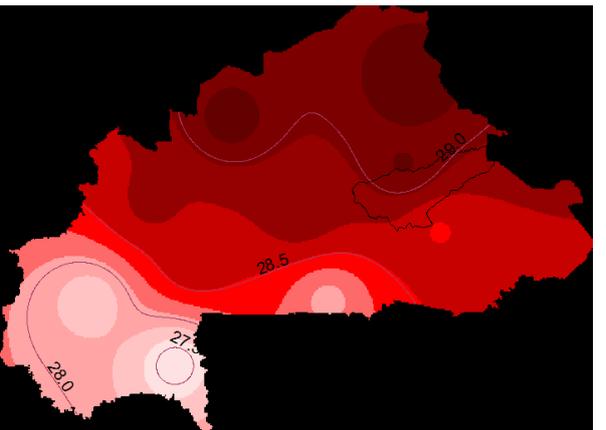
Carte de répartition spatiale de la température en 2000  
Source : DANGO



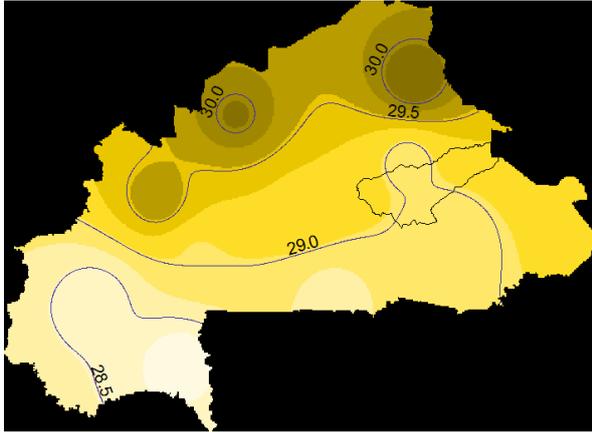
Carte de répartition spatiale de la température en 2001  
Source : DANGO



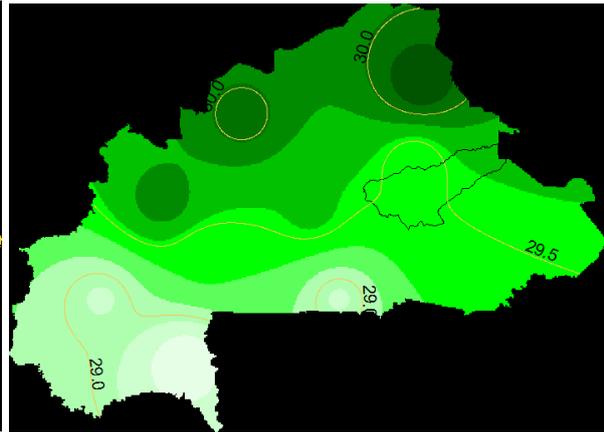
Carte de répartition spatiale de la température en 2002  
Source : DANGO



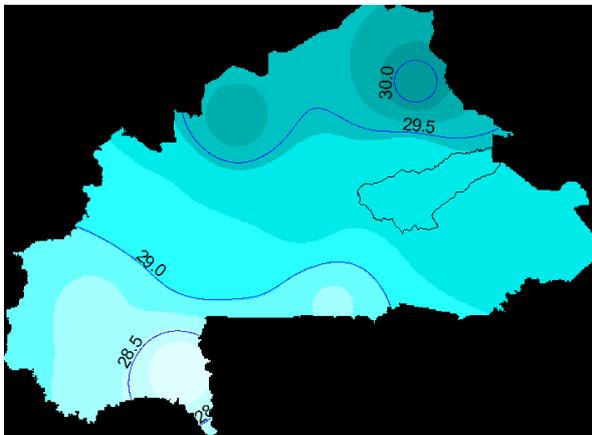
Carte de répartition spatiale de la température en 2003  
Source : DANGO



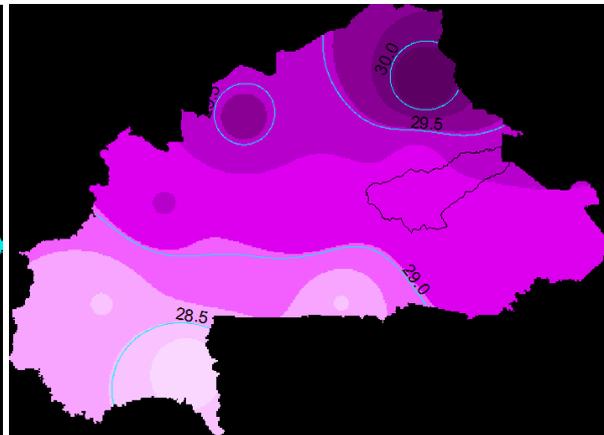
Carte de répartition spatiale de la température en 2004  
Source : DANGO



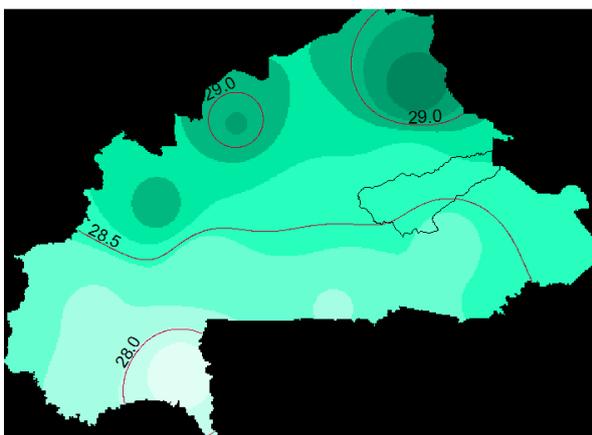
Carte de répartition spatiale de la température en 2005  
Source : DANGO



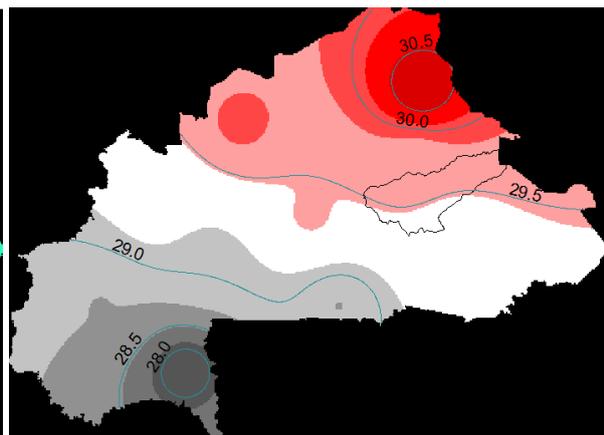
Carte de répartition spatiale de la température en 2006  
Source : DANGO



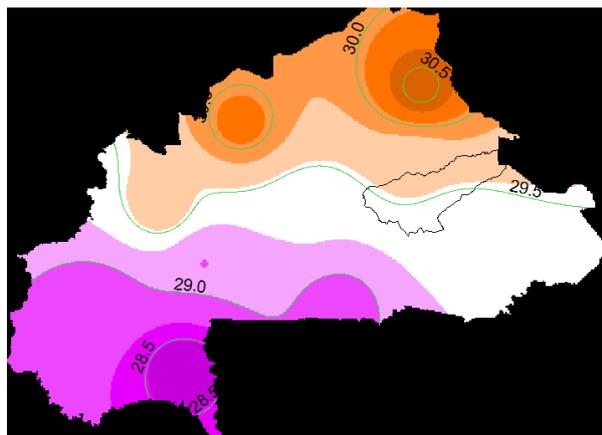
Carte de répartition spatiale de la température en 2007  
Source : DANGO



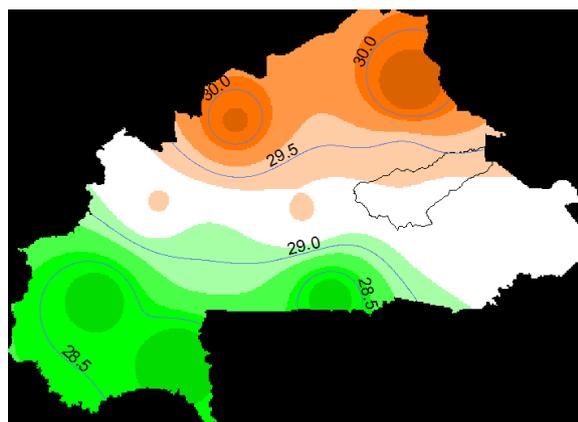
Carte de répartition spatiale de la température en 2008  
Source : DANGO



Carte de répartition spatiale de la température en 2009  
Source : DANGO

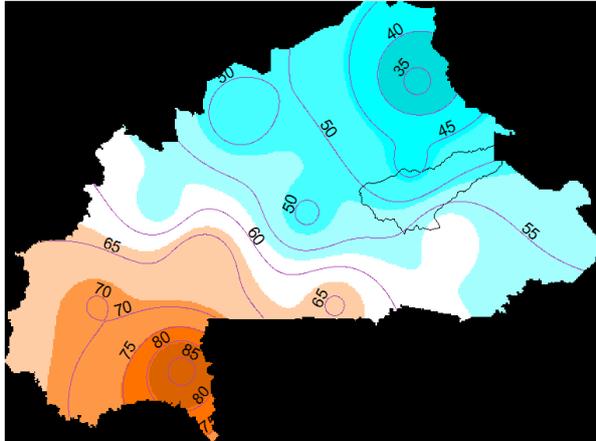


Carte de répartition spatiale de la température en 2010  
Source : DANGO

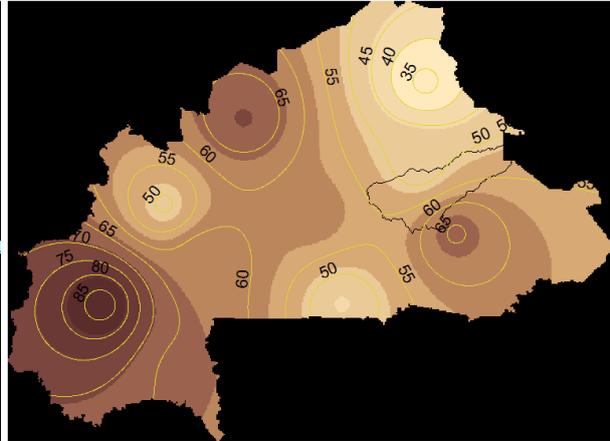


Carte de répartition spatiale de la température en 2011  
Source : DANGO

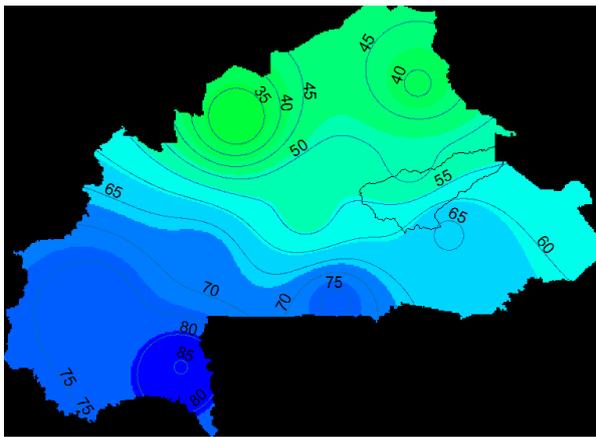
#### Annexe 4: Les cartes de répartition spatiale de la précipitation aux échelles locale et nationale



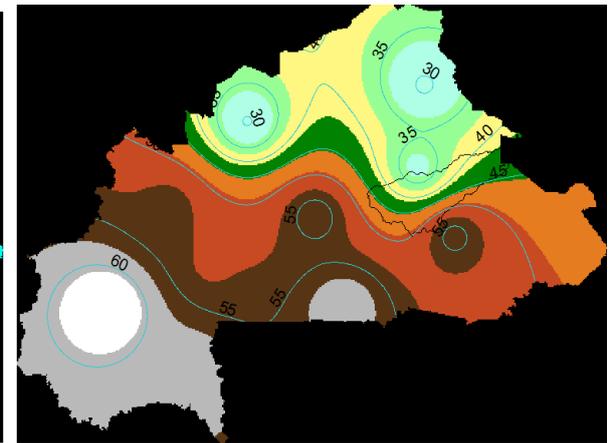
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1980  
Source : DANGO



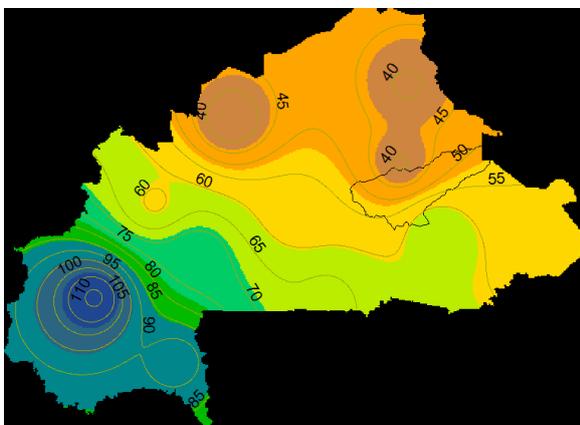
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1981  
Source : DANGO



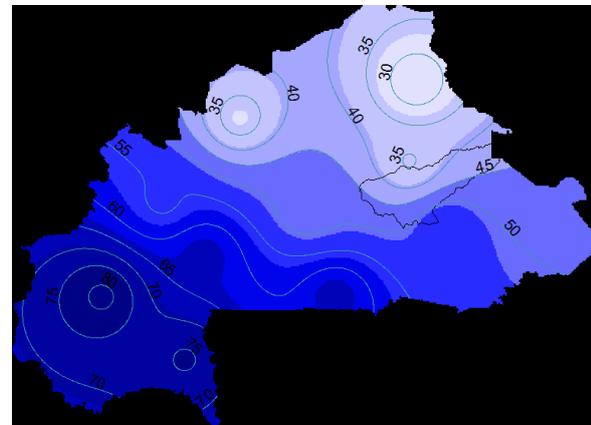
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1982  
Source : DANGO



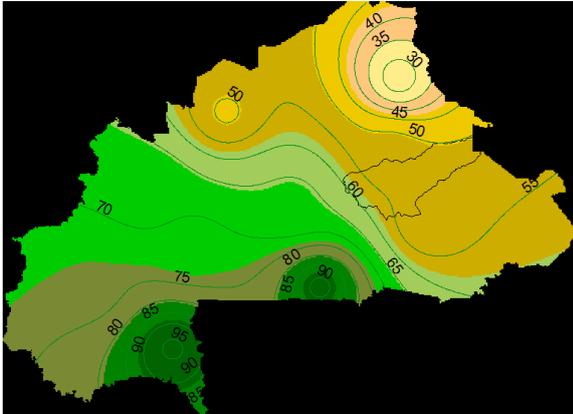
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1983  
Source : DANGO



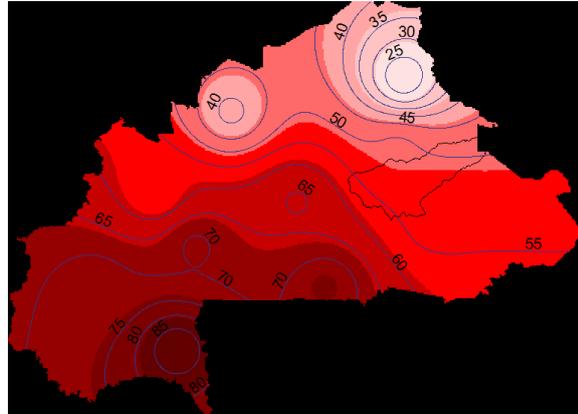
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1984  
Source : DANGO



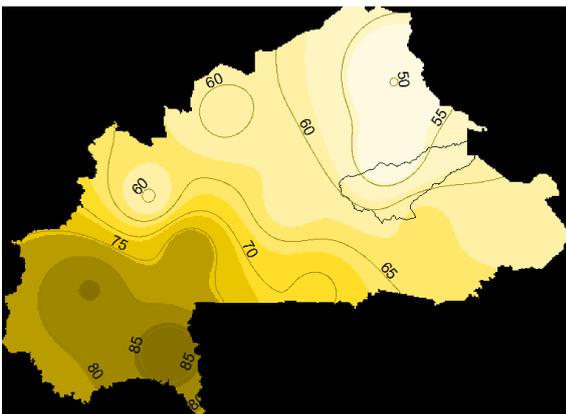
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1985  
Source : DANGO



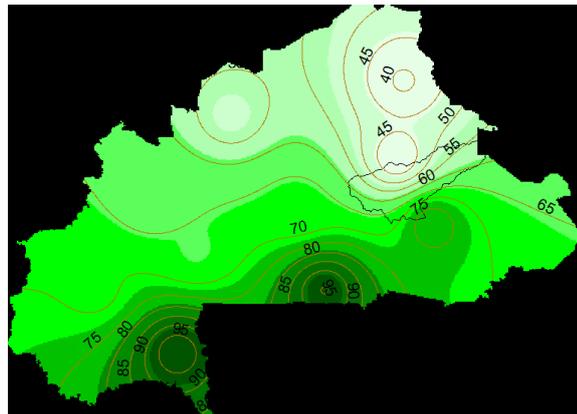
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1986  
Source : DANGO



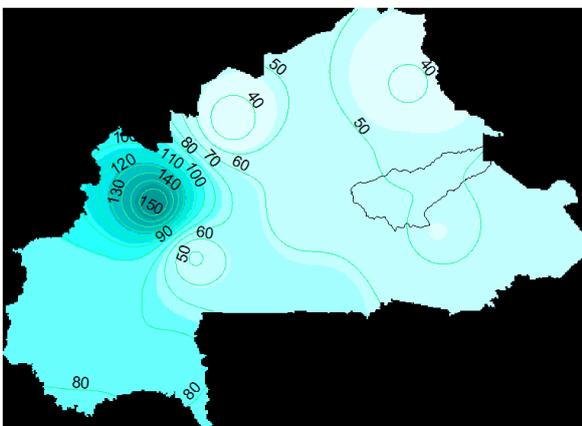
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1987  
Source : DANGO



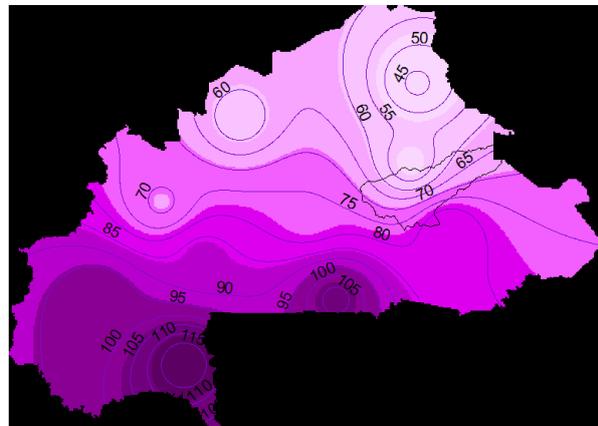
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1988  
Source : DANGO



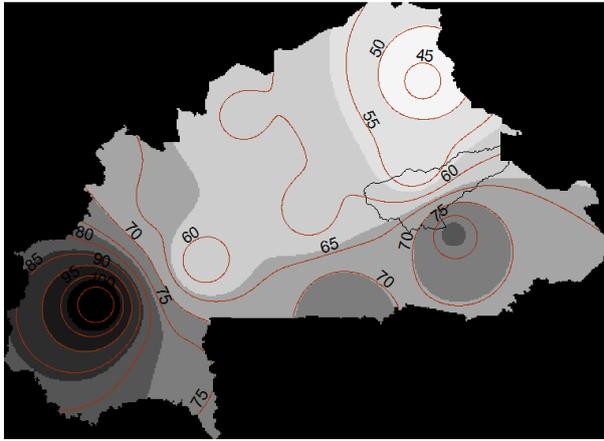
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1989  
Source : DANGO



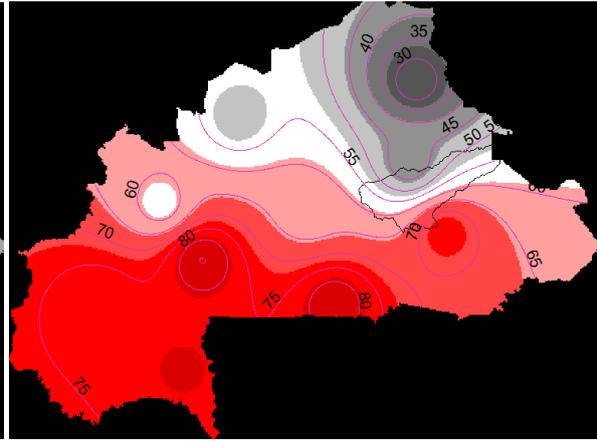
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1990  
Source : DANGO



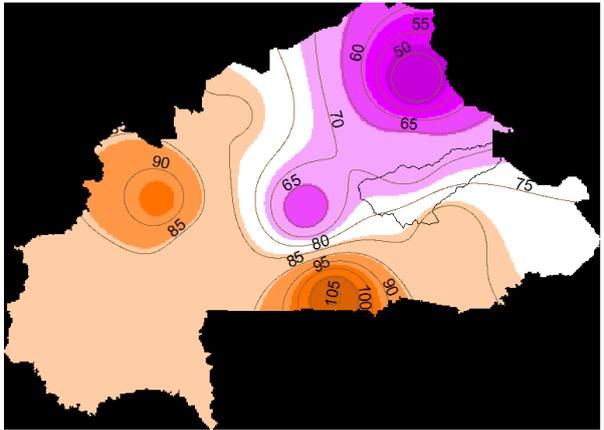
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1991  
Source : DANGO



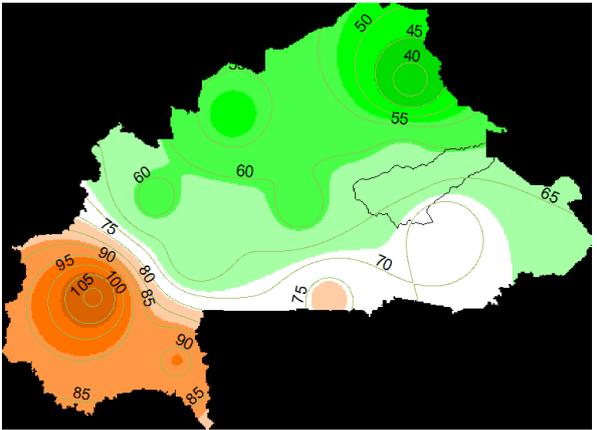
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1992  
Source : DANGO



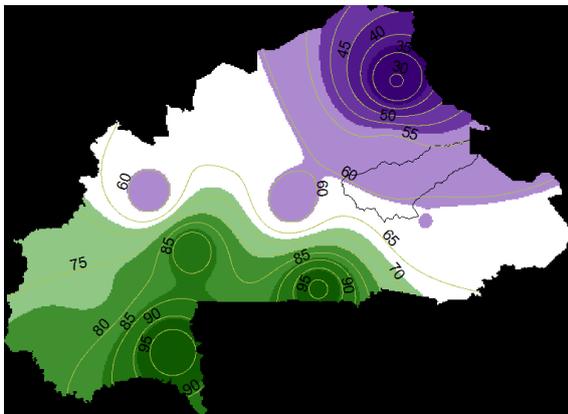
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1993  
Source : DANGO



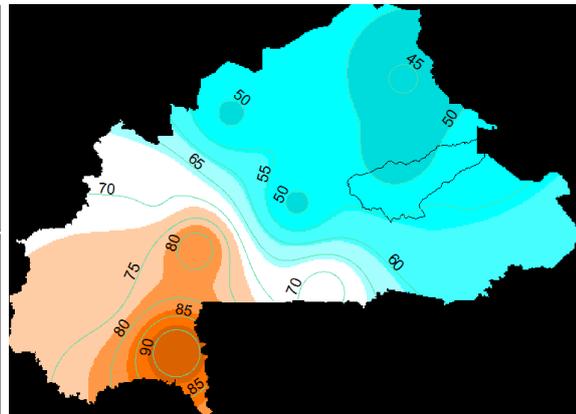
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1994  
Source : DANGO



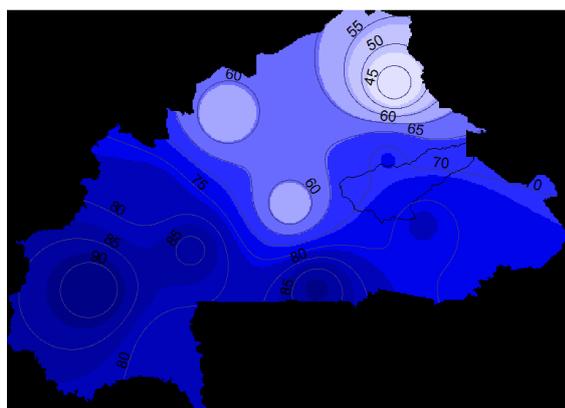
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1995  
Source : DANGO



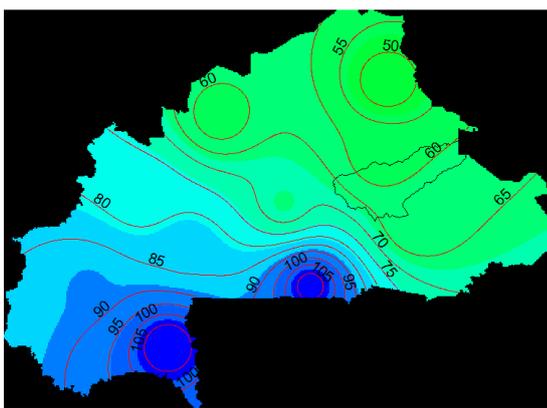
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1996  
Source : DANGO



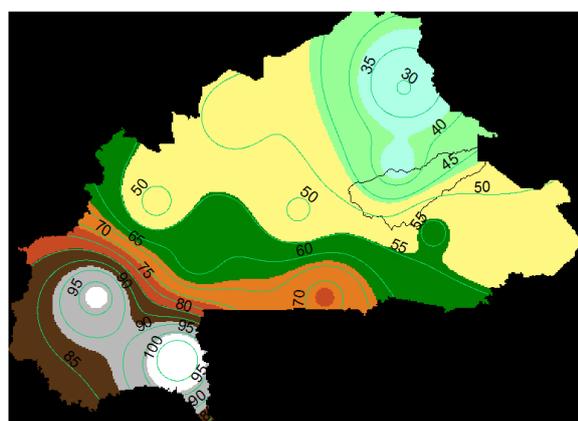
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1997  
Source : DANGO



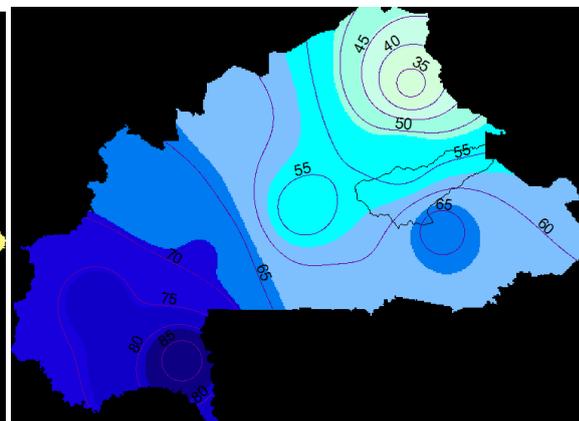
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1998  
Source : DANGO



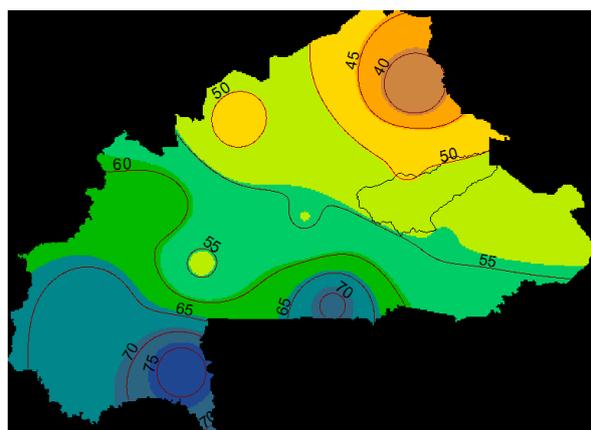
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 1999  
Source : DANGO



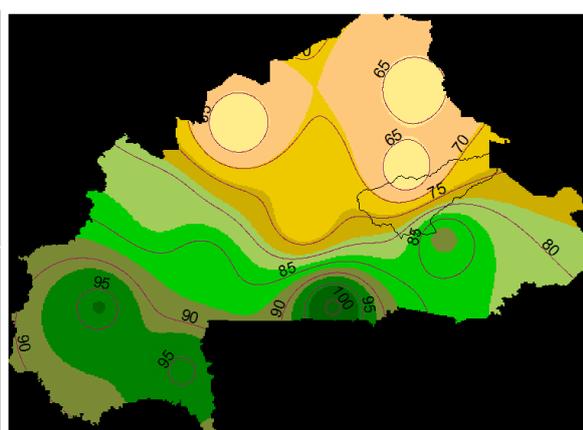
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2000  
Source : DANGO



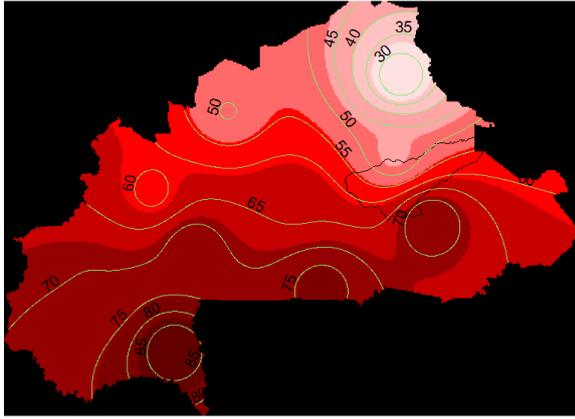
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2001  
Source : DANGO



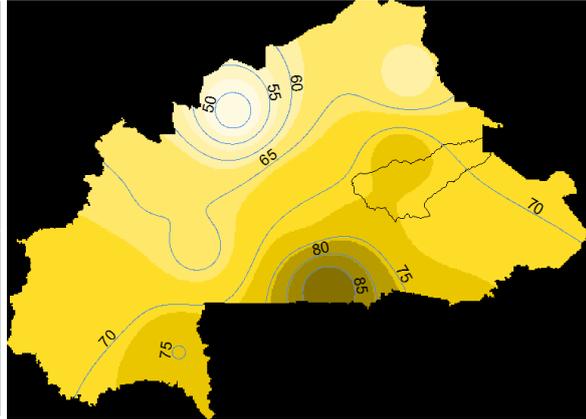
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2002  
Source : DANGO



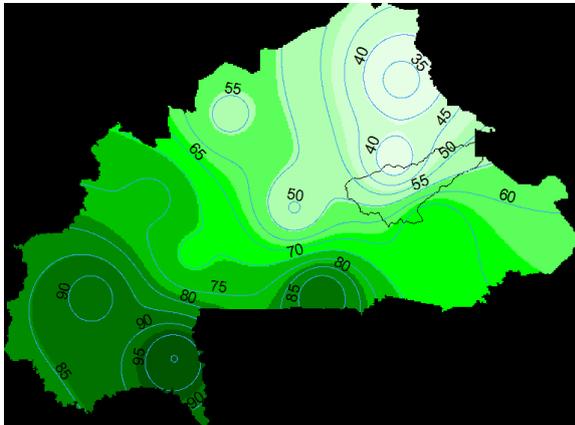
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2003  
Source : DANGO



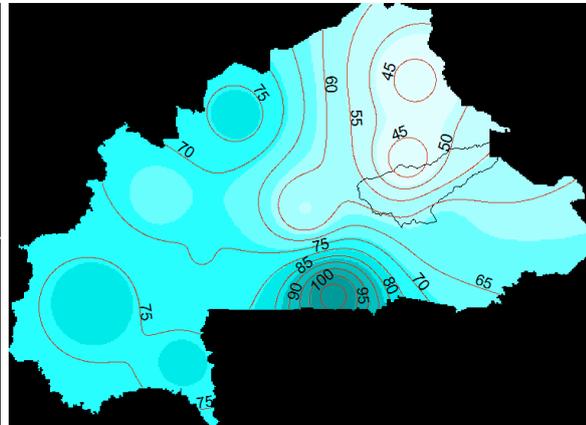
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2004  
Source : DANGO



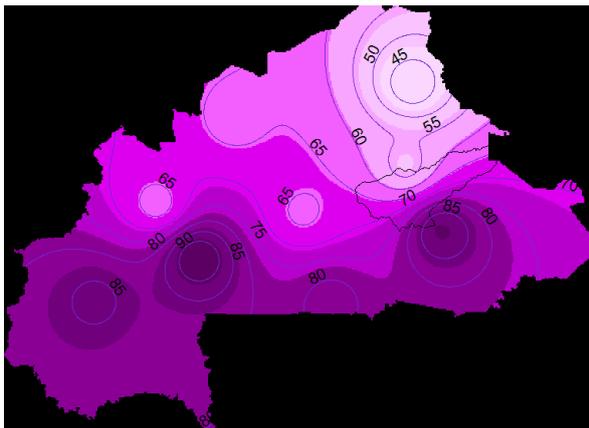
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2005  
Source : DANGO



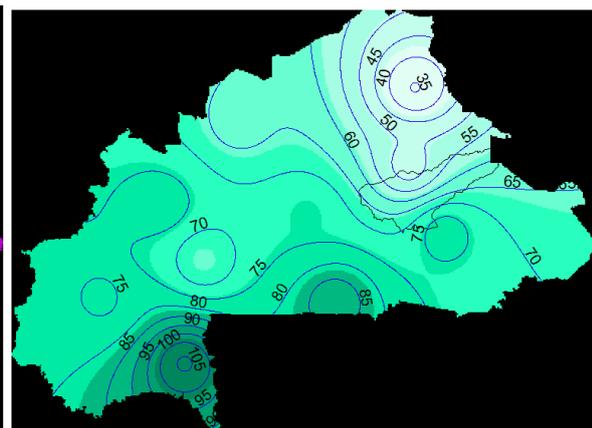
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2006  
Source : DANGO



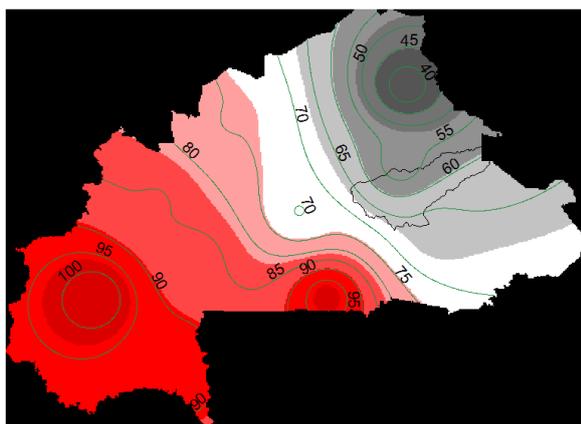
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2007  
Source : DANGO



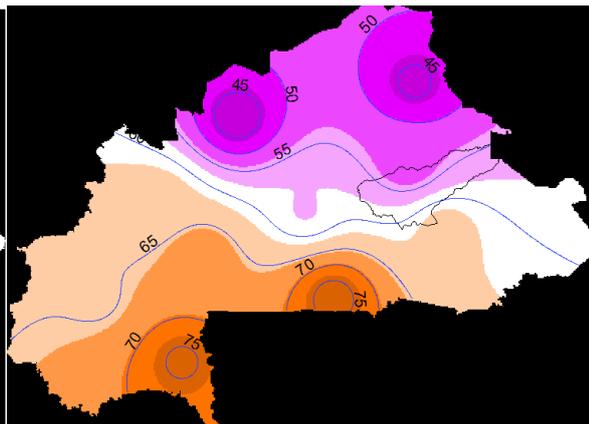
Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2008  
Source : DANGO



Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2009  
Source : DANGO

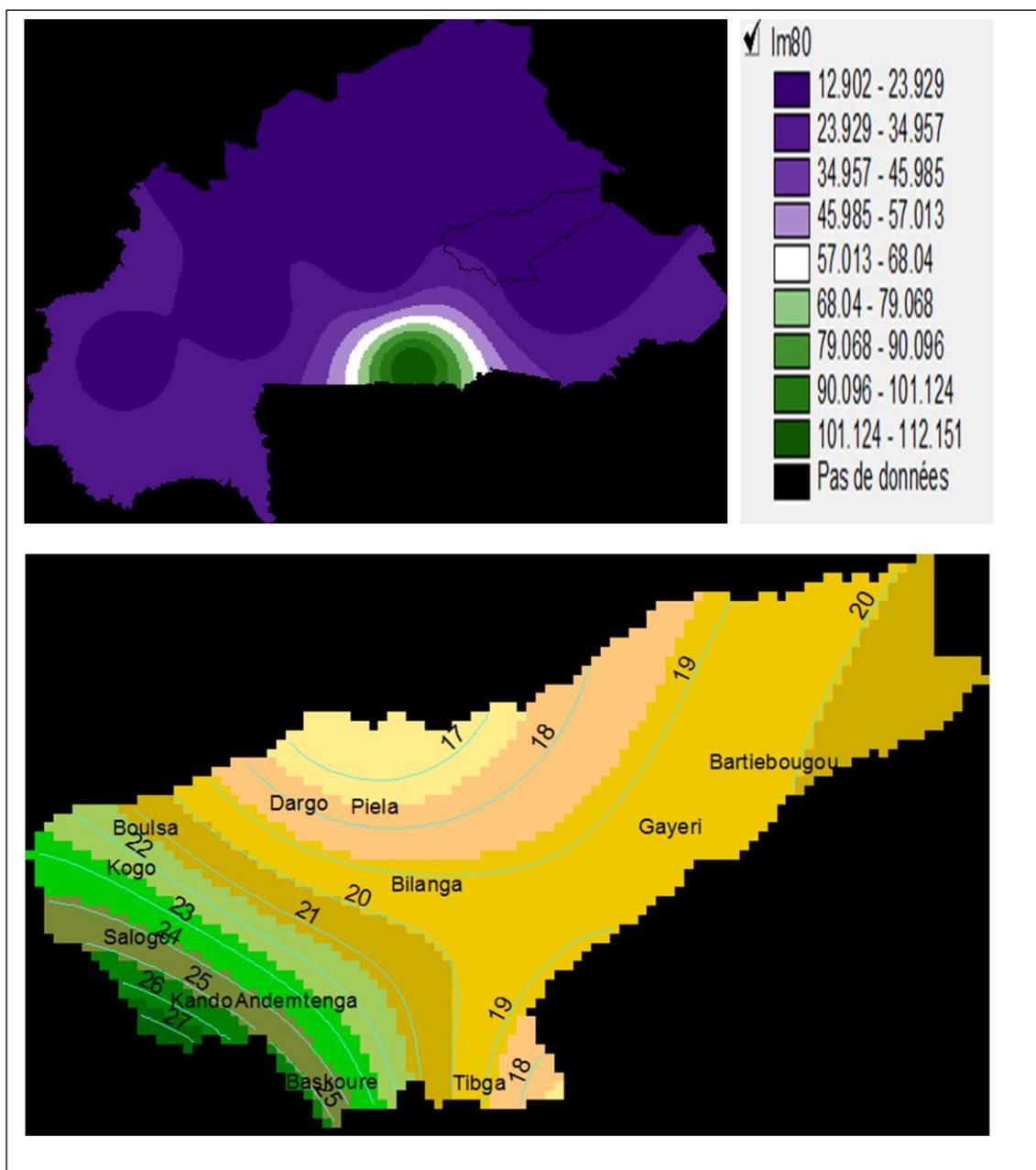


Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2010  
Source : DANGO

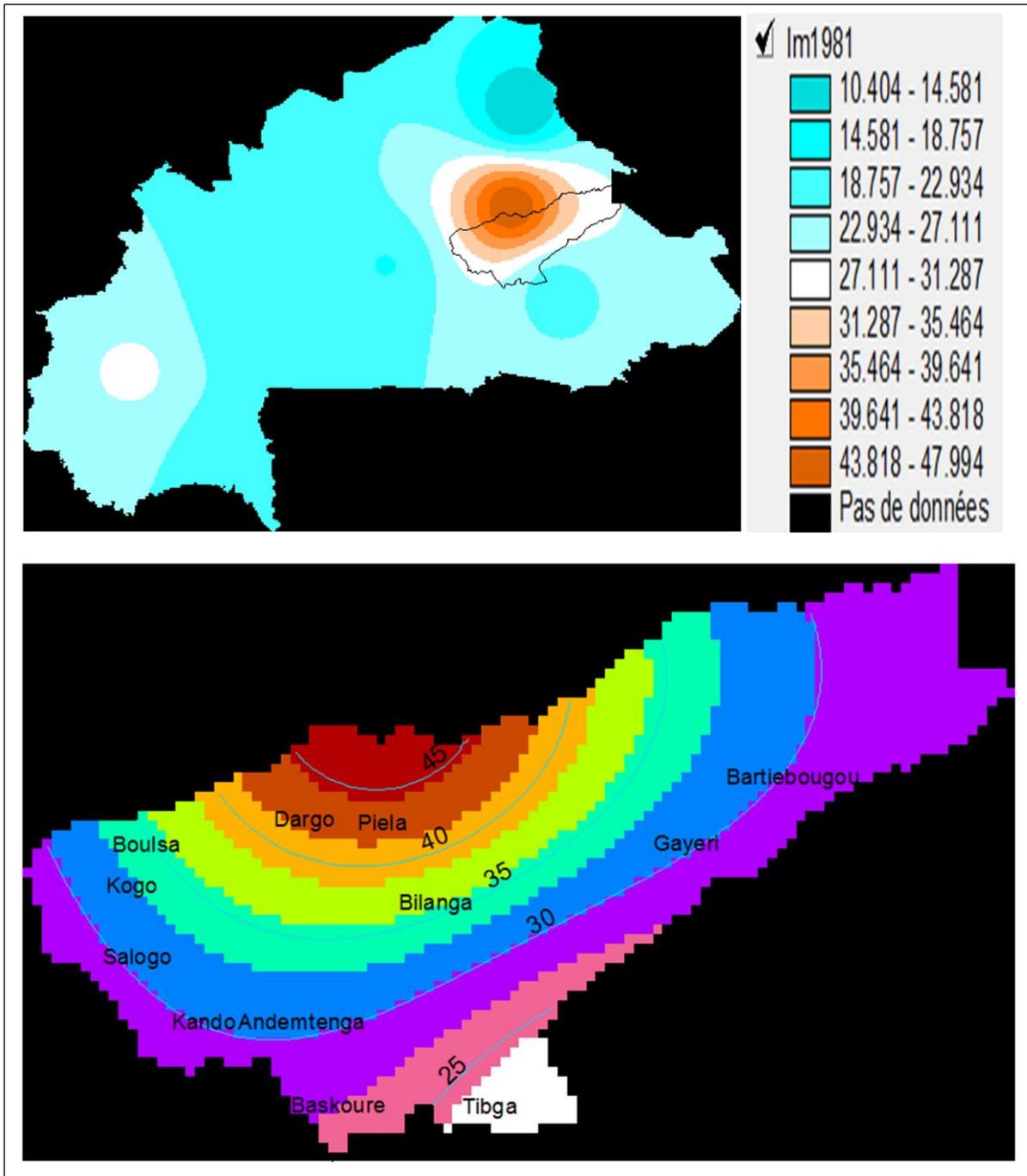


Carte de répartition spatiale de la précipitation en 2011  
Source : DANGO

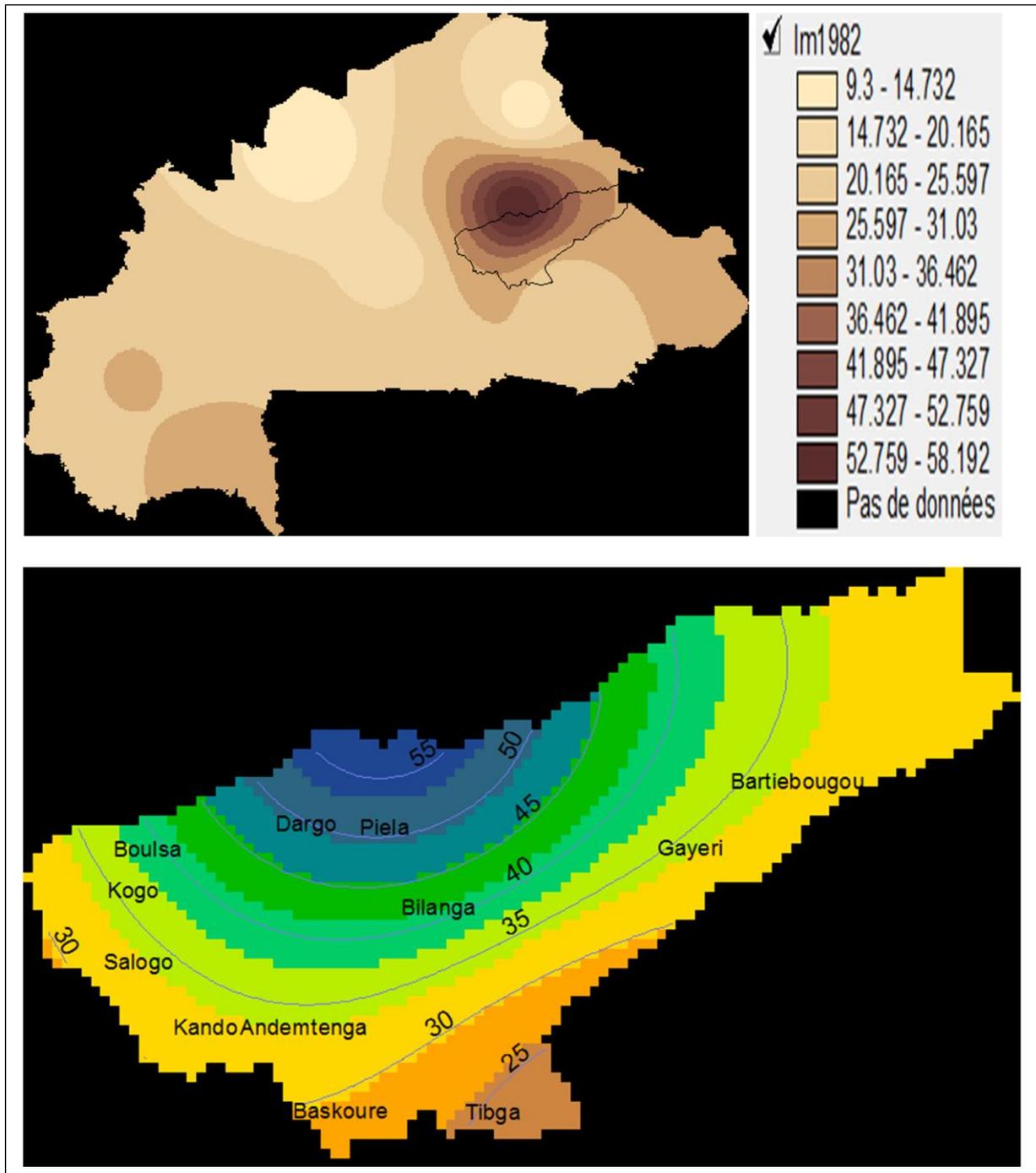
### Annexe 5: Les cartes de répartition spatiale de l'indice d'aridité aux échelles locale et nationale



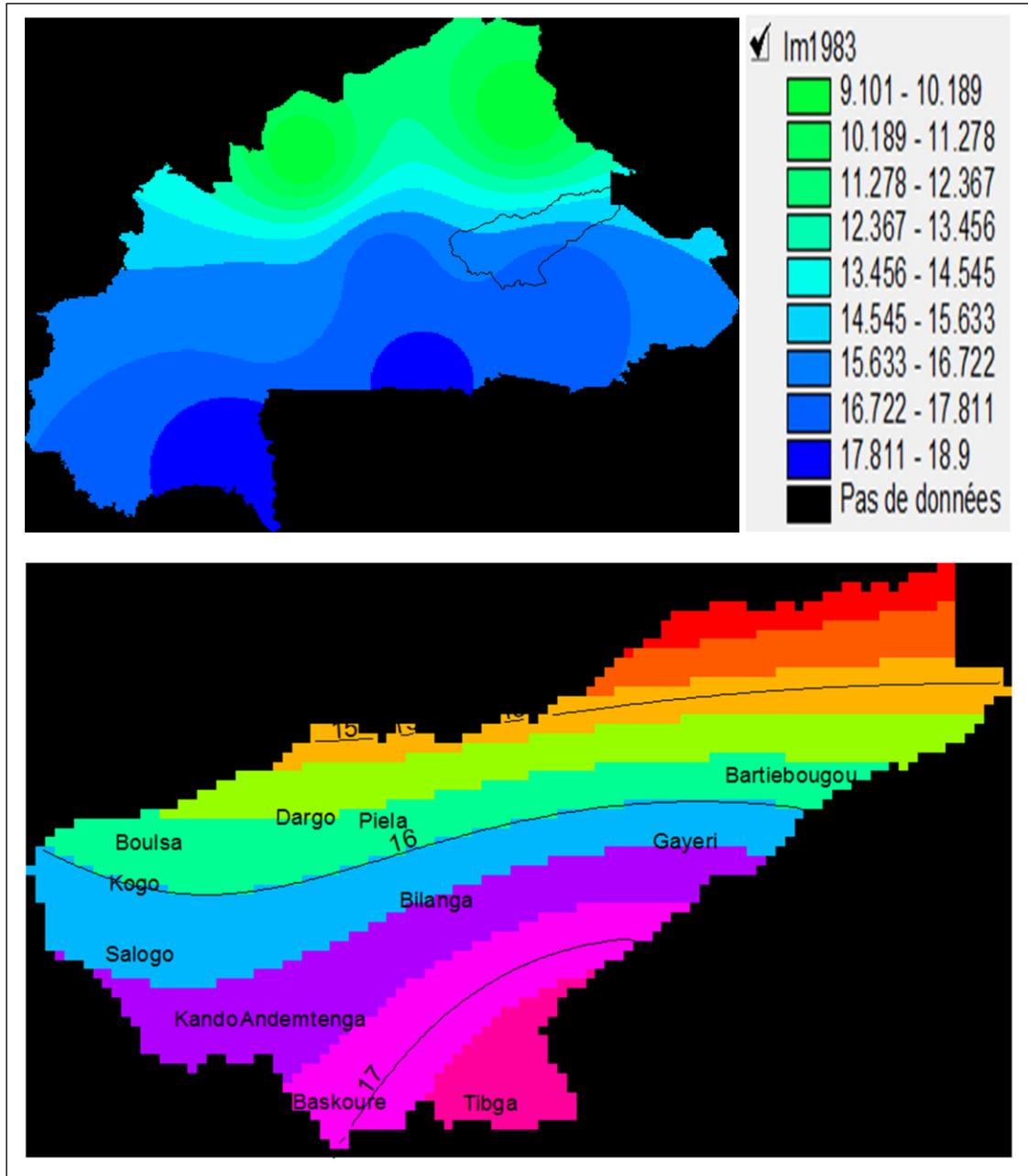
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1980  
Source: DANGO



Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1981  
Source: DANGO

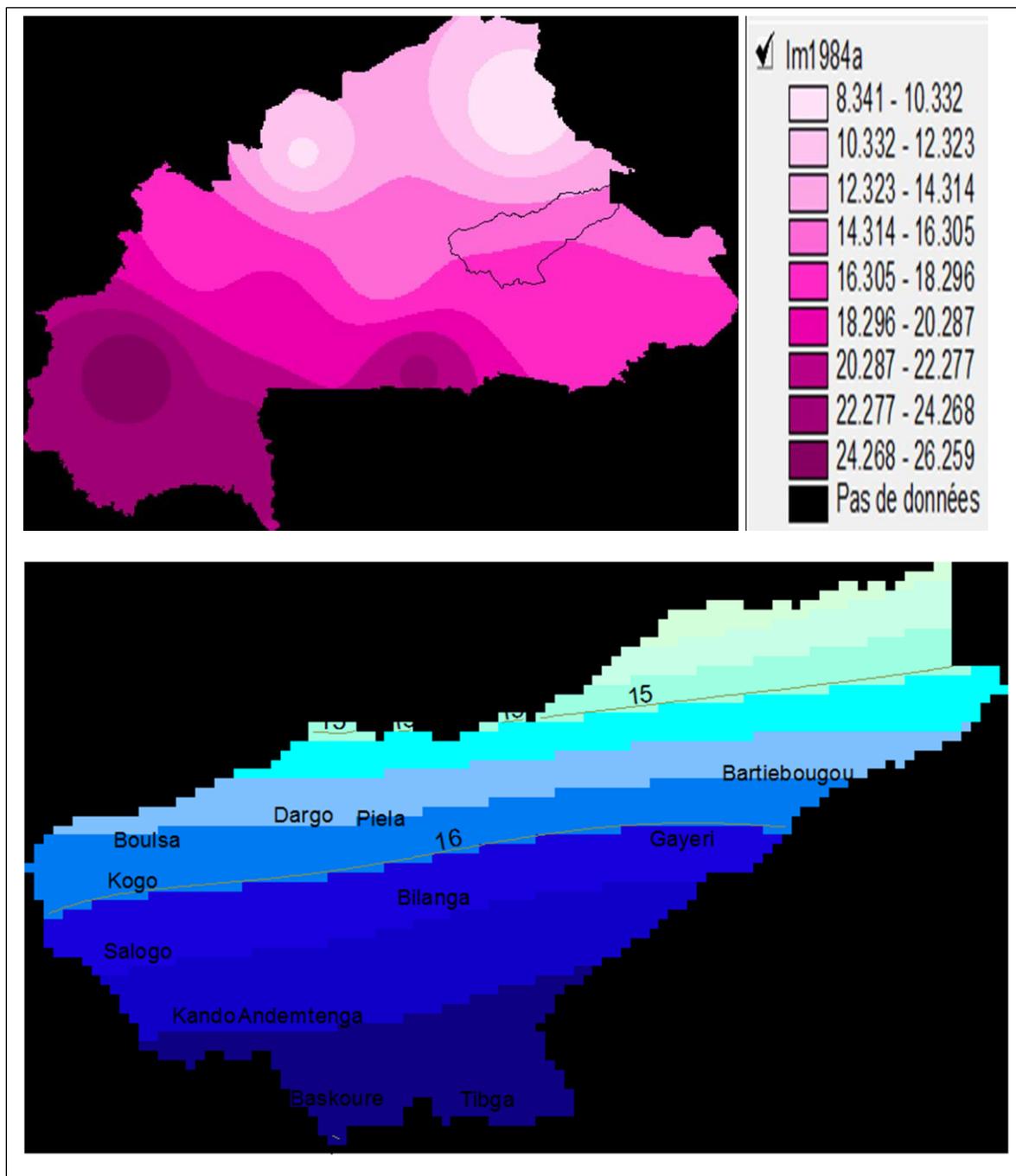


Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1982  
Source: DANGO



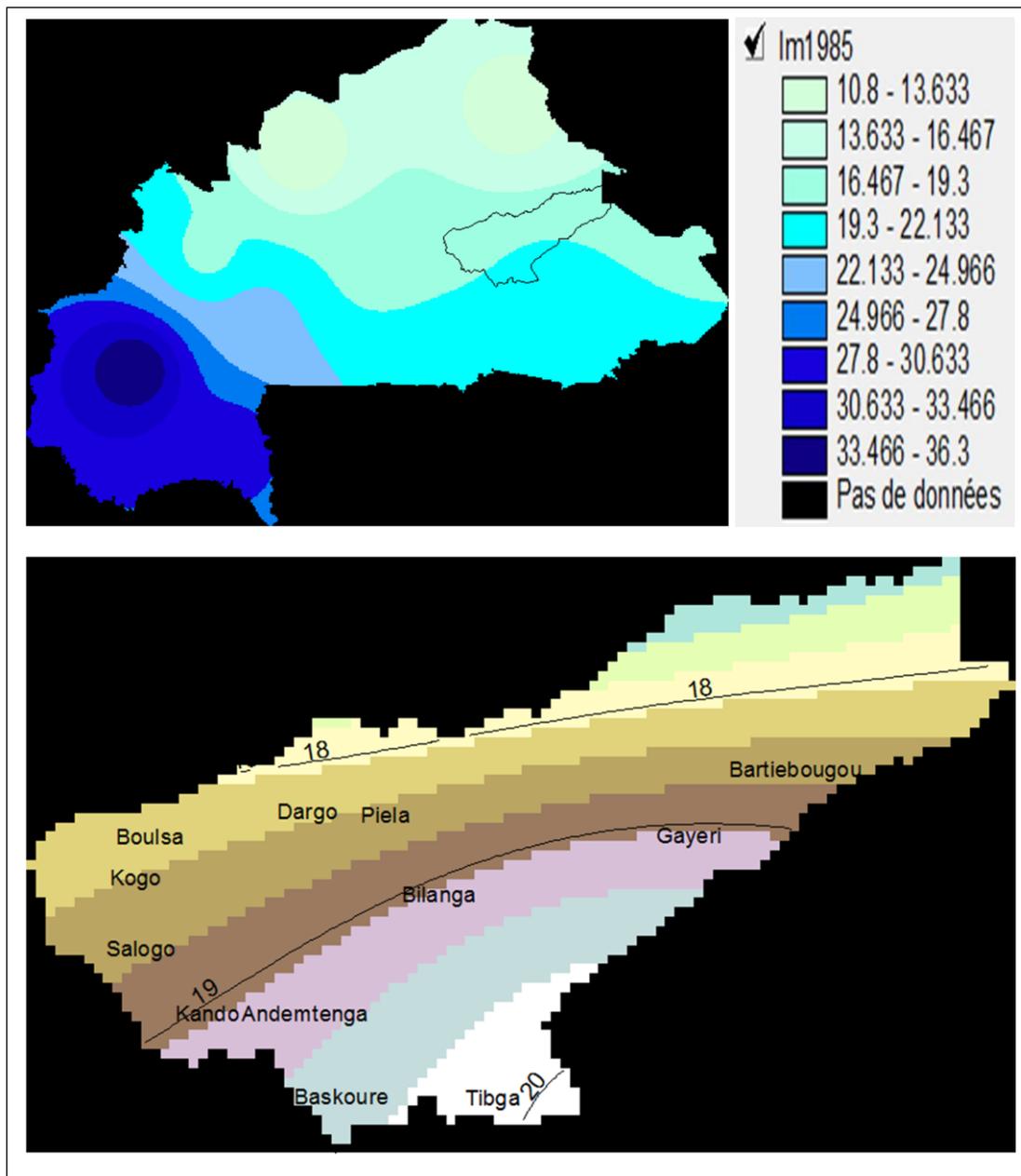
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1983

Source: DANGO



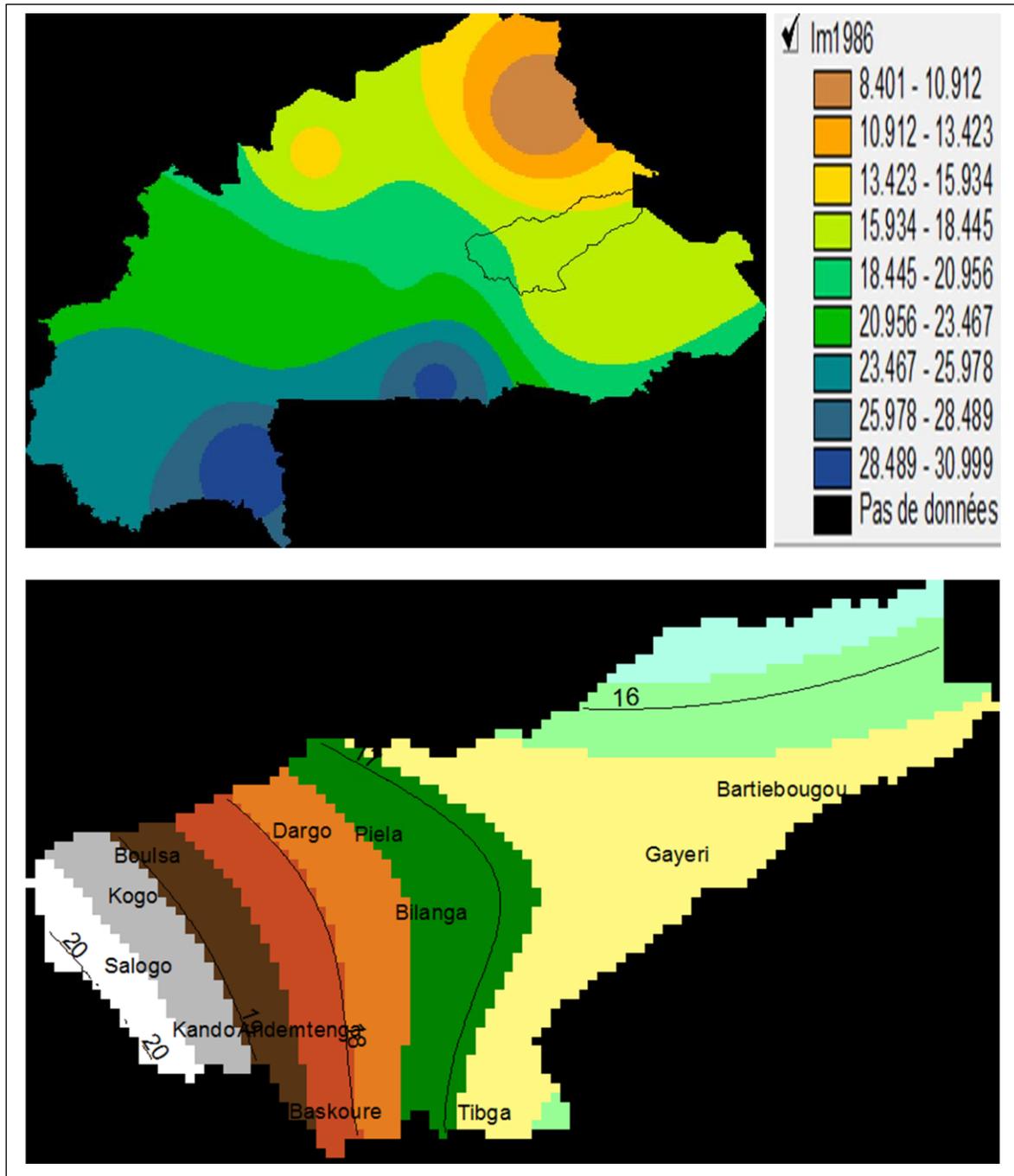
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1984

Source: DANGO



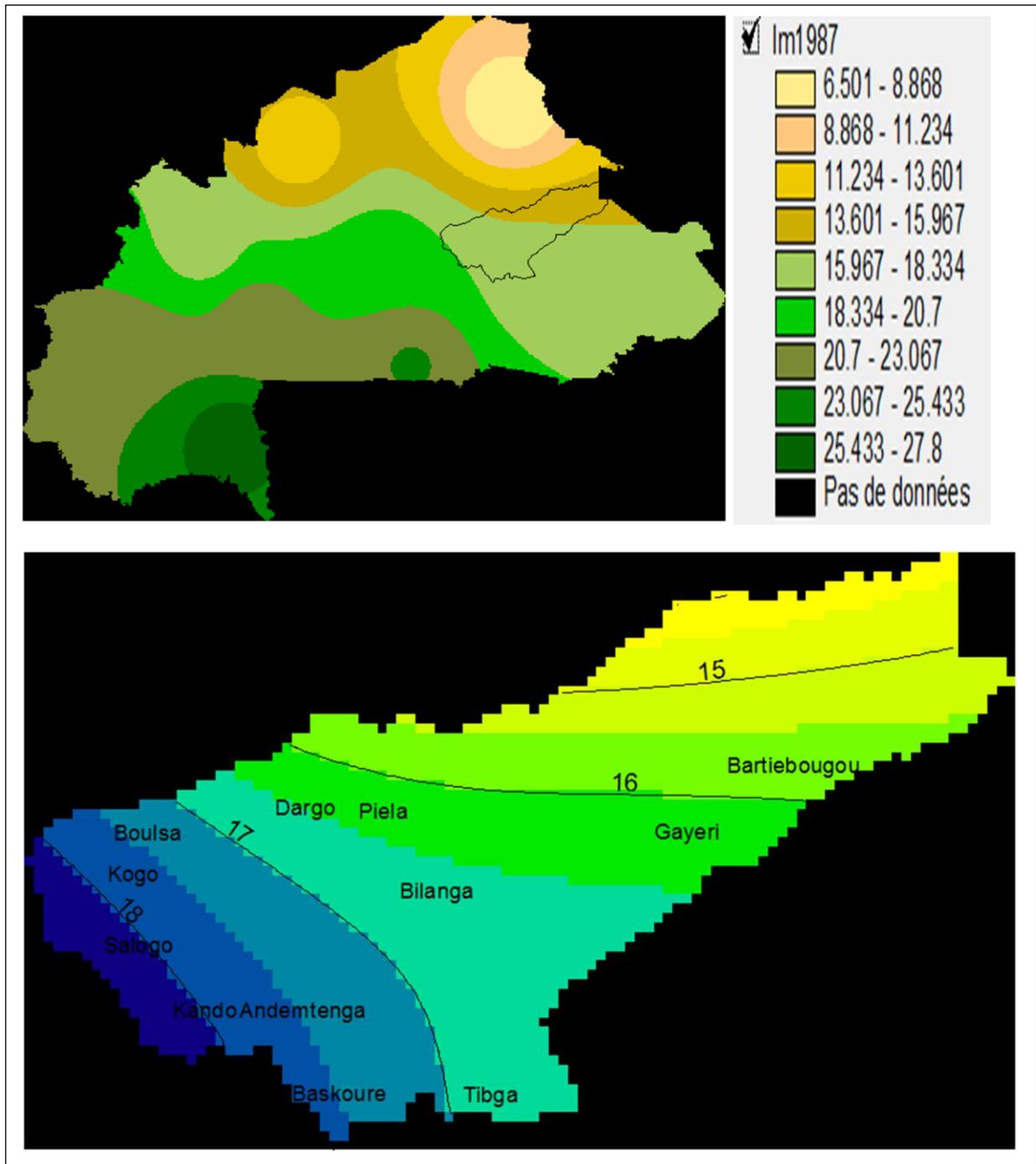
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1985

Source: DANGO



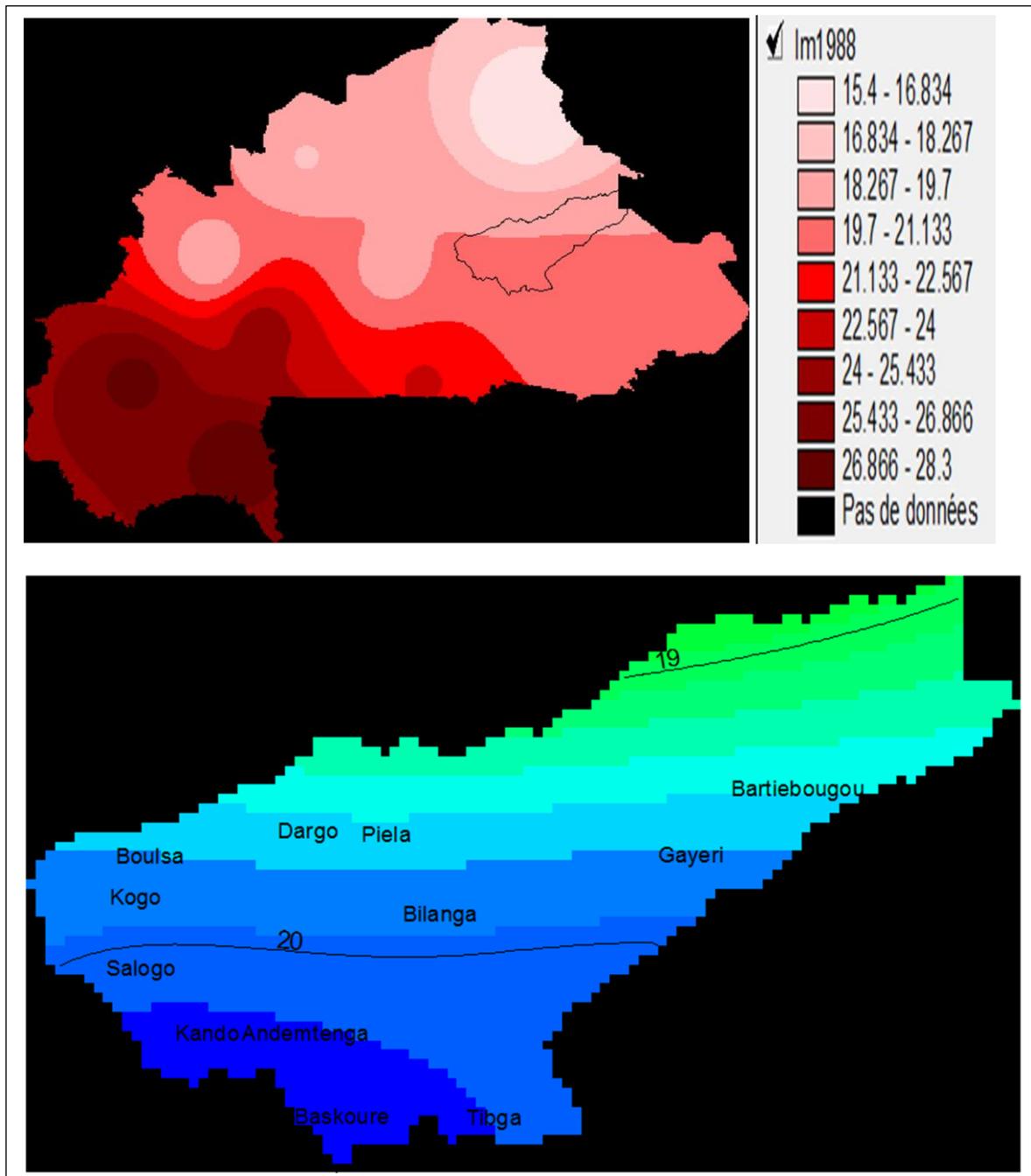
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1986

Source: DANGO Lamine



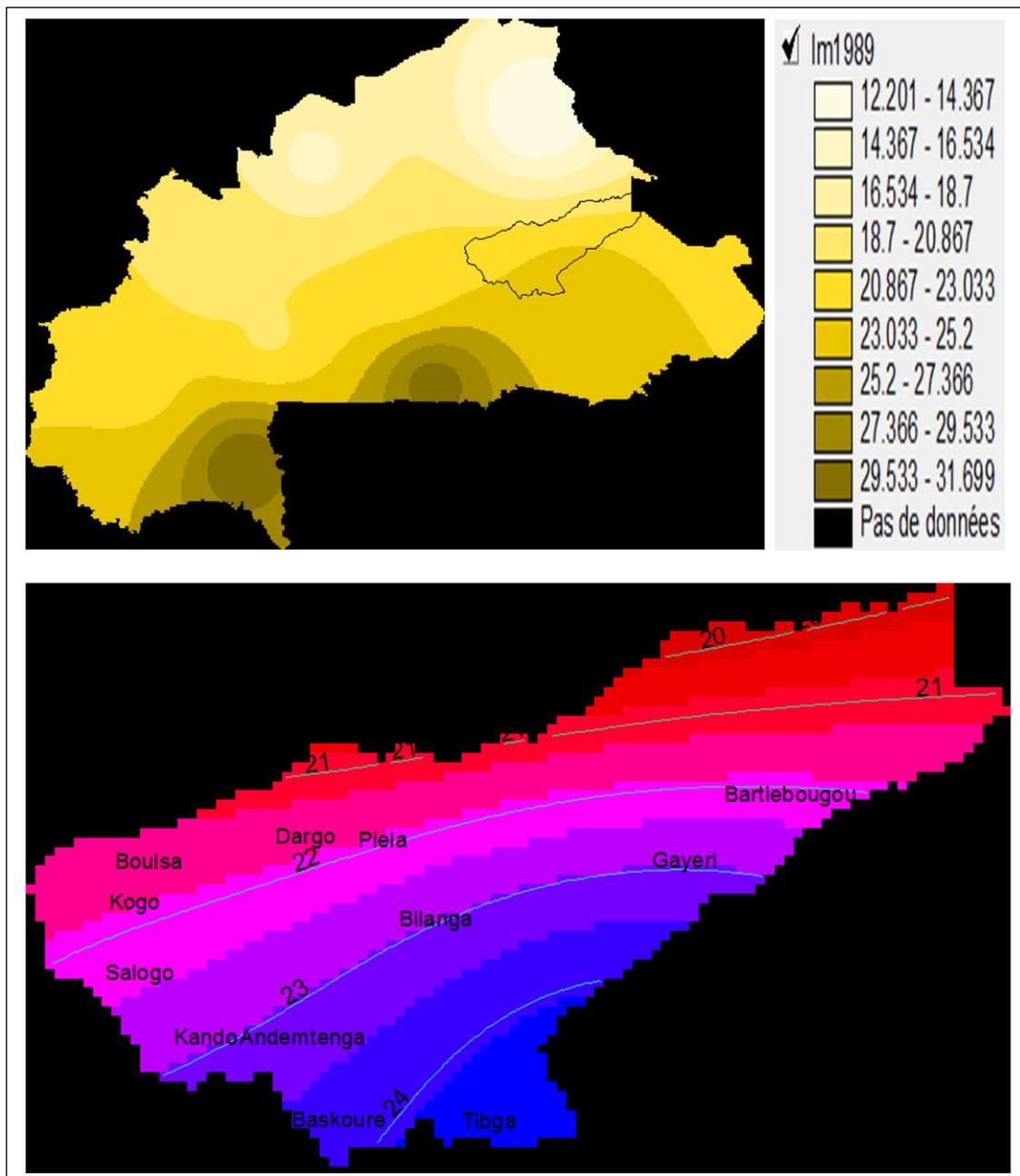
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1987

Source: DANGO



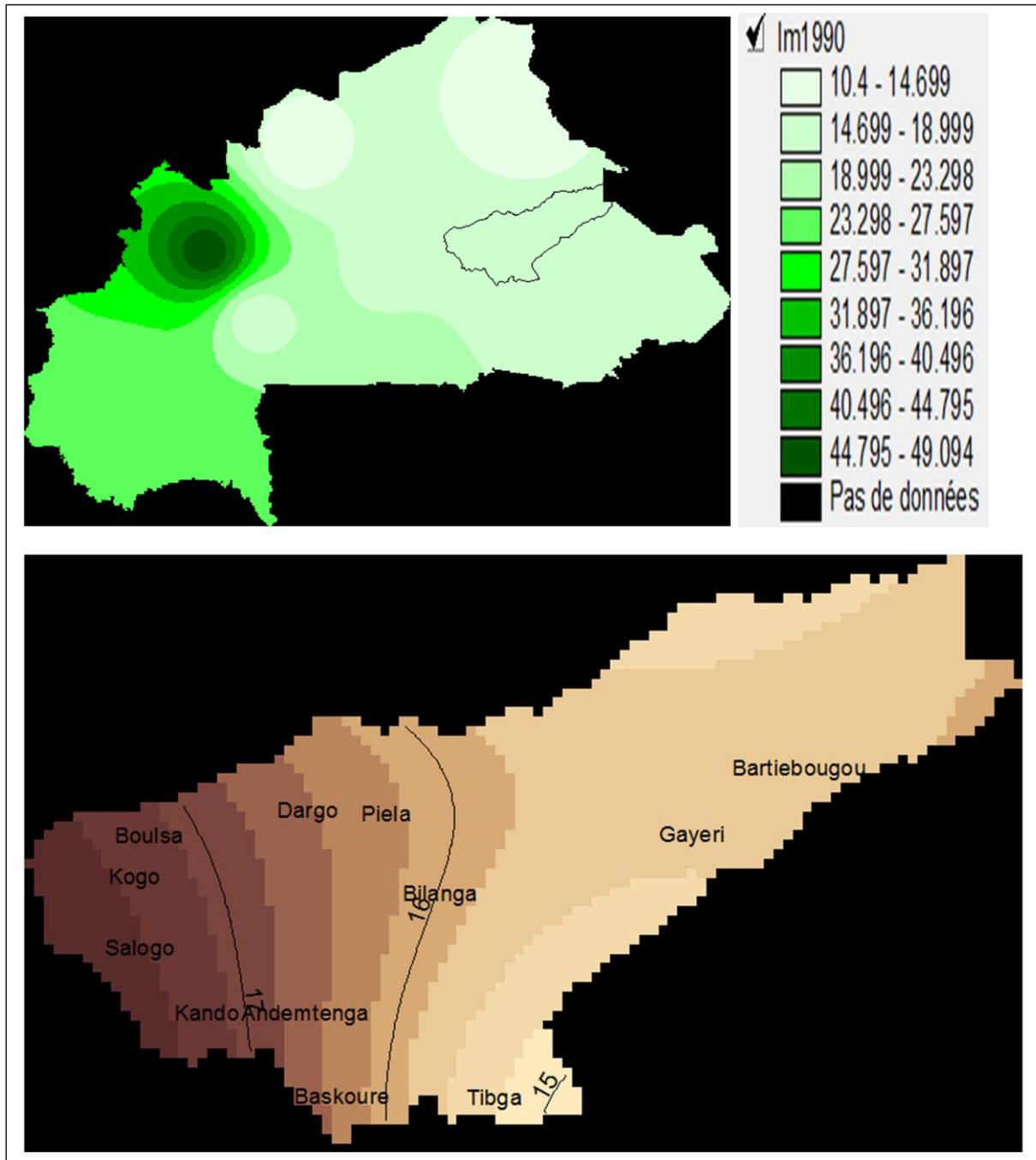
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1988

Source: DANGO



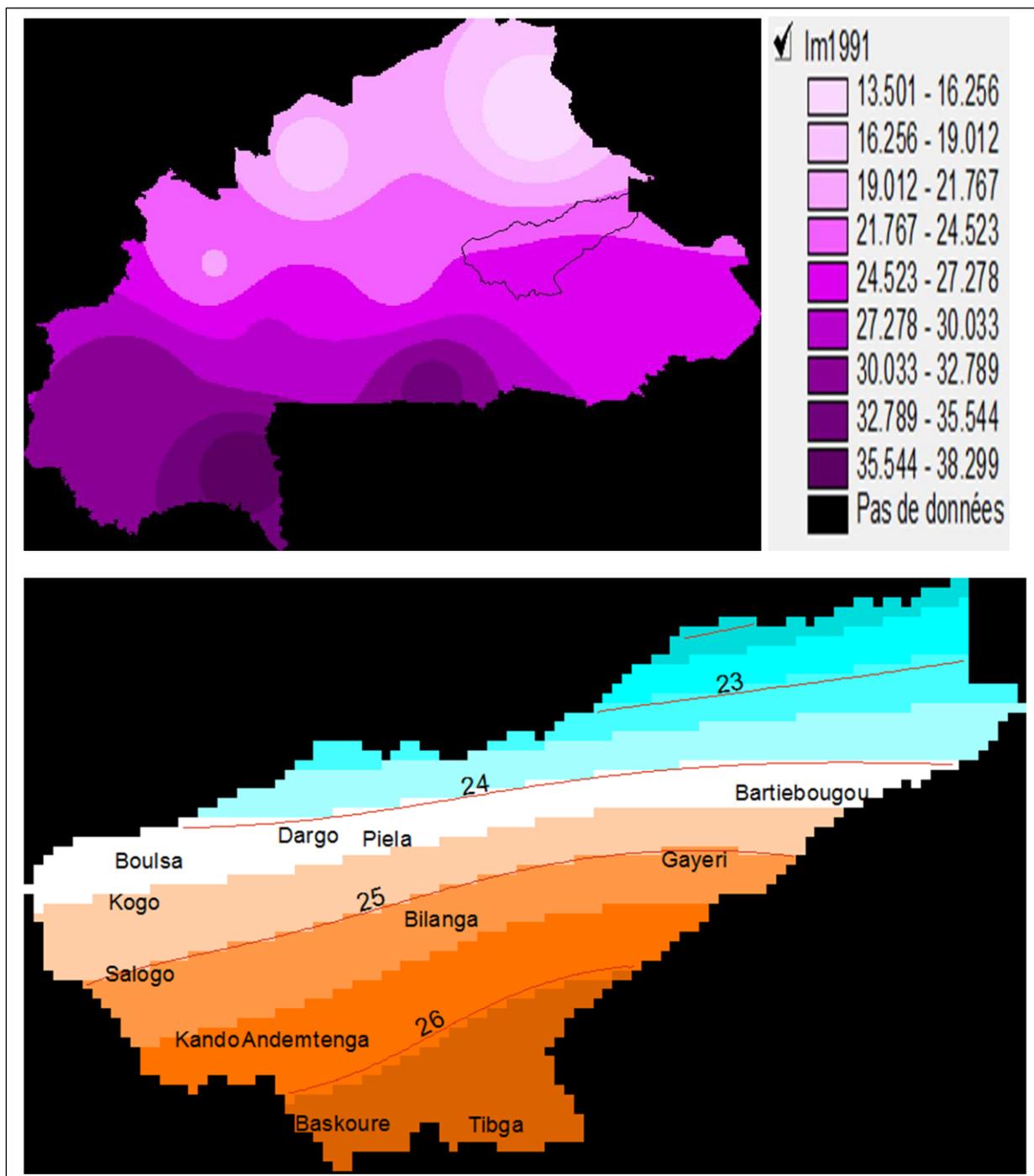
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1989

Source: DANGO



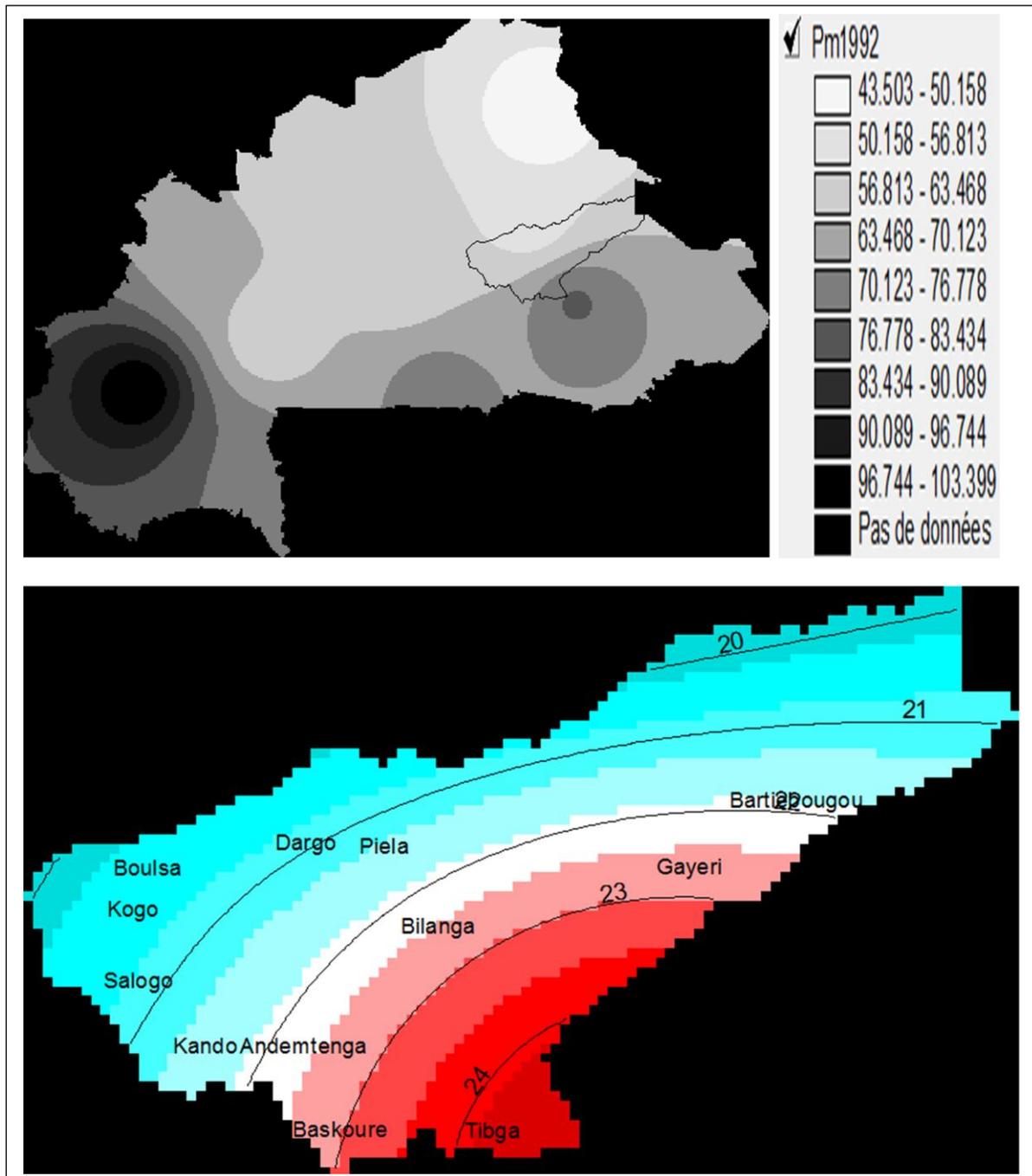
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1990

Source: DANGO



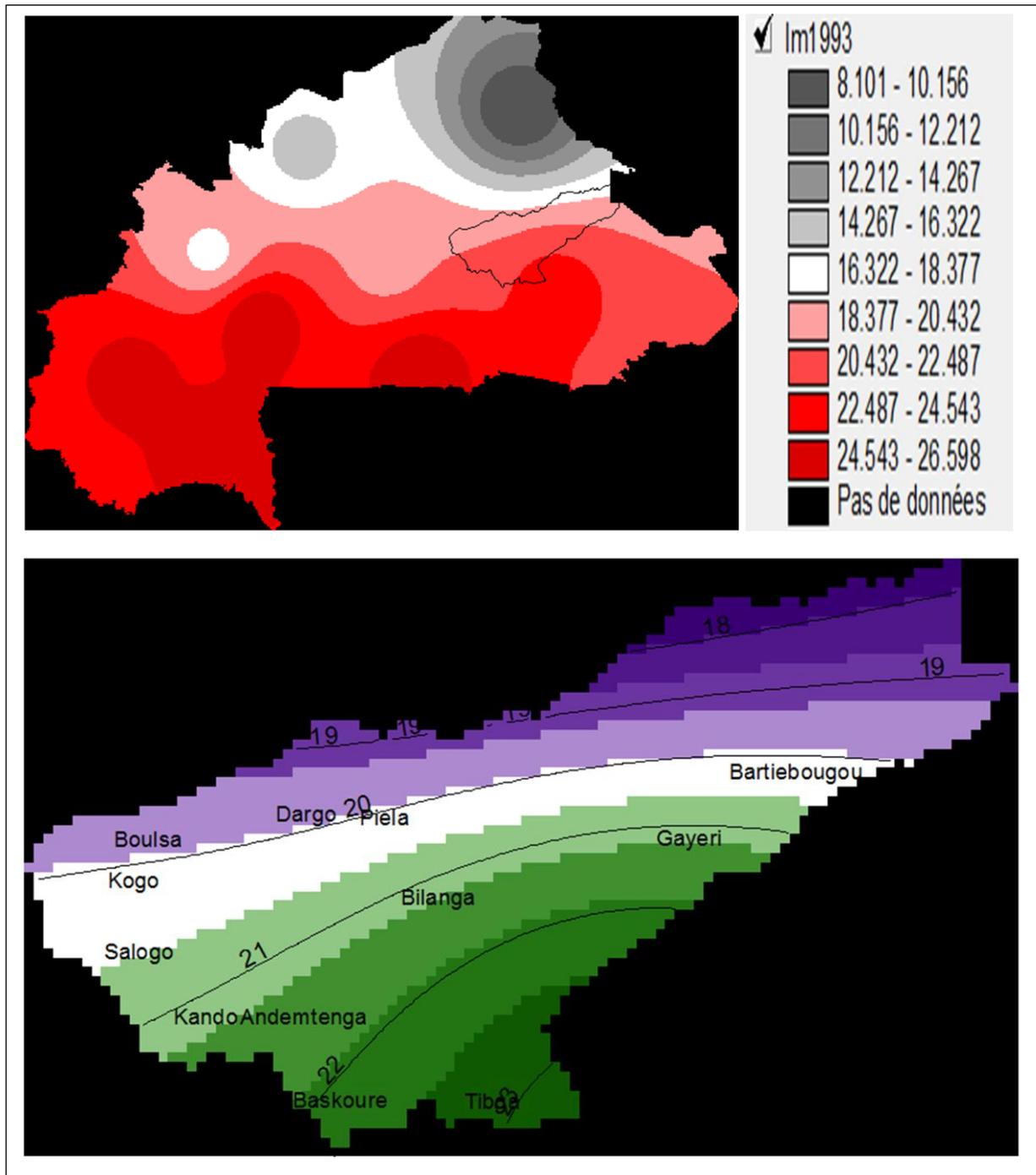
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1991

Source: DANGO



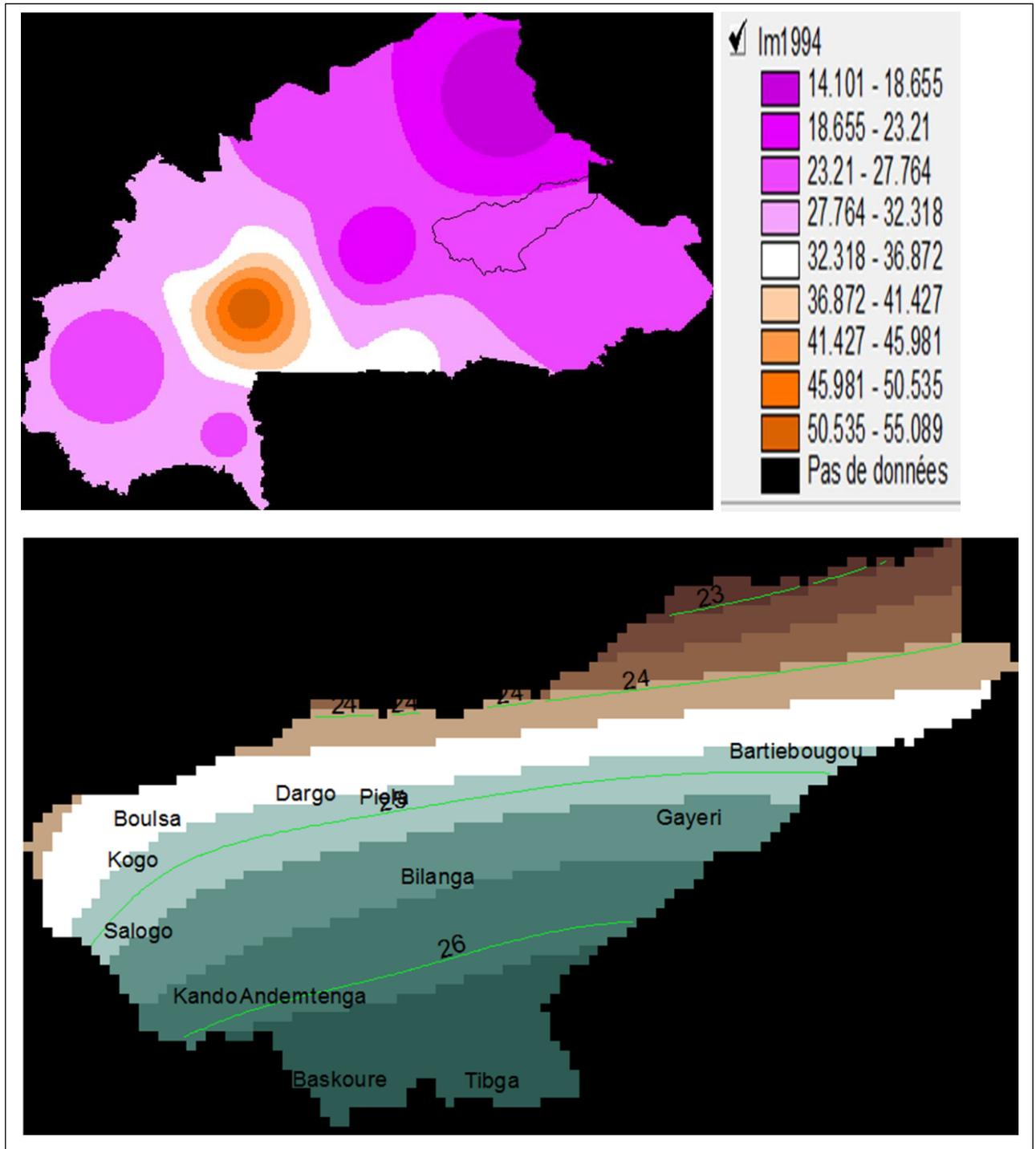
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1992

Source: DANGO



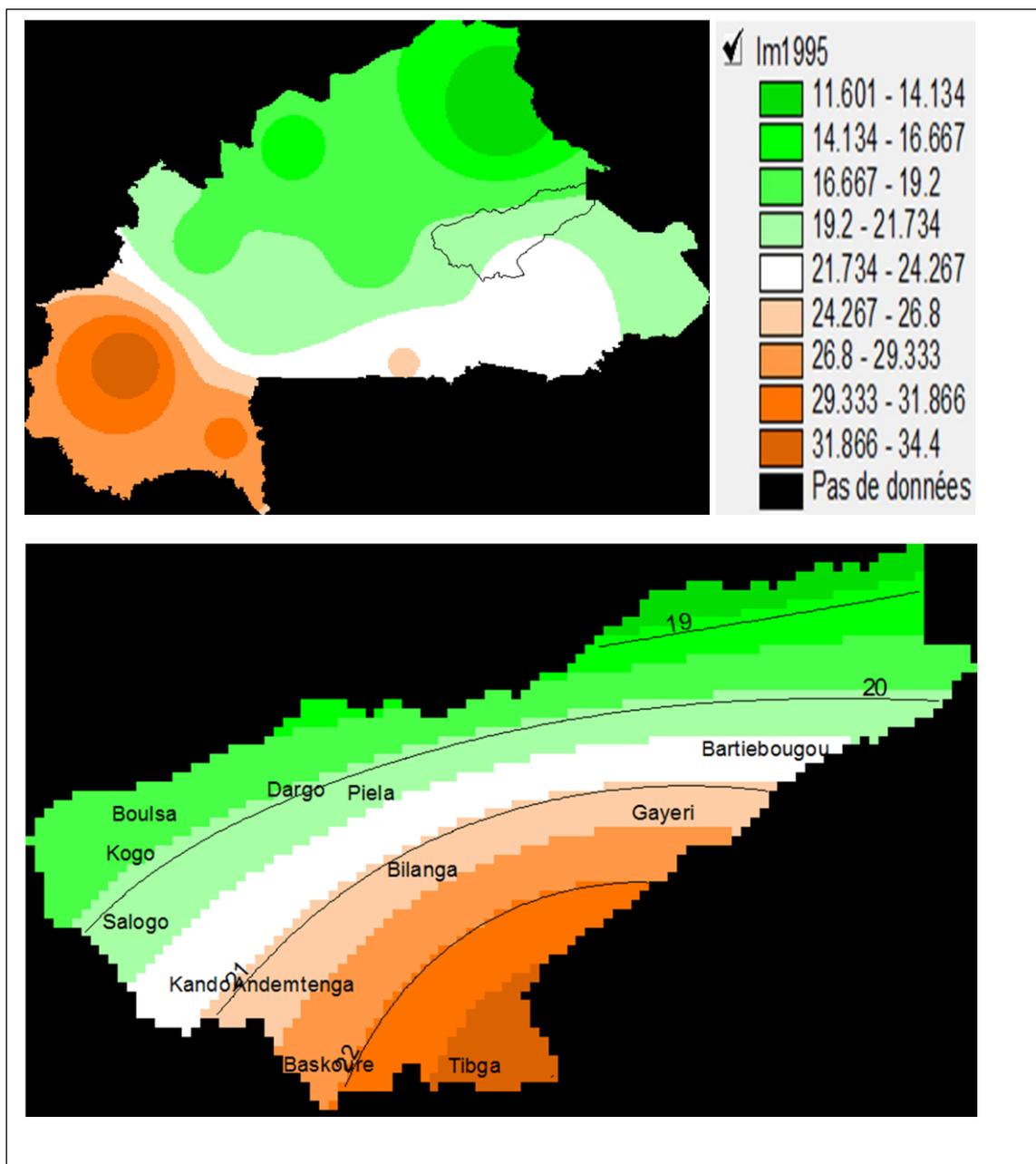
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1993

Source: DANGO



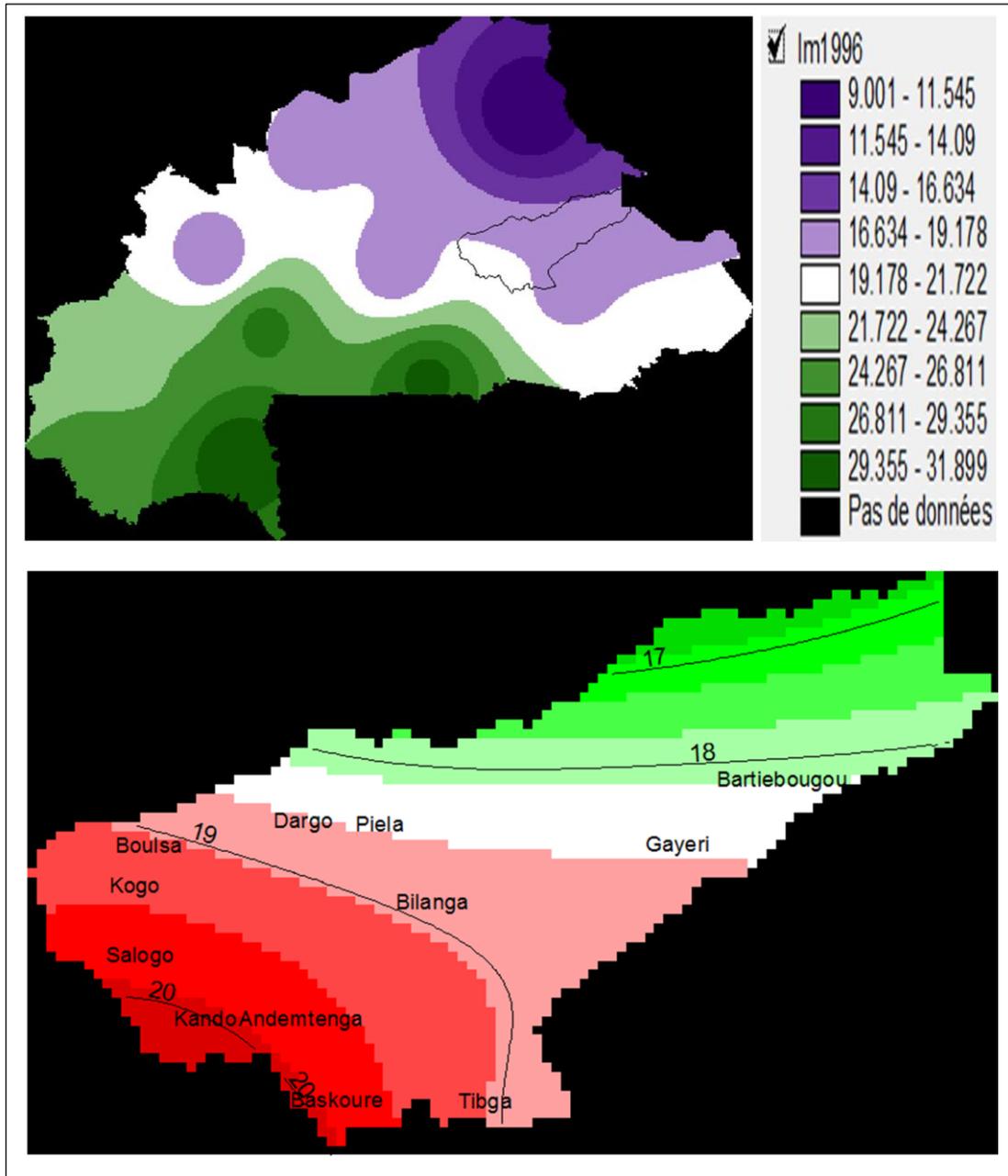
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1994

Source: DANGO



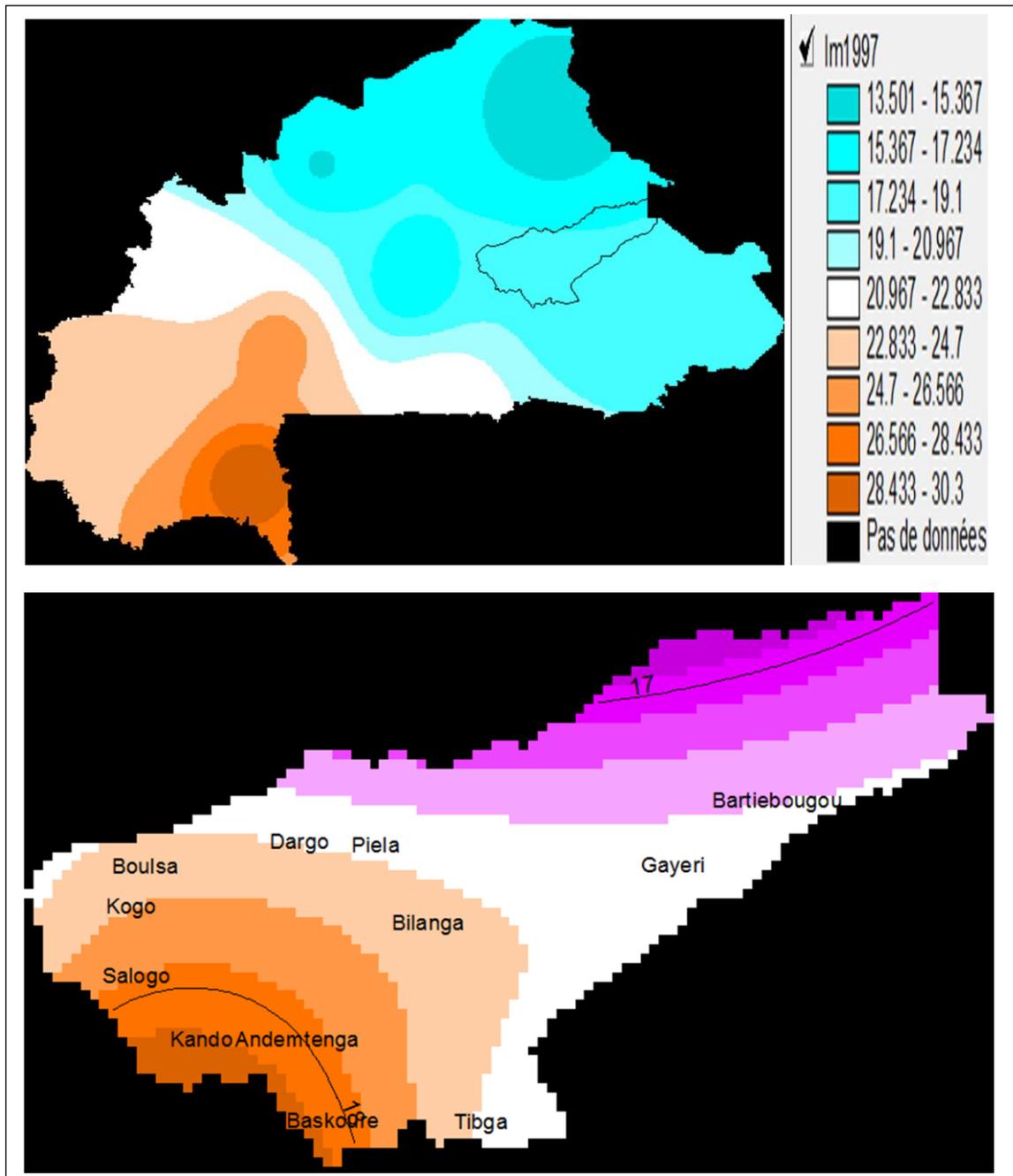
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1995

Source: DANGO



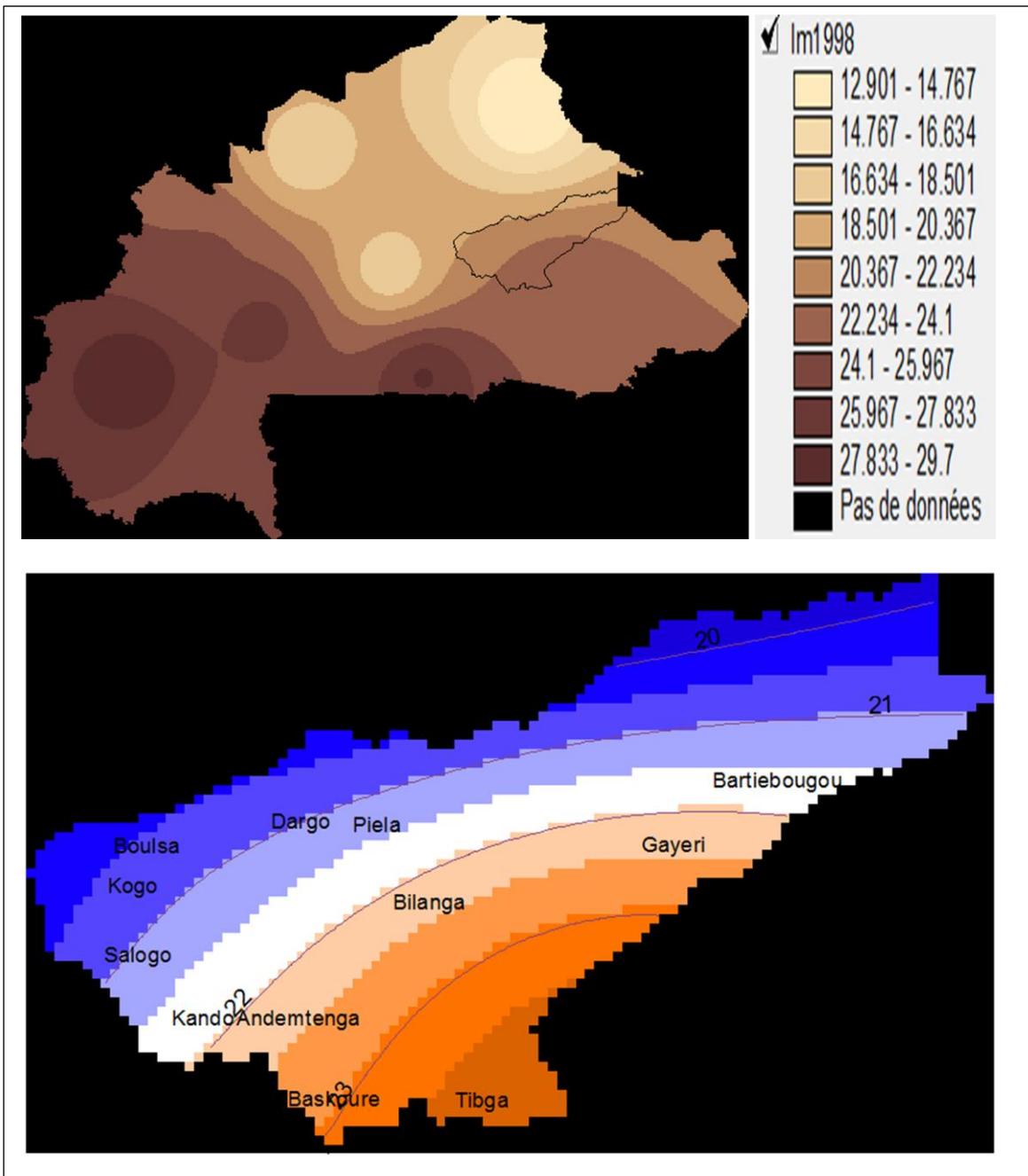
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1996

Source: DANGO



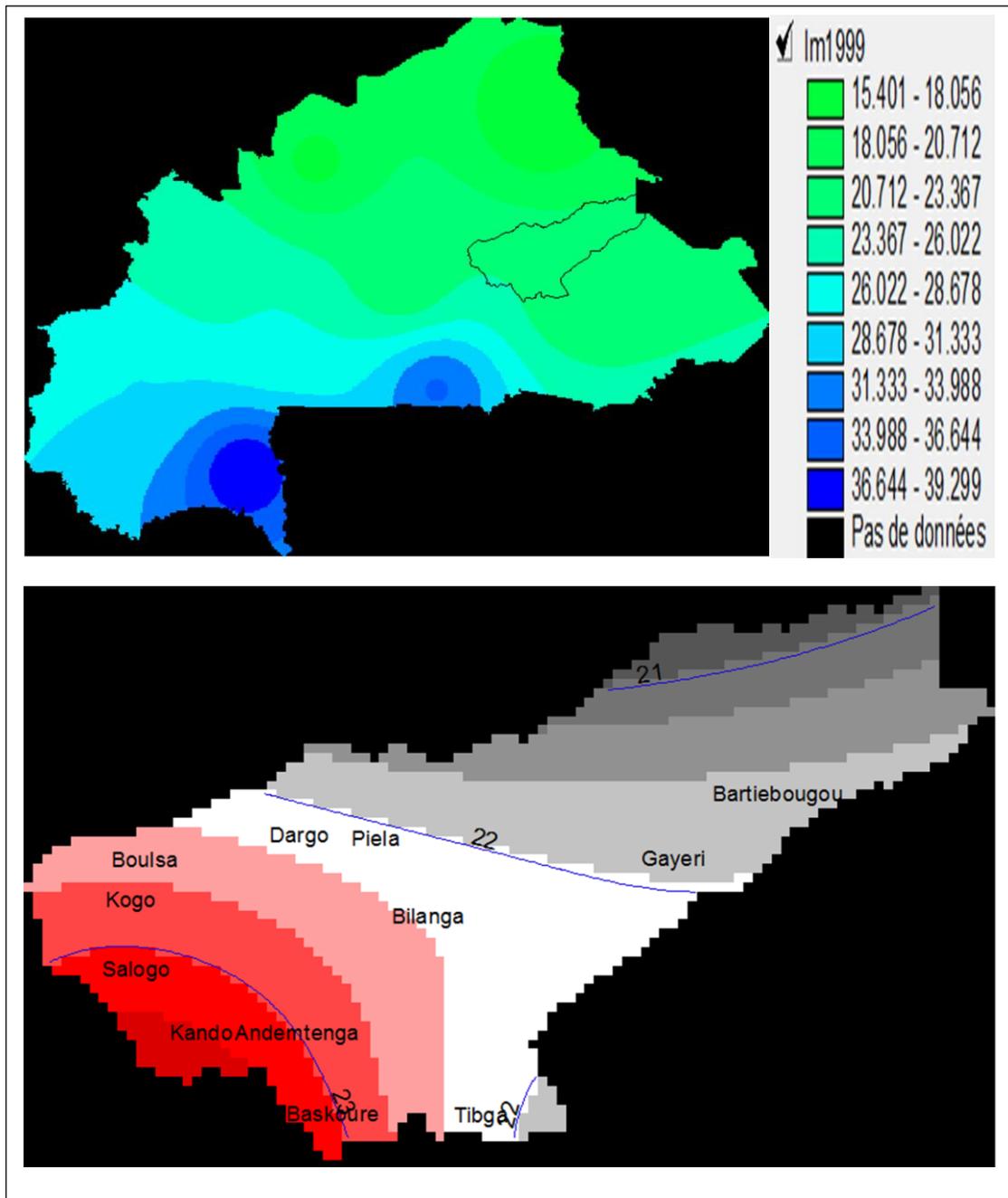
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1997

Source: DANGO



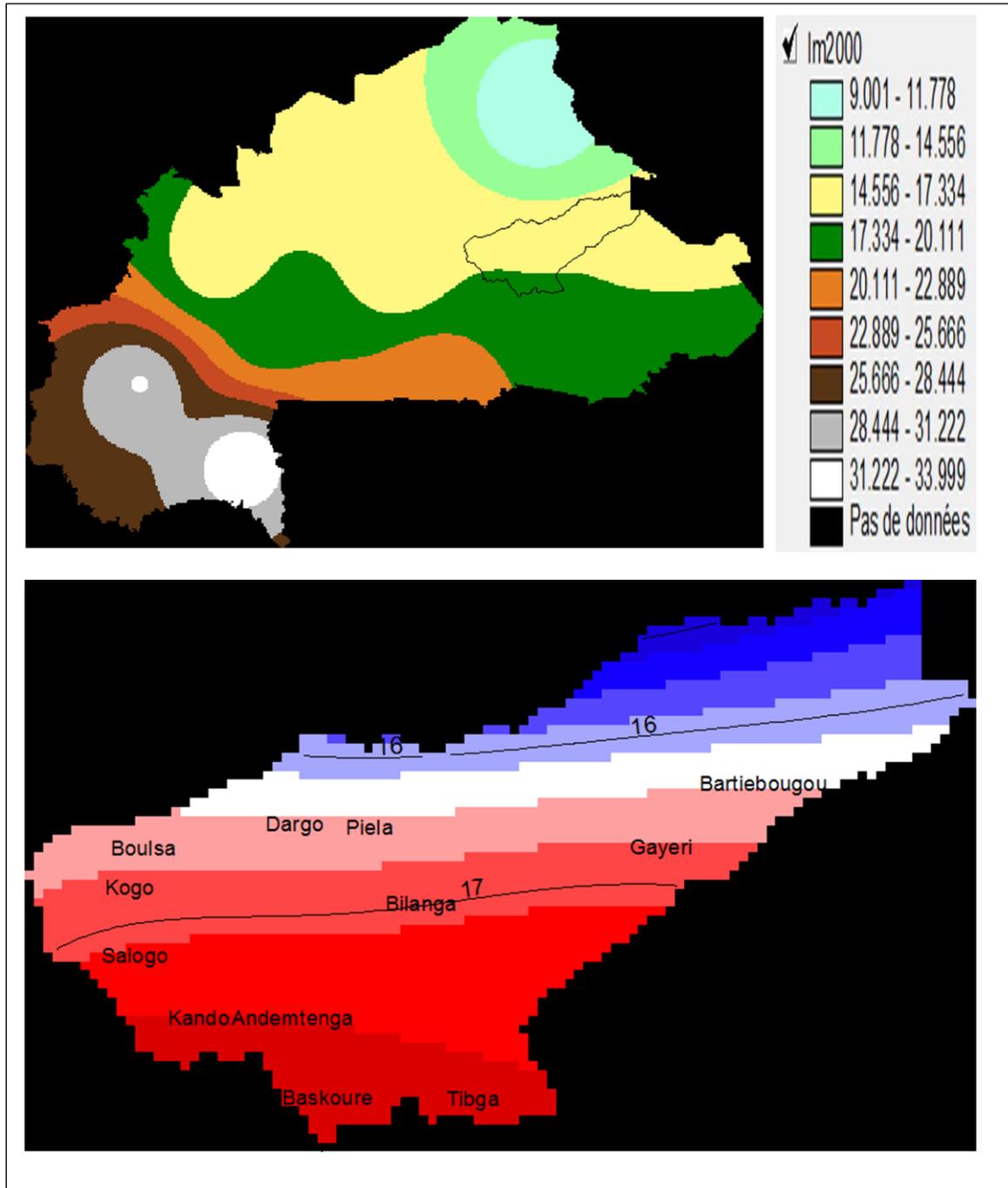
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1998

Source: DANGO



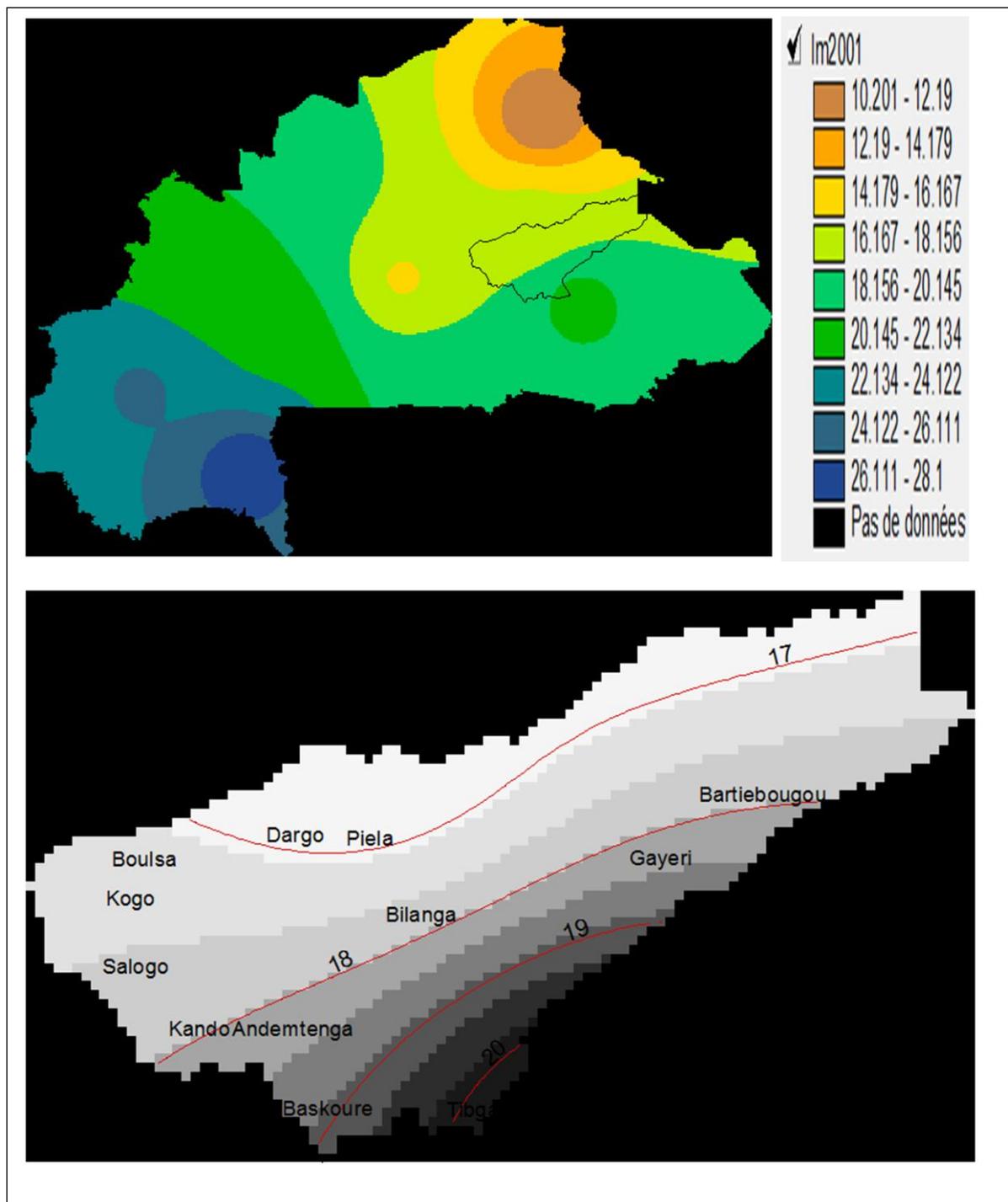
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 1999

Source: DANGO



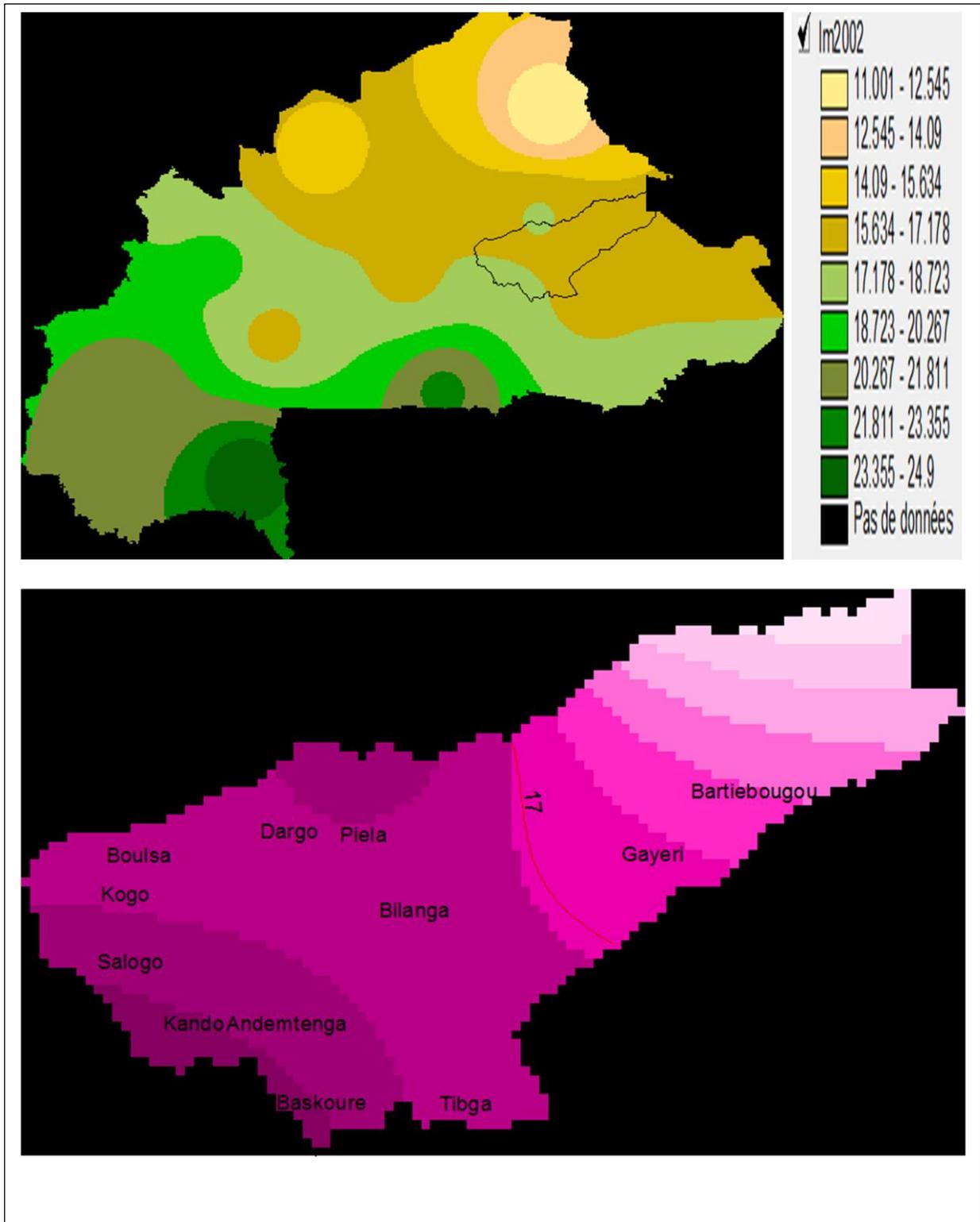
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2000

Source: DANGO



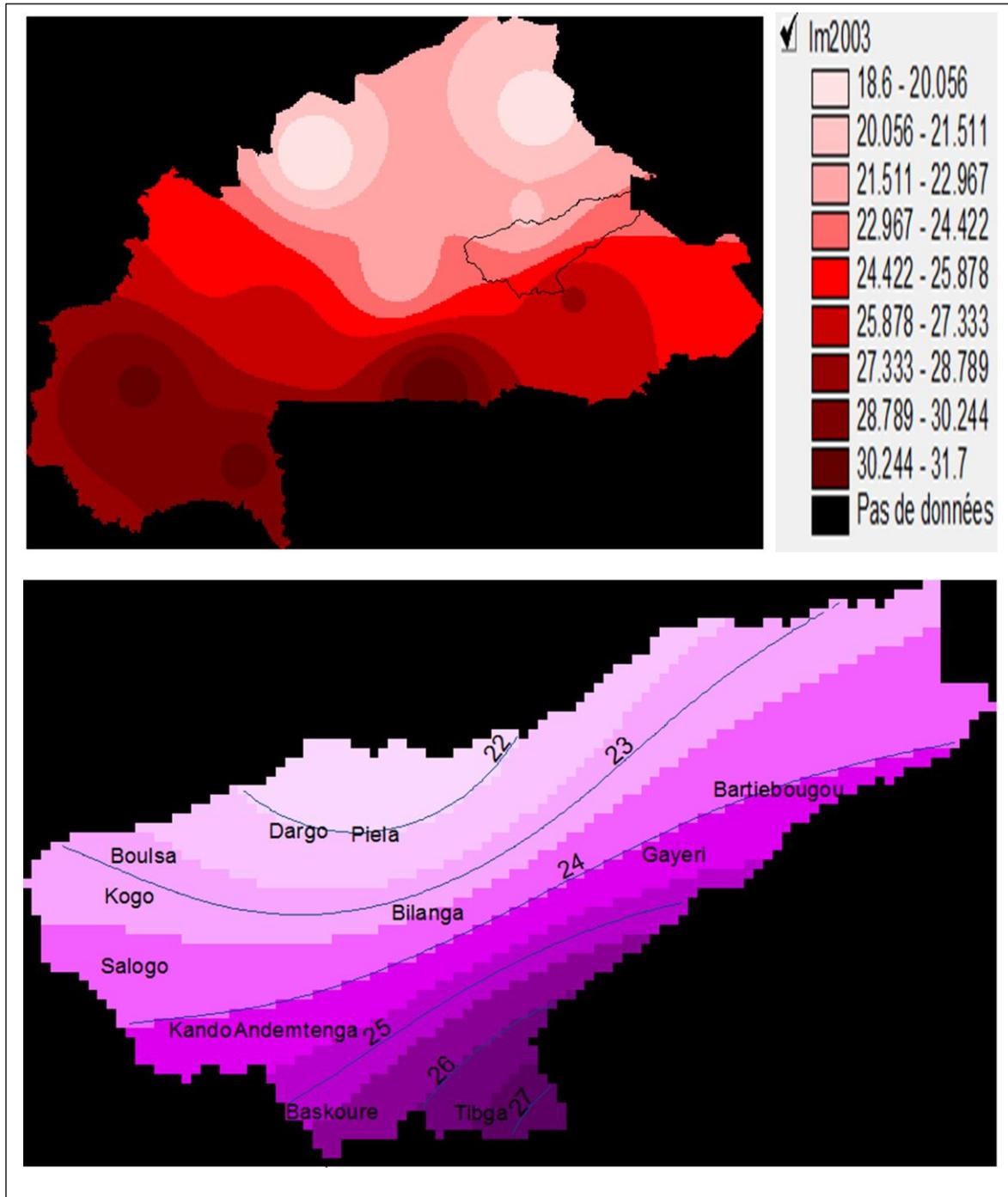
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2001

Source: DANGO



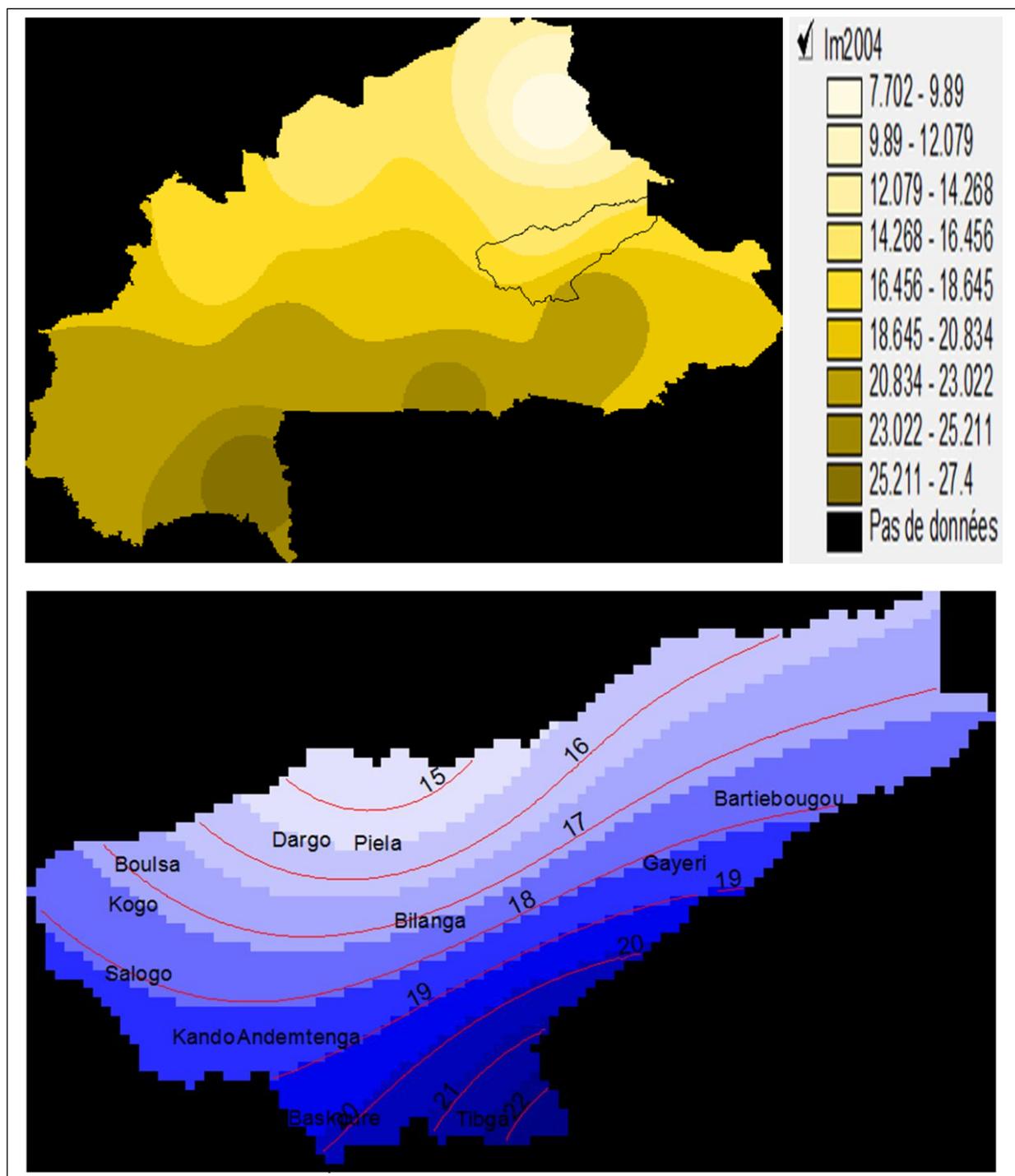
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2002

Source: DANGO



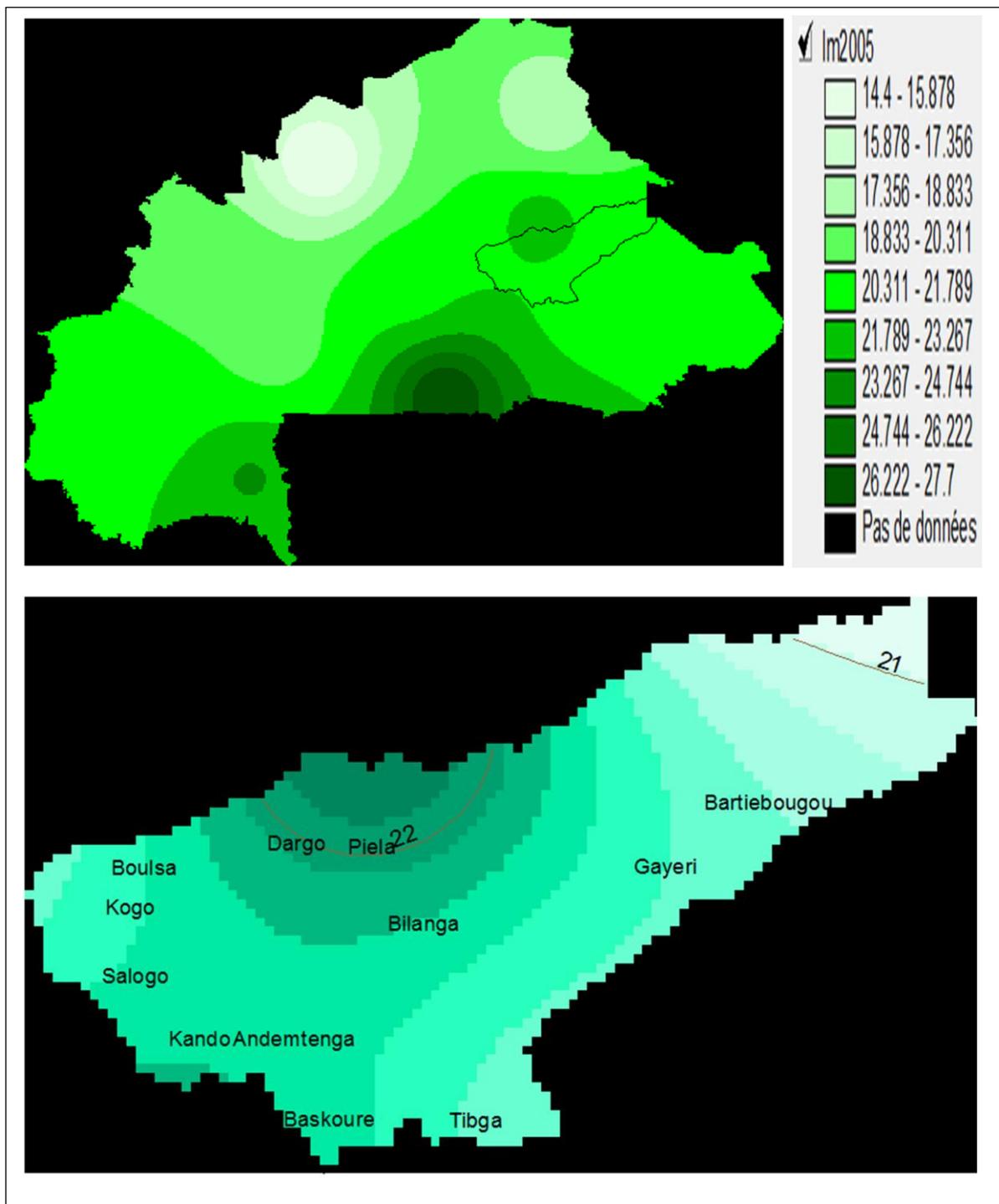
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2003

Source: DANGO



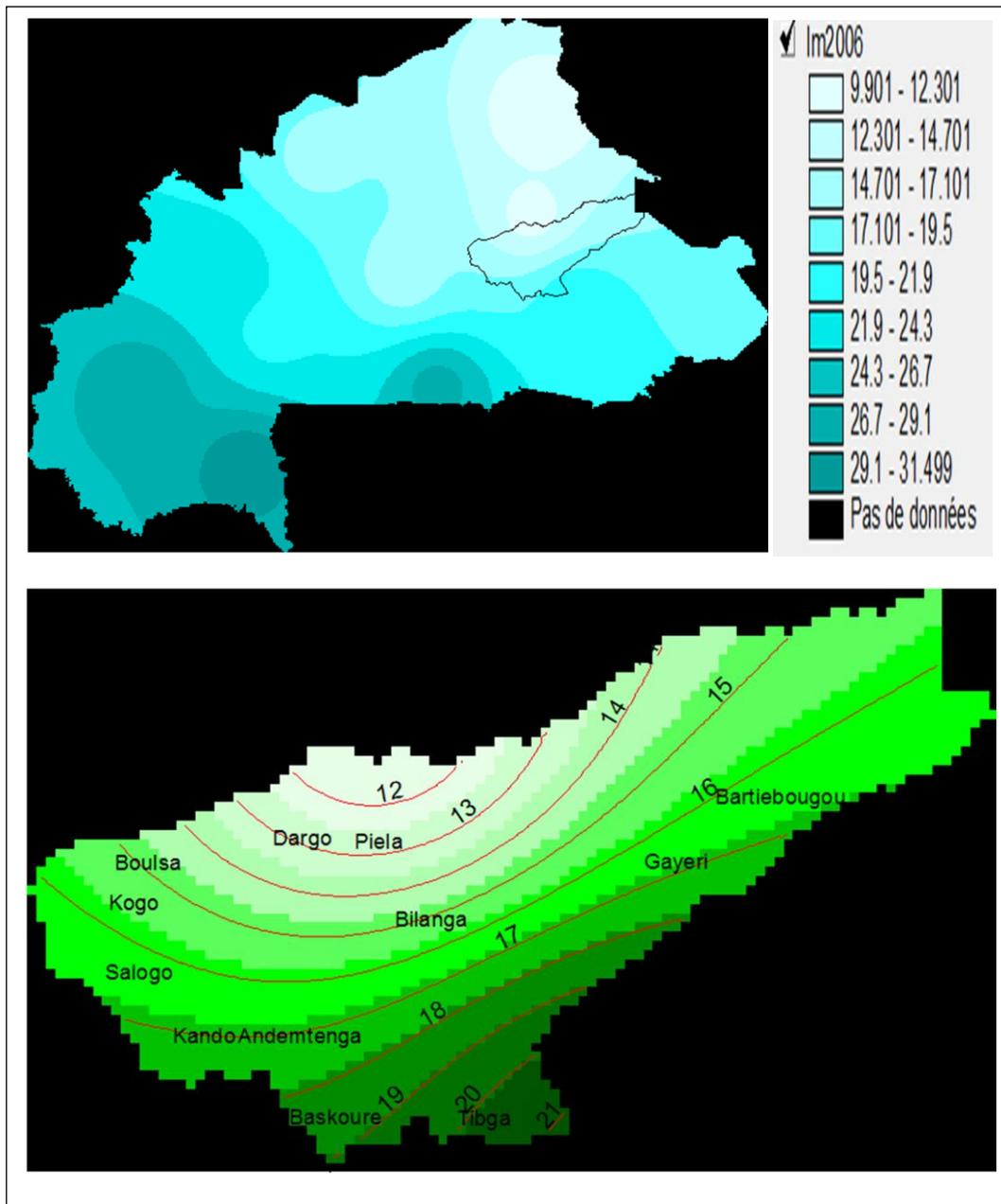
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2004

Source: DANGO



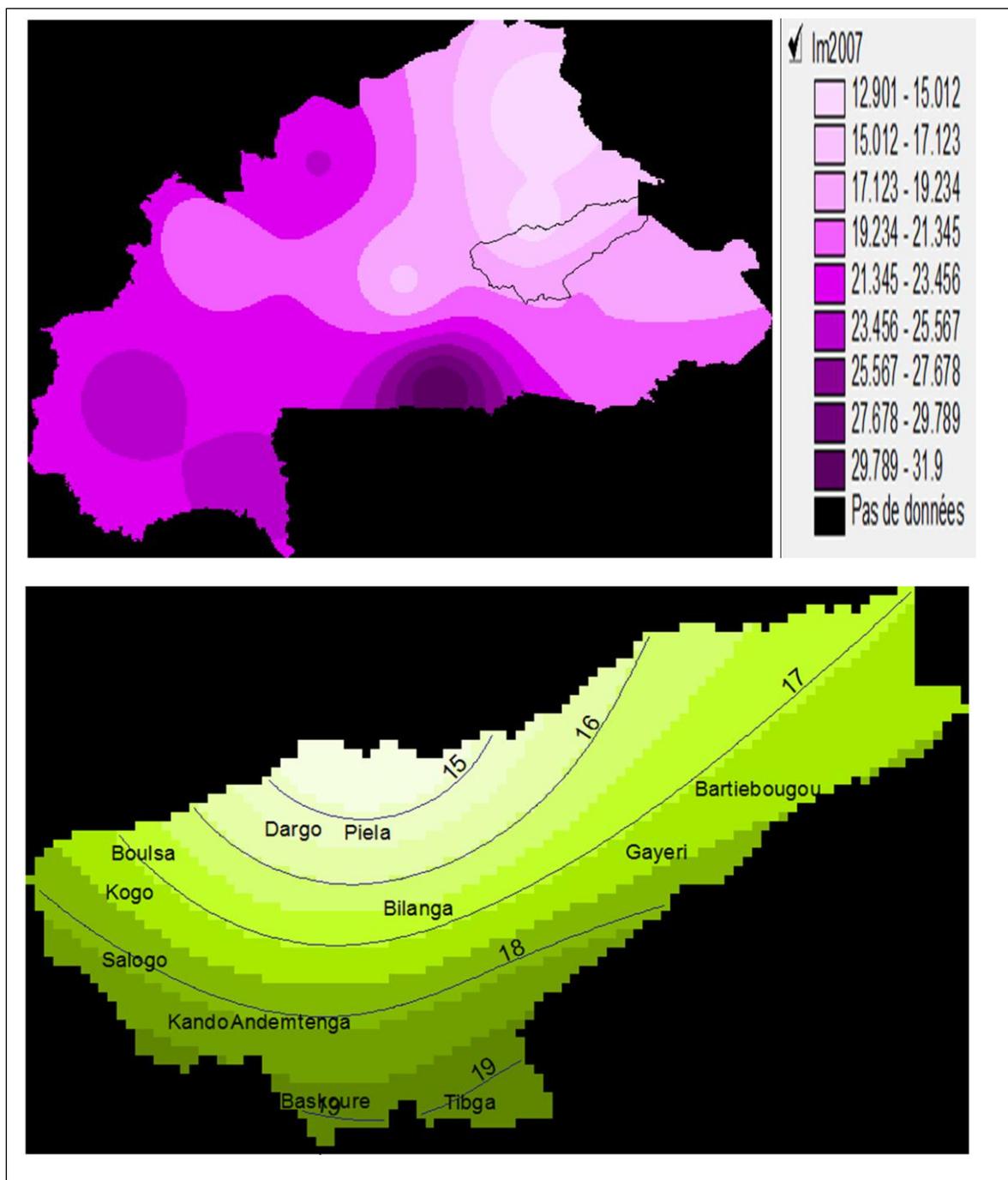
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2005

Source: DANGO



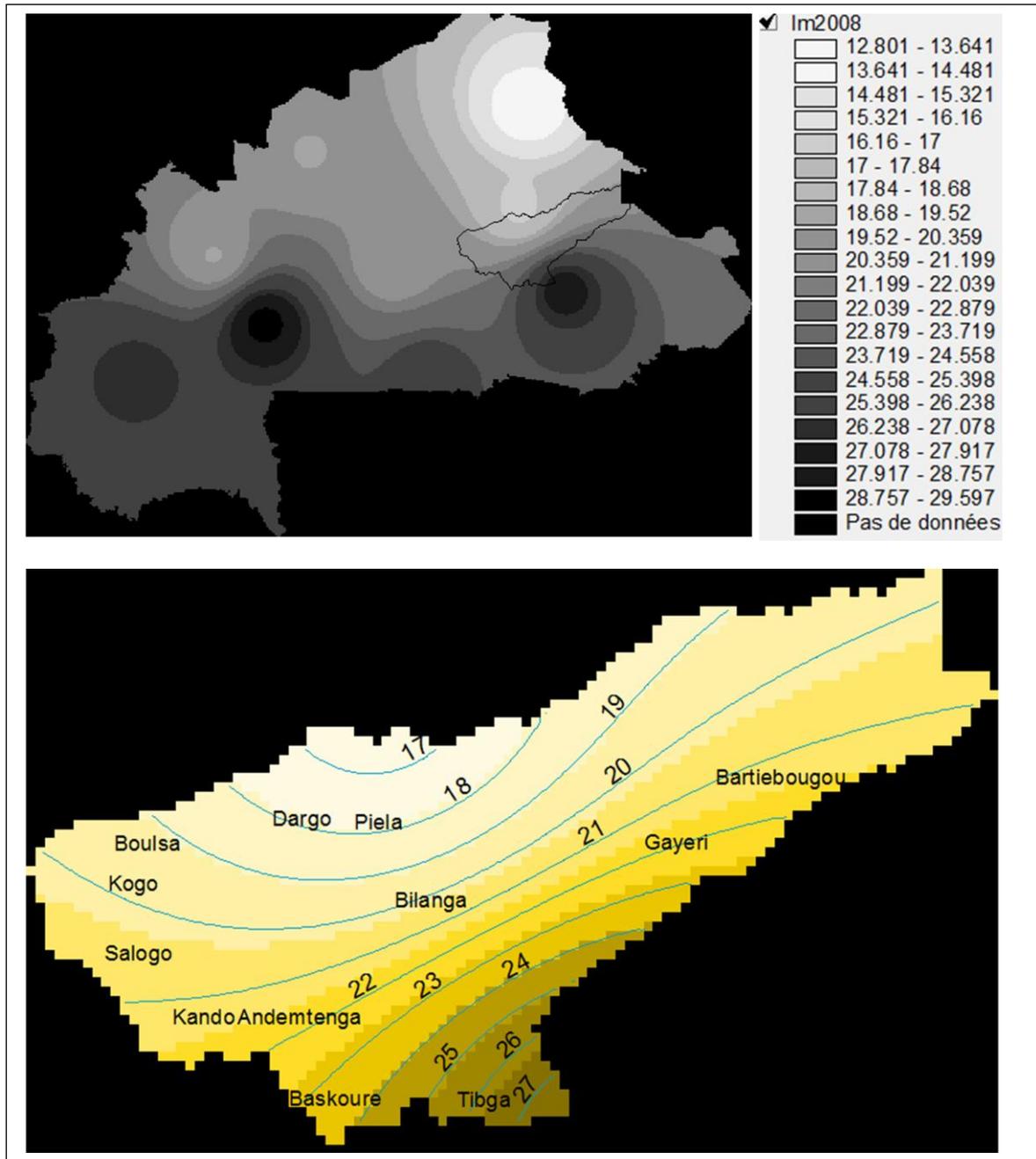
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2006

Source: DANGO



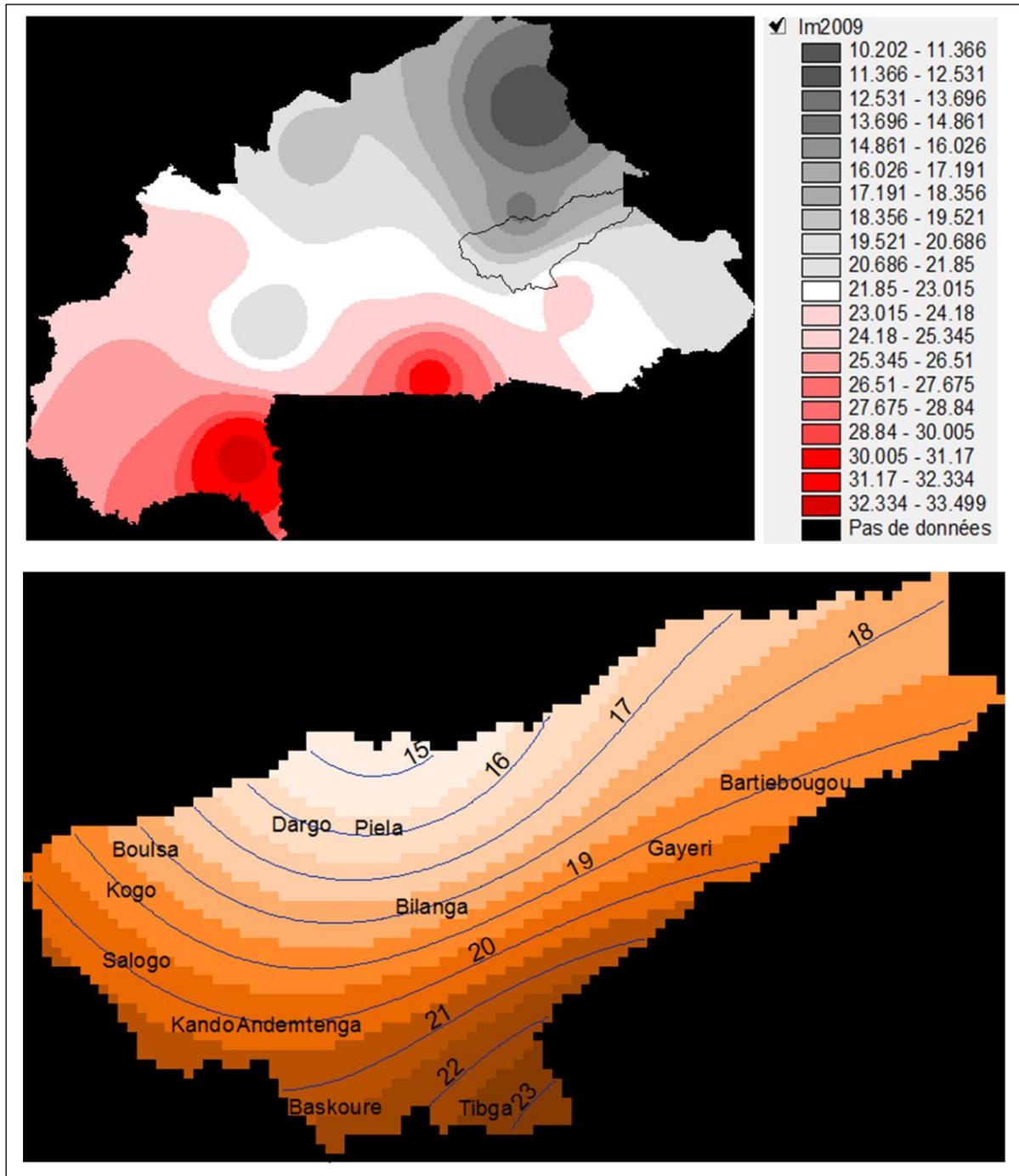
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2007

Source: DANGO



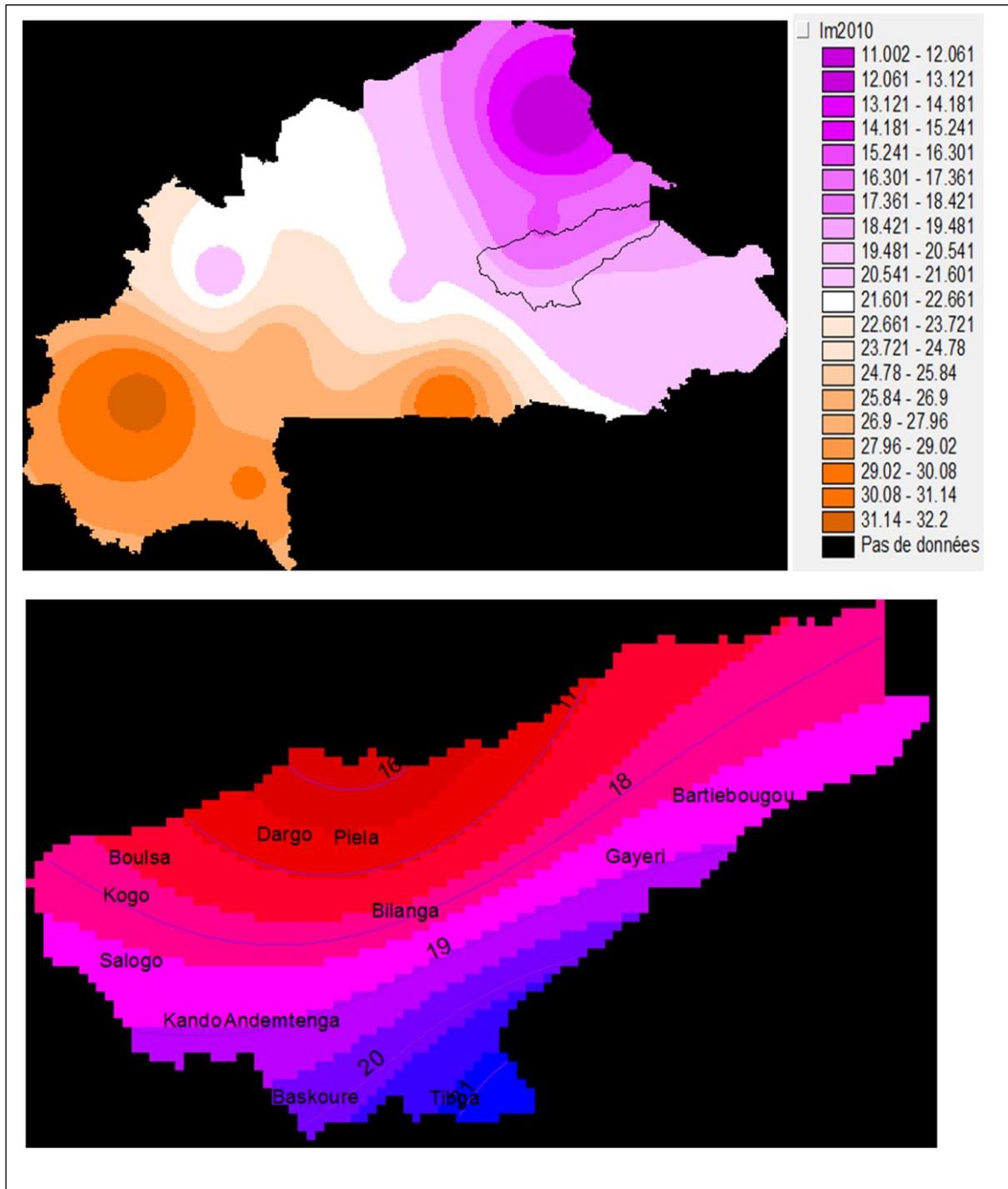
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2008

Source: DANGO



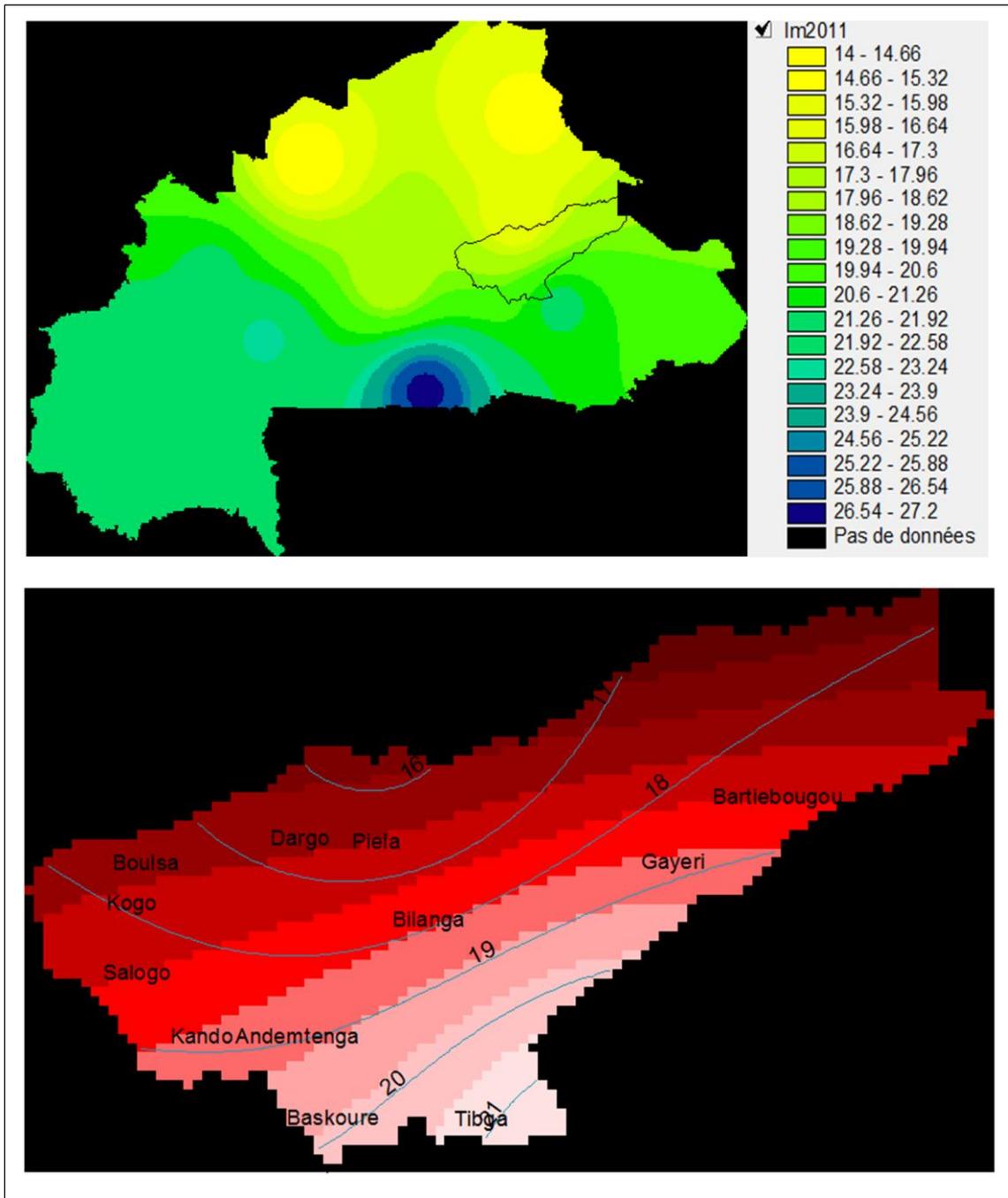
Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2009

Source: DANGO



Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2010

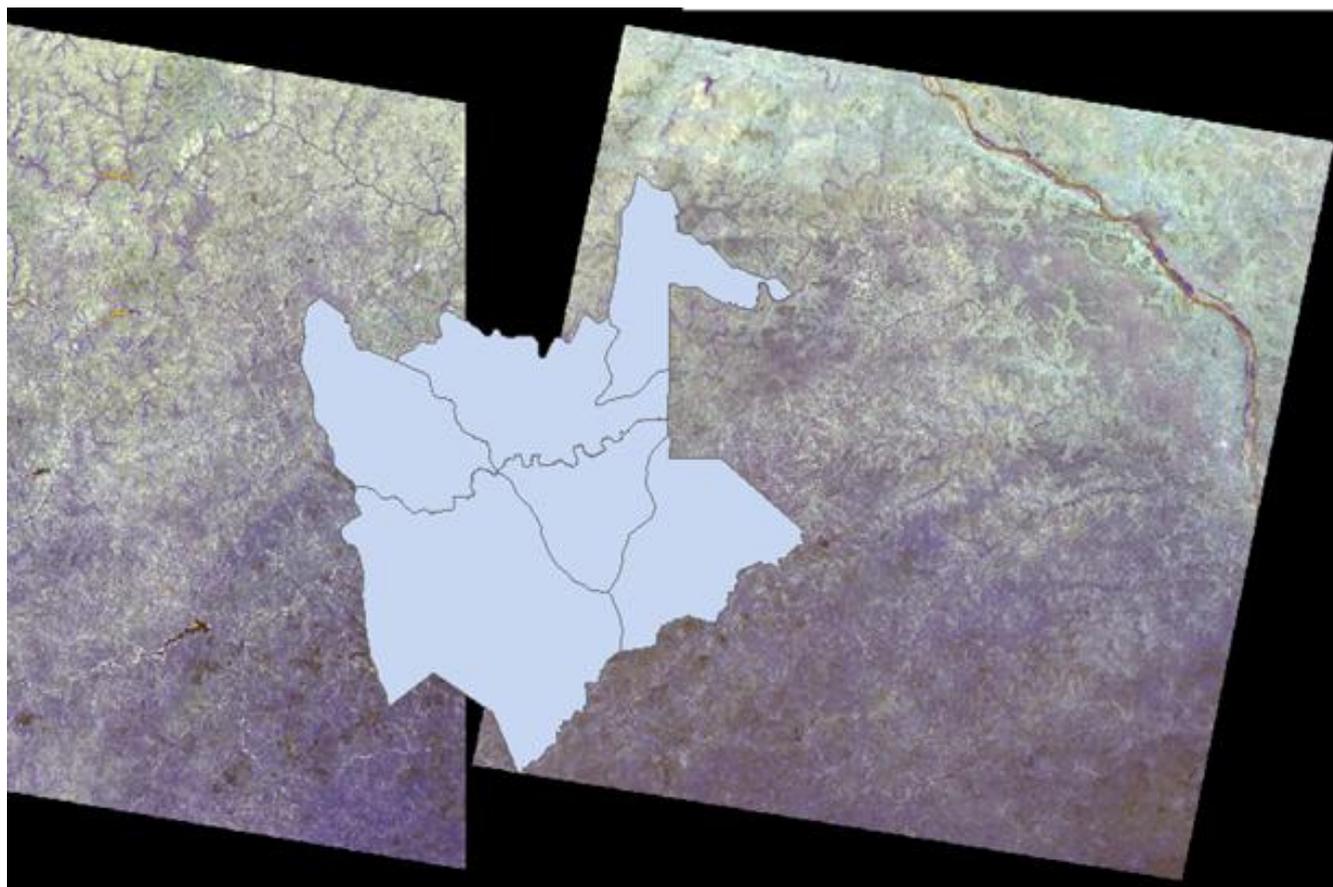
Source: DANGO



Carte de répartition spatiale de l'Indice d'aridité au Burkina Faso et sur la Sirba en 2011

Source: DANGO

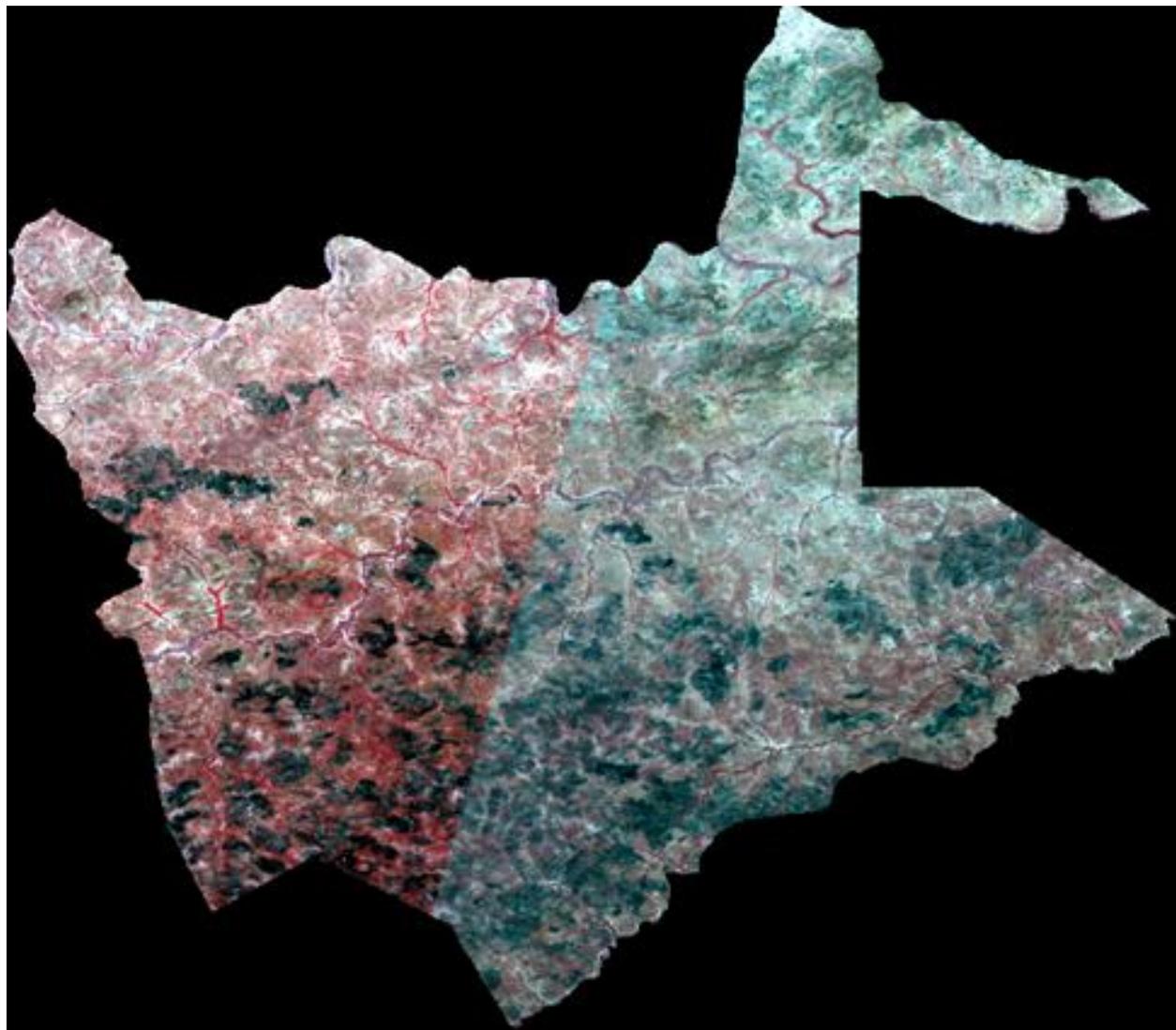
## Annexe 6: La présentation des deux scènes d'images couvrant la zone d'étude



**Figure 12: Scènes d'images couvrant la zone d'étude**

Source: DANGO

## Annexe 7: L'aperçue de la zone d'étude après mosaïquage



**Figure 13: Aperçue de la zone d'étude après mosaïquage**

Source: DANGO

## Annexe 8: Les statistiques agricoles des régions couvrant la zone d'étude et des producteurs

### 1. Producteurs

Pour chaque bilan annuel, les totaux sont calculés en jaune pour l'ensemble des deux régions

Synthèse 2008-2009

**Tableau 7: Statistiques des agriculteurs des deux régions couvrant la zone d'étude année, 2008-2009.**

DRAHRH	Nombre de producteurs individuels	Colonne1	Colonne2	Nombre de groupements de producteurs	Colonne3	Colonne4	Colonne5
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Mixte	Total
Centre Est	4712	1859	6571		26	23	2
Est	4504	1874	6378		83	157	31
	Femmes	Hommes	Moyenne du % (Z'étuded/région)		Total pour Zone d'étude		
Centre Est	1882	4738	1		1	3929	9341
Est	2031	4587	15		1	Femmes	Hommes

(Source: Direction Générale des Productions Végétales)

Synthèse 2009-2010

**Tableau 8: Statistiques des agriculteurs des deux régions couvrant la zone d'étude, année 2009-2010**

DRAHRH	Nombre de producteurs individuels	Colonne1	Colonne2	Nombre de groupements de producteurs	Colonne3	Colonne4
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Mixte
Centre Est	4195	3818	8013		85	125
Est	4504	1874	6378		83	157
	Femmes	Hommes	Moyenne du % (Z'étuded/région)		Total pour Zone d'étude	
Centre Est	3943	4280	25		1	6014
Est	2031	4587	15		1	Femmes

(Source: Direction Générale des Productions Végétales)

Synthèse 2010-2011

**Tableau 9: Statistiques des agriculteurs des deux régions couvrant la zone d'étude, année 2010-2011**

DRAHRH	Nombre de producteurs individuels	Colonne1	Colonne2	Nombre de groupements de producteurs	Colonne3	Colonne4	Colonne5
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Mixte	Total
Centre Est	4764	2975	7739		0	0	37
Est	4803	3076	7879		71	109	37
	Femmes	Hommes	Moyenne du % (Z'étuded/région)		Total pour Zone d'étude		
Centre Est	2975	4764	25		1	6200	9678
Est	3185	4874	15		1	Femmes	Hommes

(Source: Direction Générale des Productions Végétales)

## 2. Productions

- REGION DE L'EST:

### *Céréales, tubercules, fruits et légumineuses*

DPAHRH	ZAT	Sites	Production obtenue (T)												
			Céréales			Tubercules			Fruits				Légumineuse		
			Mais	Riz	Manioc	P.de terre	Patate	Banane	Papayes	Mangue	Agrumes	Melon	Pastèque	Niébé	
Kompienga	3	19	8	0	1230	3	200	0	0	168,8	0	1600	3120	32	
Gourma	6	72	39,2	0	0	45	224	67,5	100	0	0	0	100	1,98	
Tapoa	8	68	45	120	0	204	315	1410	80	0	80	0	0	0	
Komondjari	3	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1840	0,5	
Gnagna	7	66	354,3	292	1460	3	2998,5	24	0	0	0	0	7352	36,75	
<b>Total DRAHRH</b>	<b>27</b>	<b>245</b>	<b>448,5</b>	<b>412</b>	<b>2 690</b>	<b>255</b>	<b>3 737,5</b>	<b>1501,5</b>	<b>180</b>	<b>168,8</b>	<b>80</b>	<b>1 600</b>	<b>12 412</b>	<b>71,23</b>	

Total : 23556,03 Tonnes

(source: Direction Générale des Productions Végétales)

### *Cultures maraichères*

DPAHRH	ZAT	Sites	Productions obtenues (T)												
			Tomate	Oignon Bulbe	Chou	Aubergine	poivron	Carotte	Gombo	Laitue	Piment	Courgette	Concombre	Autres	
Kompienga	3	19	2 668,00	2 219,00	394,00	159,75	7,00	7,20	8,00	39,00	28,50	0,00	36,00	0	
Gourma	6	72	1 656,00	1 020,60	902,00	313,50	71,40	55,20	72,00	59,00	91,50	160,50	10,00	30,9	
Tapoa	8	68	450	1224	884	325	7,5	90	30	72	24	0	80	0	
Komondjari	3	20	22,5	80	74,8	4,8	0	6	9,6	4,8	1,5	0	6	0	
Gnagna	7	66	6 594,00	4 515,00	750,00	289,50	19,50	64,80	84,80	178,80	165,00	4,50	6,00	0	
<b>Total DRAHRH</b>	<b>27</b>	<b>245</b>	<b>11 390,50</b>	<b>9 058,60</b>	<b>3 004,80</b>	<b>1 092,55</b>	<b>105,40</b>	<b>223,20</b>	<b>204,40</b>	<b>353,60</b>	<b>310,50</b>	<b>165,00</b>	<b>138,00</b>	<b>30,9</b>	

Total : 26077,45 Tonnes

(source: Direction Générale des Productions Végétales)

En addition, on obtient : **49633,48 Tonnes pour l'Est.**

- REGION DU CENTRE-EST :

La production totale (cultures vivriers, fruitiers et légumes confondues) est de **61912.14 T**

Campagne sèche 2008-2009

(Source: Direction Générale des Productions Végétales)

- BILAN

Le total de la production des deux régions donne une production de **111546 Tonnes**

## Annexe 9: Les stations synoptiques

Tableau 10: Coordonnées des stations synoptiques utilisées

Stations synoptiques	Longitude	Latitude
BOBO DIOULASSO	-4,30	11,17
BOGANDE	-0,13	12,98
BOROMO	-2,92	11,73
DEDOUGOU	-3,48	12,47
DORI	-0,03	14,03
FADA NNGOURMA	0,35	12,07
GAOUA	-3,18	10,33
OUAGADOUGOU(aéroport)	-1,52	12,35
OUAHIGOUYA	-2,43	13,58
PO	-1,15	11,17

La répartition spatiale des stations est utilisée pour l'interpolation grid

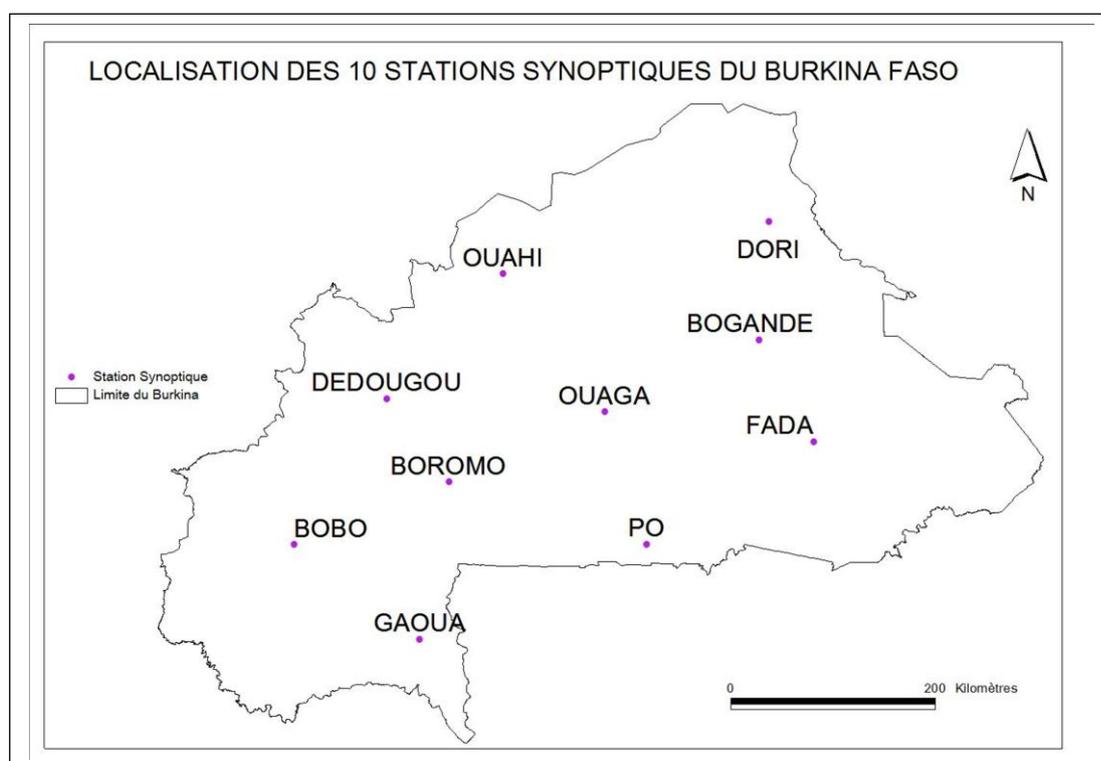


Figure 14: Carte de situation des 10 stations synoptiques du Burkina Faso (source DANGO, 2012)

## Annexe 10: Les statistiques des NDVI de 1998 à 2011

Après le traitement des cartes des 495 cartes NDVI téléchargées obtient les tableaux suivants :

**Tableau11: Statistiques NDVI en 1998**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
An/Mois/Jr	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
a19980401	65	70	67,5	2,5	50	108	73,58	11,57
a19980411	61	66	63,5	2,5	52	122	74,61	14,86
a19980421	63	73	68	5	53	160	79,96	20,02
a19980501	64	88	76	12	51	173	87,25	27,25
a19980511	62	87	74,5	12,5	45	181	91,38	31,17
a19980521	66	80	73	7	48	175	98,91	33,67
a19980601	75	100	87,5	12,5	48	182	109,78	32,04
a19980611	76	109	92,5	16,5	51	178	110,68	30,12
a19980621	77	100	88,5	11,5	50	176	113,44	32,89
a19980701	85	120	102,5	17,5	50	191	121,63	33,94
a19980711	91	120	105,5	14,5	49	175	107,17	25,85
a19980721	98	126	112	14	54	186	115,88	27,71
a19980801	96	112	104	8	55	196	132,61	30,81
a19980811	115	125	120	5	66	196	141,54	25,35
a19980821	137	149	143	6	65	210	158,78	28,15
a19980901	136	165	150,5	14,5	65	201	147,00	28,50
a19980911	153	157	155	2	68	214	142,77	31,08
a19980921	160	160	160	0	74	210	160,69	29,29
a19981001	145	146	145,5	0,5	73	210	159,92	32,85
a19981011	127	136	131,5	4,5	65	208	146,92	32,37
a19981021	105	113	109	4	60	200	134,35	34,48

<b>a19981101</b>	96	107	101,5	5,5	61	181	124,51	29,88
<b>a19981111</b>	91	103	97	6	58	171	111,95	25,22
<b>a19981121</b>	85	97	91	6	58	153	103,52	20,80
<b>a19981201</b>	82	94	88	6	60	136	94,40	15,07
<b>a19981211</b>	77	86	81,5	4,5	54	133	90,19	14,71
<b>a19981221</b>	78	88	83	5	57	126	88,14	12,74
<b>moy1998</b>	95,04	110,26	102,65	7,61	57,04	176,00	115,61	26,38

**Tableau 12: Statistiques NDVI en 1999**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a19990101</b>	71	79	75	4	56	117	83,39	11,01
<b>a19990111</b>	79	83	81	2	56	114	82,70	10,80
<b>a19990121</b>	82	83	82,5	0,5	60	123	88,01	11,50
<b>a19990201</b>	70	78	74	4	55	105	78,05	9,04
<b>a19990211</b>	71	78	74,5	3,5	56	113	80,27	9,76
<b>a19990221</b>	70	72	71	1	54	117	78,21	11,84
<b>a19990301</b>	69	76	72,5	3,5	53	117	77,36	10,77
<b>a19990311</b>	66	73	69,5	3,5	56	118	79,60	14,11
<b>a19990321</b>	67	74	70,5	3,5	54	112	77,94	12,84
<b>a19990401</b>	68	74	71	3	54	125	80,70	15,58
<b>a19990411</b>	64	72	68	4	52	141	77,52	15,28
<b>a19990421</b>	67	77	72	5	50	134	78,92	18,15
<b>a19990501</b>	70	82	76	6	51	152	88,31	23,37
<b>a19990511</b>	70	82	76	6	49	163	91,97	26,80
<b>a19990521</b>	71	84	77,5	6,5	51	177	99,83	31,01
<b>a19990601</b>	69	81	75	6	50	188	99,37	32,79
<b>a19990611</b>	65	82	73,5	8,5	48	195	104,57	36,92
<b>a19990621</b>	67	96	81,5	14,5	49	179	104,66	33,06
<b>a19990701</b>	77	111	94	17	51	189	111,67	35,72
<b>a19990711</b>	90	125	107,5	17,5	54	186	111,40	30,88
<b>a19990721</b>	85	131	108	23	57	190	111,94	29,02
<b>a19990801</b>	76	88	82	6	44	182	107,15	30,59
<b>a19990811</b>	130	135	132,5	2,5	55	200	128,17	28,44

<b>a19990821</b>	153	179	166	13	58	209	152,54	27,87
<b>a19990901</b>	140	149	144,5	4,5	47	209	151,26	29,32
<b>a19990911</b>	153	166	159,5	6,5	96	214	163,67	23,60
<b>a19990921</b>	155	160	157,5	2,5	82	208	165,20	27,69
<b>a19991001</b>	145	164	154,5	9,5	78	207	157,63	28,46
<b>a19991011</b>	132	135	133,5	1,5	68	202	153,14	32,45
<b>a19991021</b>	128	131	129,5	1,5	64	197	143,27	32,96
<b>a19991101</b>	110	110	110	0	62	195	128,08	30,21
<b>a19991111</b>	96	105	100,5	4,5	60	179	119,82	27,13
<b>a19991121</b>	90	96	93	3	59	169	113,79	26,33
<b>a19991201</b>	84	91	87,5	3,5	57	146	101,32	18,22
<b>a19991211</b>	80	83	81,5	1,5	58	148	97,47	18,00
<b>a19991221</b>	80	85	82,5	2,5	59	127	89,79	11,86
<b>moy1999</b>	90,56	101,94	96,25	5,69	57,31	162,42	107,18	22,87

**Tableau 13: Statistiques NDVI en 2000**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20000101</b>	73	75	74	1	54	116	83,54	11,51
<b>a20000111</b>	72	78	75	3	54	115	83,41	11,22
<b>a20000121</b>	74	78	76	2	59	118	85,20	11,49
<b>a20000201</b>	75	82	78,5	3,5	55	126	84,62	11,77
<b>a20000211</b>	75	78	76,5	1,5	57	122	83,45	11,16
<b>a20000221</b>	69	71	70	1	56	122	80,12	11,31
<b>a20000301</b>	64	69	66,5	2,5	55	96	72,40	8,26
<b>a20000311</b>	64	67	65,5	1,5	52	101	71,65	8,72
<b>a20000321</b>	64	70	67	3	55	117	76,30	12,00
<b>a20000401</b>	68	75	71,5	3,5	55	119	79,64	14,03
<b>a20000411</b>	65	70	67,5	2,5	52	121	80,43	15,44
<b>a20000421</b>	65	70	67,5	2,5	52	138	82,62	18,11
<b>a20000501</b>	70	78	74	4	55	160	88,65	22,56
<b>a20000511</b>	69	76	72,5	3,5	56	168	92,51	25,88
<b>a20000521</b>	69	72	70,5	1,5	53	167	95,12	27,94
<b>a20000601</b>	69	74	71,5	2,5	53	178	104,95	34,51
<b>a20000611</b>	75	86	80,5	5,5	53	187	114,45	38,46
<b>a20000621</b>	92	112	102	10	55	182	118,67	34,04
<b>a20000701</b>	105	130	117,5	12,5	55	196	126,34	39,19
<b>a20000711</b>	92	116	104	12	50	184	126,13	33,90
<b>a20000721</b>	120	146	133	13	58	197	134,46	32,42
<b>a20000801</b>	131	148	139,5	8,5	71	205	143,23	26,88
<b>a20000811</b>	139	159	149	10	61	200	145,34	28,93

<b>a20000821</b>	151	166	158,5	7,5	80	206	157,14	27,24
<b>a20000901</b>	141	163	152	11	77	208	156,75	29,62
<b>a20000911</b>	113	149	131	18	72	211	155,56	32,21
<b>a20000921</b>	134	145	139,5	5,5	65	211	156,25	33,52
<b>a20001001</b>	127	134	130,5	3,5	62	215	149,24	36,79
<b>a20001011</b>	129	139	134	5	62	197	138,77	33,03
<b>a20001021</b>	103	105	104	1	60	191	126,80	32,53
<b>a20001101</b>	92	95	93,5	1,5	56	181	113,07	30,83
<b>a20001111</b>	91	93	92	1	55	152	102,47	22,39
<b>a20001121</b>	83	90	86,5	3,5	55	155	100,80	23,39
<b>a20001201</b>	76	85	80,5	4,5	57	147	95,31	18,48
<b>a20001211</b>	79	86	82,5	3,5	55	122	85,54	13,27
<b>a20001221</b>	77	82	79,5	2,5	57	124	88,70	14,15
<b>moy2000</b>	90,42	100,33	95,38	4,96	58,03	159,86	107,77	23,25

**Tableau 14: Statistiques NDVI en 2001**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
An/Mois/Jr	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20010101</b>	71	75	73	2	53	112	82,20	12,40
<b>a20010111</b>	71	75	73	2	51	116	79,34	11,62
<b>a20010121</b>	68	73	70,5	2,5	53	109	76,65	9,84
<b>a20010201</b>	67	72	69,5	2,5	52	120	78,29	12,42
<b>a20010211</b>	64	67	65,5	1,5	53	112	73,87	10,46
<b>a20010221</b>	63	69	66	3	52	122	75,99	12,20
<b>a20010301</b>	68	73	70,5	2,5	52	122	74,88	11,91
<b>a20010311</b>	69	72	70,5	1,5	53	112	75,33	11,69
<b>a20010321</b>	66	69	67,5	1,5	52	114	75,79	12,88
<b>a20010401</b>	66	71	68,5	2,5	51	127	78,26	16,83
<b>a20010411</b>	67	75	71	4	52	132	78,25	17,30
<b>a20010421</b>	63	68	65,5	2,5	50	142	78,39	19,38
<b>a20010501</b>	63	76	69,5	6,5	51	150	81,86	21,91
<b>a20010511</b>	66	68	67	1	50	174	86,95	26,41
<b>a20010521</b>	70	74	72	2	52	182	92,87	31,37
<b>a20010601</b>	70	76	73	3	49	180	97,86	32,19
<b>a20010611</b>	70	91	80,5	10,5	48	182	103,04	34,04
<b>a20010621</b>	83	90	86,5	3,5	50	193	110,76	33,98
<b>a20010701</b>	79	104	91,5	12,5	52	185	120,74	30,54
<b>a20010711</b>	80	113	96,5	16,5	54	193	122,59	28,75
<b>a20010721</b>	79	93	86	7	59	185	121,36	27,91
<b>a20010801</b>	109	136	122,5	13,5	64	200	139,94	29,01
<b>a20010811</b>	105	115	110	5	44	186	123,86	30,41

<b>a20010821</b>	111	142	126,5	15,5	75	204	141,27	26,86
<b>a20010901</b>	132	152	142	10	79	206	155,30	27,10
<b>a20010911</b>	140	153	146,5	6,5	71	215	164,18	32,76
<b>a20010921</b>	140	151	145,5	5,5	69	215	162,23	34,83
<b>a20011001</b>	121	125	123	2	63	210	149,79	37,51
<b>a20011011</b>	115	121	118	3	63	204	140,05	36,41
<b>a20011021</b>	88	89	88,5	0,5	56	194	119,96	35,06
<b>a20011101</b>	91	92	91,5	0,5	59	172	111,40	26,48
<b>a20011111</b>	85	92	88,5	3,5	57	162	106,04	24,08
<b>a20011121</b>	76	84	80	4	56	147	93,76	18,79
<b>a20011201</b>	81	81	81	0	55	159	94,74	19,49
<b>a20011211</b>	75	83	79	4	54	157	89,44	16,23
<b>a20011221</b>	74	78	76	2	55	130	90,83	14,87
<b>moy2001</b>	83,5	92,72	88,11	4,61	55,81	161,81	104,11	23,22

**Tableau 15: Statistiques NDVI en 2002**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20020101</b>	69	76	72,5	3,5	56	107	80,68	10,18
<b>a20020111</b>	69	76	72,5	3,5	54	106	78,68	9,81
<b>a20020121</b>	71	73	72	1	51	103	77,97	10,31
<b>a20020201</b>	67	74	70,5	3,5	54	118	78,37	10,99
<b>a20020211</b>	66	71	68,5	2,5	53	110	74,94	9,67
<b>a20020221</b>	69	70	69,5	0,5	53	113	75,27	10,55
<b>a20020301</b>	63	72	67,5	4,5	53	120	74,90	11,99
<b>a20020311</b>	63	68	65,5	2,5	52	135	76,94	14,14
<b>a20020321</b>	59	64	61,5	2,5	48	119	71,51	14,20
<b>a20020401</b>	59	64	61,5	2,5	49	120	73,23	14,27
<b>a20020411</b>	65	72	68,5	3,5	52	139	79,54	18,71
<b>a20020421</b>	64	72	68	4	51	159	82,67	22,84
<b>a20020501</b>	64	69	66,5	2,5	51	184	88,01	28,92
<b>a20020511</b>	60	67	63,5	3,5	52	178	82,82	25,36
<b>a20020521</b>	62	68	65	3	49	173	86,72	27,02
<b>a20020601</b>	60	62	61	1	48	168	88,04	27,89
<b>a20020611</b>	60	64	62	2	46	181	91,32	33,15
<b>a20020621</b>	66	68	67	1	49	195	103,03	35,52
<b>a20020701</b>	75	77	76	1	50	201	109,67	35,12
<b>a20020711</b>	77	81	79	2	52	184	111,07	32,19
<b>a20020721</b>	66	74	70	4	54	186	113,12	31,93
<b>a20020801</b>	78	115	96,5	18,5	58	199	125,85	33,92
<b>a20020811</b>	89	119	104	15	58	209	137,12	34,26

<b>a20020821</b>	105	137	121	16	62	199	140,36	28,63
<b>a20020901</b>	117	135	126	9	65	203	154,11	31,86
<b>a20020911</b>	134	141	137,5	3,5	63	209	157,78	33,30
<b>a20020921</b>	137	146	141,5	4,5	59	211	157,83	36,65
<b>a20021001</b>	120	128	124	4	58	209	144,85	35,63
<b>a20021011</b>	118	125	121,5	3,5	57	210	145,20	38,52
<b>a20021021</b>	110	119	114,5	4,5	55	185	128,08	33,97
<b>a20021101</b>	92	100	96	4	54	177	112,34	28,64
<b>a20021111</b>	85	100	92,5	7,5	53	164	107,53	25,31
<b>a20021121</b>	88	102	95	7	51	149	102,52	22,71
<b>a20021201</b>	77	84	80,5	3,5	51	139	93,15	19,39
<b>a20021211</b>	74	85	79,5	5,5	51	120	87,09	13,97
<b>a20021221</b>	80	84	82	2	54	125	89,05	14,65
<b>moy2002</b>	79,94	88,94	84,44	4,5	53,5	161,31	102,26	24,06

**Tableau 16: Statistiques NDVI en 2003**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20030101</b>	72	81	76,5	4,5	52	128	86,19	14,93
<b>a20030111</b>	69	76	72,5	3,5	50	106	77,73	10,36
<b>a20030121</b>	66	79	72,5	6,5	51	111	77,63	10,31
<b>a20030201</b>	63	69	66	3	49	109	72,34	9,62
<b>a20030211</b>	58	64	61	3	49	115	70,66	11,32
<b>a20030221</b>	59	68	63,5	4,5	50	117	71,28	10,98
<b>a20030301</b>	65	69	67	2	50	113	76,26	12,45
<b>a20030311</b>	66	73	69,5	3,5	53	119	77,01	12,98
<b>a20030321</b>	66	72	69	3	53	139	78,41	15,21
<b>a20030401</b>	66	73	69,5	3,5	53	140	81,54	18,02
<b>a20030411</b>	64	66	65	1	53	137	79,92	18,68
<b>a20030421</b>	63	70	66,5	3,5	48	153	82,73	21,91
<b>a20030501</b>	66	73	69,5	3,5	53	171	86,09	23,44
<b>a20030511</b>	65	70	67,5	2,5	51	181	87,21	26,02
<b>a20030521</b>	59	65	62	3	47	167	83,93	24,76
<b>a20030601</b>	71	78	74,5	3,5	48	194	101,13	32,16
<b>a20030611</b>	91	110	100,5	9,5	51	199	112,48	33,35
<b>a20030621</b>	92	128	110	18	53	192	117,14	31,10
<b>a20030701</b>	103	124	113,5	10,5	52	197	121,43	33,55
<b>a20030711</b>	110	142	126	16	60	204	134,96	31,51
<b>a20030721</b>	133	147	140	7	48	205	140,84	30,67
<b>a20030801</b>	136	148	142	6	66	210	150,13	33,03
<b>a20030811</b>	140	157	148,5	8,5	83	203	149,38	27,77

<b>a20030821</b>	152	167	159,5	7,5	65	212	147,57	29,42
<b>a20030901</b>	149	158	153,5	4,5	83	215	168,08	29,71
<b>a20030911</b>	156	160	158	2	66	219	163,84	30,98
<b>a20030921</b>	134	140	137	3	80	214	158,73	29,83
<b>a20031001</b>	120	127	123,5	3,5	68	214	157,68	35,31
<b>a20031011</b>	110	113	111,5	1,5	67	210	149,28	35,04
<b>a20031021</b>	107	110	108,5	1,5	61	201	141,29	34,78
<b>a20031101</b>	95	96	95,5	0,5	58	183	123,72	30,67
<b>a20031111</b>	85	91	88	3	60	179	114,03	27,33
<b>a20031121</b>	88	92	90	2	59	170	107,14	24,16
<b>a20031201</b>	83	86	84,5	1,5	59	162	101,54	21,36
<b>a20031211</b>	77	83	80	3	60	143	96,69	17,00
<b>a20031221</b>	82	84	83	1	59	133	92,13	13,77
<b>moy2003</b>	91,14	100,25	95,69	4,56	57,44	168,47	109,39	23,71

**Tableau 17: Statistiques NDVI en 2004**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20040101</b>	78	81	79,5	1,5	62	124	89,48	11,64
<b>a20040111</b>	73	76	74,5	1,5	55	121	84,46	11,52
<b>a20040121</b>	73	77	75	2	61	128	88,72	11,75
<b>a20040201</b>	72	73	72,5	0,5	55	113	82,01	10,79
<b>a20040211</b>	65	67	66	1	51	109	74,73	9,85
<b>a20040221</b>	66	67	66,5	0,5	58	122	74,80	9,64
<b>a20040301</b>	58	60	59	1	51	128	73,18	13,72
<b>a20040311</b>	64	66	65	1	52	111	74,35	10,98
<b>a20040321</b>	63	64	63,5	0,5	49	114	71,79	12,61
<b>a20040401</b>	66	69	67,5	1,5	54	151	82,36	17,26
<b>a20040411</b>	62	66	64	2	51	151	80,61	18,08
<b>a20040421</b>	66	70	68	2	53	170	93,23	26,90
<b>a20040501</b>	72	82	77	5	57	176	97,95	28,55
<b>a20040511</b>	70	78	74	4	54	174	96,86	30,07
<b>a20040521</b>	72	80	76	4	53	186	100,99	34,76
<b>a20040601</b>	78	80	79	1	50	190	105,27	37,77
<b>a20040611</b>	81	89	85	4	50	202	118,84	41,80
<b>a20040621</b>	86	91	88,5	2,5	54	205	116,19	38,15
<b>a20040701</b>	98	109	103,5	5,5	56	221	131,35	41,53
<b>a20040711</b>	100	121	110,5	10,5	55	213	127,41	40,50
<b>a20040721</b>	101	127	114	13	61	208	143,41	36,77
<b>a20040801</b>	117	133	125	8	58	197	133,63	28,52
<b>a20040811</b>	130	151	140,5	10,5	67	204	145,32	29,36

<b>a20040821</b>	159	170	164,5	5,5	65	218	161,00	35,84
<b>a20040901</b>	165	173	169	4	62	214	164,10	32,37
<b>a20040911</b>	142	148	145	3	58	214	158,84	33,59
<b>a20040921</b>	152	156	154	2	60	215	159,41	33,56
<b>a20041001</b>	140	147	143,5	3,5	60	215	156,83	38,31
<b>a20041011</b>	115	123	119	4	59	205	139,46	37,37
<b>a20041021</b>	105	108	106,5	1,5	57	191	124,00	31,40
<b>a20041101</b>	96	103	99,5	3,5	56	189	117,07	30,19
<b>a20041111</b>	93	102	97,5	4,5	58	192	115,34	29,81
<b>a20041121</b>	85	100	92,5	7,5	56	161	102,38	21,44
<b>a20041201</b>	84	90	87	3	56	128	89,43	13,22
<b>a20041211</b>	82	87	84,5	2,5	55	128	89,60	13,91
<b>a20041221</b>	79	85	82	3	55	129	88,77	13,31
<b>moy2004</b>	91,89	99,14	95,51	3,63	56,22	169,92	109,81	25,47

**Tableau 18: Statistiques NDVI en 2005**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20050101</b>	69	71	70	1	49	108	77,59	12,13
<b>a20050111</b>	74	79	76,5	2,5	53	111	78,85	9,99
<b>a20050121</b>	73	76	74,5	1,5	53	112	79,18	11,37
<b>a20050201</b>	65	67	66	1	52	103	72,96	9,26
<b>a20050211</b>	67	72	69,5	2,5	52	103	73,81	9,20
<b>a20050221</b>	65	70	67,5	2,5	50	104	74,07	10,86
<b>a20050301</b>	67	72	69,5	2,5	47	111	70,48	11,48
<b>a20050311</b>	71	73	72	1	50	120	76,72	13,48
<b>a20050321</b>	70	75	72,5	2,5	53	124	79,37	14,51
<b>a20050401</b>	69	77	73	4	56	132	79,09	15,04
<b>a20050411</b>	68	72	70	2	51	158	80,13	18,66
<b>a20050421</b>	73	79	76	3	55	163	84,66	20,30
<b>a20050501</b>	72	76	74	2	54	193	90,04	25,83
<b>a20050511</b>	73	76	74,5	1,5	49	179	88,89	28,28
<b>a20050521</b>	67	83	75	8	50	176	93,17	30,36
<b>a20050601</b>	67	83	75	8	50	176	93,17	30,36
<b>a20050611</b>	83	108	95,5	12,5	51	184	103,68	31,95
<b>a20050621</b>	86	118	102	16	52	189	115,31	35,62
<b>a20050701</b>	106	139	122,5	16,5	55	205	120,18	31,30
<b>a20050711</b>	112	150	131	19	67	207	138,42	34,18
<b>a20050721</b>	117	133	125	8	72	208	138,63	32,86
<b>a20050801</b>	117	132	124,5	7,5	57	207	131,45	30,22
<b>a20050811</b>	121	153	137	16	65	210	142,51	30,67

<b>a20050821</b>	156	169	162,5	6,5	50	213	149,63	32,39
<b>a20050901</b>	153	164	158,5	5,5	72	219	164,46	30,30
<b>a20050911</b>	153	160	156,5	3,5	65	214	165,65	30,75
<b>a20050921</b>	150	151	150,5	0,5	63	215	158,43	33,90
<b>a20051001</b>	130	133	131,5	1,5	62	201	147,64	33,10
<b>a20051011</b>	130	134	132	2	61	201	142,26	34,57
<b>a20051021</b>	110	112	111	1	62	192	127,83	30,99
<b>a20051101</b>	92	97	94,5	2,5	60	168	111,31	25,07
<b>a20051111</b>	92	98	95	3	57	152	103,30	20,26
<b>a20051121</b>	85	92	88,5	3,5	55	142	97,11	18,25
<b>a20051201</b>	85	90	87,5	2,5	56	137	95,65	16,18
<b>a20051211</b>	82	87	84,5	2,5	58	131	92,80	14,56
<b>a20051221</b>	79	85	82	3	54	134	90,39	15,35
<b>moy2005</b>	93,03	102,94	97,99	4,96	56,06	163,94	106,36	23,15

**Tableau 19: Statistiques NDVI en 2006**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20060101</b>	76	84	80	4	57	113	84,55	10,39
<b>a20060111</b>	74	78	76	2	55	109	82,44	9,95
<b>a20060121</b>	75	85	80	5	57	119	84,75	10,08
<b>a20060201</b>	73	80	76,5	3,5	58	116	82,39	9,61
<b>a20060211</b>	70	76	73	3	55	111	77,77	10,35
<b>a20060221</b>	70	77	73,5	3,5	56	128	83,74	14,27
<b>a20060301</b>	70	76	73	3	55	118	80,01	12,04
<b>a20060311</b>	64	70	67	3	52	104	75,44	10,79
<b>a20060321</b>	67	70	68,5	1,5	55	124	79,48	13,08
<b>a20060401</b>	72	73	72,5	0,5	55	117	78,48	10,97
<b>a20060411</b>	67	71	69	2	53	120	78,13	13,60
<b>a20060421</b>	69	70	69,5	0,5	50	153	81,64	17,86
<b>a20060501</b>	72	77	74,5	2,5	55	152	86,88	21,58
<b>a20060511</b>	71	74	72,5	1,5	53	156	85,61	23,65
<b>a20060521</b>	65	75	70	5	48	168	92,29	31,14
<b>a20060601</b>	64	66	65	1	50	178	96,65	32,00
<b>a20060611</b>	65	72	68,5	3,5	46	181	98,01	34,68
<b>a20060621</b>	70	78	74	4	50	204	108,95	37,53
<b>a20060701</b>	70	84	77	7	48	194	112,89	36,71
<b>a20060711</b>	74	97	85,5	11,5	49	195	121,09	37,10
<b>a20060721</b>	87	113	100	13	56	198	132,70	36,99
<b>a20060801</b>	80	108	94	14	45	200	123,12	32,92
<b>a20060811</b>	102	115	108,5	6,5	46	208	133,81	30,53

<b>a20060821</b>	129	142	135,5	6,5	81	208	153,56	29,68
<b>a20060901</b>	136	139	137,5	1,5	80	206	160,59	31,35
<b>a20060911</b>	136	158	147	11	79	207	152,23	27,12
<b>a20060921</b>	160	167	163,5	3,5	70	218	163,48	34,26
<b>a20061001</b>	144	150	147	3	66	214	159,50	36,90
<b>a20061011</b>	126	128	127	1	61	202	147,87	36,23
<b>a20061021</b>	116	121	118,5	2,5	61	202	141,17	36,83
<b>a20061101</b>	110	113	111,5	1,5	63	201	132,39	33,21
<b>a20061111</b>	89	94	91,5	2,5	57	178	112,34	27,62
<b>a20061121</b>	87	96	91,5	4,5	60	165	108,22	24,00
<b>a20061201</b>	79	83	81	2	56	145	96,98	20,21
<b>a20061211</b>	74	79	76,5	2,5	57	129	90,94	15,80
<b>a20061221</b>	79	84	81,5	2,5	57	129	92,77	15,74
<b>moy2006</b>	87	95,08	91,04	4,04	57	163,06	107,58	24,08

**Tableau 20: Statistiques NDVI en 2007**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20070101</b>	68	73	70,5	2,5	52	101	75,60	11,16
<b>a20070111</b>	74	81	77,5	3,5	55	109	80,40	10,07
<b>a20070121</b>	74	81	77,5	3,5	54	105	82,39	10,47
<b>a20070201</b>	69	75	72	3	53	104	79,34	10,26
<b>a20070211</b>	68	71	69,5	1,5	55	104	76,97	9,20
<b>a20070221</b>	69	73	71	2	55	98	74,61	7,97
<b>a20070301</b>	76	79	77,5	1,5	57	117	81,31	11,10
<b>a20070311</b>	62	65	63,5	1,5	52	107	69,30	10,76
<b>a20070321</b>	65	68	66,5	1,5	53	114	74,69	12,49
<b>a20070401</b>	64	66	65	1	51	128	77,73	16,44
<b>a20070411</b>	66	66	66	0	52	144	79,57	19,90
<b>a20070421</b>	68	74	71	3	52	189	88,29	25,57
<b>a20070501</b>	65	70	67,5	2,5	53	185	93,87	30,96
<b>a20070511</b>	64	77	70,5	6,5	51	179	93,58	29,60
<b>a20070521</b>	66	74	70	4	54	192	100,21	34,23
<b>a20070601</b>	65	74	69,5	4,5	52	194	97,89	33,48
<b>a20070611</b>	71	84	77,5	6,5	49	179	101,23	34,40
<b>a20070621</b>	78	91	84,5	6,5	49	203	105,55	35,76
<b>a20070701</b>	94	103	98,5	4,5	51	190	108,02	30,07
<b>a20070711</b>	99	101	100	1	58	199	122,24	32,67
<b>a20070721</b>	96	100	98	2	54	189	114,49	27,04
<b>a20070801</b>	113	117	115	2	66	191	132,07	26,95
<b>a20070811</b>	137	137	137	0	74	205	142,62	28,76

<b>a20070821</b>	119	137	128	9	53	205	134,11	32,72
<b>a20070901</b>	141	145	143	2	60	207	136,23	32,41
<b>a20070911</b>	154	165	159,5	5,5	87	221	171,47	29,21
<b>a20070921</b>	147	150	148,5	1,5	74	220	165,14	30,36
<b>a20071001</b>	130	132	131	1	71	212	157,07	32,70
<b>a20071011</b>	123	128	125,5	2,5	62	211	142,69	34,13
<b>a20071021</b>	105	106	105,5	0,5	57	202	125,48	31,36
<b>a20071101</b>	92	98	95	3	62	192	118,02	28,94
<b>a20071111</b>	84	96	90	6	59	190	109,82	26,45
<b>a20071121</b>	77	86	81,5	4,5	56	173	100,47	23,85
<b>a20071201</b>	76	86	81	5	57	159	95,62	19,10
<b>a20071211</b>	82	85	83,5	1,5	61	150	97,31	16,99
<b>a20071221</b>	72	79	75,5	3,5	58	141	86,44	14,58
<b>moy2007</b>	88,14	94,25	91,19	3,06	57,47	166,92	105,33	23,67

**Tableau 21: Statistiques NDVI en 2008**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20080101</b>	74	82	78	4	56	122	86,40	12,29
<b>a20080111</b>	74	78	76	2	56	117	84,09	11,29
<b>a20080121</b>	74	78	76	2	60	115	86,03	10,19
<b>a20080201</b>	71	72	71,5	0,5	57	110	77,71	8,16
<b>a20080211</b>	71	74	72,5	1,5	54	111	79,00	9,30
<b>a20080221</b>	67	69	68	1	53	92	74,47	6,87
<b>a20080301</b>	63	67	65	2	50	101	69,97	7,78
<b>a20080311</b>	66	67	66,5	0,5	54	136	79,79	12,60
<b>a20080321</b>	70	73	71,5	1,5	55	129	80,59	14,59
<b>a20080401</b>	63	64	63,5	0,5	52	139	77,68	17,21
<b>a20080411</b>	62	63	62,5	0,5	53	143	76,14	17,39
<b>a20080421</b>	63	64	63,5	0,5	52	155	78,67	18,52
<b>a20080501</b>	66	71	68,5	2,5	52	164	84,92	21,36
<b>a20080511</b>	69	72	70,5	1,5	54	179	87,20	25,18
<b>a20080521</b>	68	68	68	0	52	164	91,89	26,19
<b>a20080601</b>	72	77	74,5	2,5	54	178	97,11	28,50
<b>a20080611</b>	68	74	71	3	51	173	99,15	31,45
<b>a20080621</b>	68	73	70,5	2,5	51	197	103,52	31,32
<b>a20080701</b>	79	98	88,5	9,5	60	194	114,72	28,22
<b>a20080711</b>	92	111	101,5	9,5	59	192	126,08	28,14
<b>a20080721</b>	112	129	120,5	8,5	62	204	136,22	28,91
<b>a20080801</b>	101	138	119,5	18,5	73	216	146,87	30,88
<b>a20080811</b>	122	142	132	10	53	211	136,48	30,74

<b>a20080821</b>	150	170	160	10	75	224	163,51	30,15
<b>a20080901</b>	146	163	154,5	8,5	79	202	159,90	27,35
<b>a20080911</b>	115	128	121,5	6,5	56	216	159,02	35,25
<b>a20080921</b>	152	156	154	2	67	218	164,85	35,09
<b>a20081001</b>	134	135	134,5	0,5	61	207	155,01	36,97
<b>a20081011</b>	109	131	120	11	57	214	145,19	40,27
<b>a20081021</b>	117	122	119,5	2,5	54	199	138,27	35,67
<b>a20081101</b>	95	96	95,5	0,5	54	199	118,10	32,04
<b>a20081111</b>	96	98	97	1	59	173	113,59	25,68
<b>a20081121</b>	86	92	89	3	58	161	107,08	23,02
<b>a20081201</b>	84	89	86,5	2,5	58	144	98,44	17,44
<b>a20081211</b>	83	88	85,5	2,5	57	137	94,86	16,36
<b>a20081221</b>	78	81	79,5	1,5	54	129	90,65	14,86
<b>moy2008</b>	88,33	95,92	92,13	3,79	57,28	165,69	107,87	22,98

**Tableau 22: Statistiques NDVI 2009**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20090101</b>	78	79	78,5	0,5	56	118	86,86	12,64
<b>a20090111</b>	78	80	79	1	57	116	85,14	11,60
<b>a20090121</b>	71	80	75,5	4,5	56	114	83,62	11,54
<b>a20090201</b>	72	77	74,5	2,5	56	108	80,42	10,27
<b>a20090211</b>	64	64	64	0	43	102	68,05	10,89
<b>a20090221</b>	67	72	69,5	2,5	51	107	77,06	10,59
<b>a20090301</b>	66	71	68,5	2,5	52	123	77,77	13,54
<b>a20090311</b>	64	68	66	2	47	124	76,10	16,18
<b>a20090321</b>	68	70	69	1	52	143	82,67	17,78
<b>a20090401</b>	70	70	70	0	54	180	86,63	20,60
<b>a20090411</b>	71	76	73,5	2,5	53	194	88,03	22,02
<b>a20090421</b>	62	68	65	3	48	160	83,20	23,40
<b>a20090501</b>	67	70	68,5	1,5	54	161	86,57	22,75
<b>a20090511</b>	68	76	72	4	50	187	93,93	30,46
<b>a20090521</b>	71	76	73,5	2,5	51	176	97,89	29,73
<b>a20090601</b>	67	72	69,5	2,5	50	187	99,72	31,93
<b>a20090611</b>	74	81	77,5	3,5	50	190	102,38	34,96
<b>a20090621</b>	81	101	91	10	54	184	111,00	32,22
<b>a20090701</b>	89	120	104,5	15,5	54	201	119,06	32,21
<b>a20090711</b>	85	123	104	19	58	200	129,40	35,08
<b>a20090721</b>	97	132	114,5	17,5	62	194	130,52	31,26
<b>a20090801</b>	104	133	118,5	14,5	42	201	132,84	34,54
<b>a20090811</b>	125	145	135	10	63	215	139,66	32,19

<b>a20090821</b>	127	139	133	6	70	213	145,51	32,46
<b>a20090901</b>	137	154	145,5	8,5	76	228	159,16	32,11
<b>a20090911</b>	134	139	136,5	2,5	72	208	152,43	32,02
<b>a20090921</b>	142	146	144	2	68	215	161,92	33,37
<b>a20091001</b>	126	127	126,5	0,5	69	214	155,44	36,84
<b>a20091011</b>	122	125	123,5	1,5	64	212	146,95	37,18
<b>a20091021</b>	105	108	106,5	1,5	60	201	134,29	36,10
<b>a20091101</b>	95	105	100	5	57	202	130,31	36,58
<b>a20091111</b>	93	98	95,5	2,5	55	195	127,36	34,59
<b>a20091121</b>	82	88	85	3	56	172	110,71	26,83
<b>a20091201</b>	84	88	86	2	57	160	105,09	22,38
<b>a20091211</b>	78	88	83	5	58	143	98,14	17,84
<b>a20091221</b>	80	85	82,5	2,5	59	136	95,80	15,90
<b>moy2009</b>	87,89	97,06	92,47	4,58	56,5	171,78	109,49	25,63

**Tableau 23: Statistiques NDVI en 2010**

Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20100101</b>	75	81	78	3	57	126	89,29	13,16
<b>a20100111</b>	76	78	77	1	59	127	88,77	13,92
<b>a20100121</b>	74	79	76,5	2,5	59	118	86,43	10,38
<b>a20100201</b>	73	81	77	4	56	124	85,09	13,33
<b>a20100211</b>	70	76	73	3	54	126	82,01	12,04
<b>a20100221</b>	68	75	71,5	3,5	56	125	82,32	13,31
<b>a20100301</b>	61	67	64	3	49	115	73,22	13,25
<b>a20100311</b>	64	69	66,5	2,5	54	125	79,68	14,57
<b>a20100321</b>	61	65	63	2	53	109	74,05	12,10
<b>a20100401</b>	60	61	60,5	0,5	48	129	76,21	16,90
<b>a20100411</b>	62	69	65,5	3,5	49	135	79,63	19,51
<b>a20100421</b>	62	68	65	3	48	160	83,20	23,40
<b>a20100501</b>	59	66	62,5	3,5	46	192	90,22	32,96
<b>a20100511</b>	67	68	67,5	0,5	50	196	96,45	34,41
<b>a20100521</b>	63	66	64,5	1,5	48	170	95,83	34,51
<b>a20100601</b>	62	70	66	4	49	196	107,87	40,51
<b>a20100611</b>	66	74	70	4	50	195	115,43	40,06
<b>a20100621</b>	67	75	71	4	51	208	116,79	39,09
<b>a20100701</b>	70	88	79	9	53	202	119,17	39,56
<b>a20100711</b>	80	96	88	8	59	213	126,47	38,14
<b>a20100721</b>	84	129	106,5	22,5	62	217	139,18	38,05
<b>a20100801</b>	84	124	104	20	65	206	137,87	33,09
<b>a20100811</b>	131	149	140	9	69	213	146,28	29,71

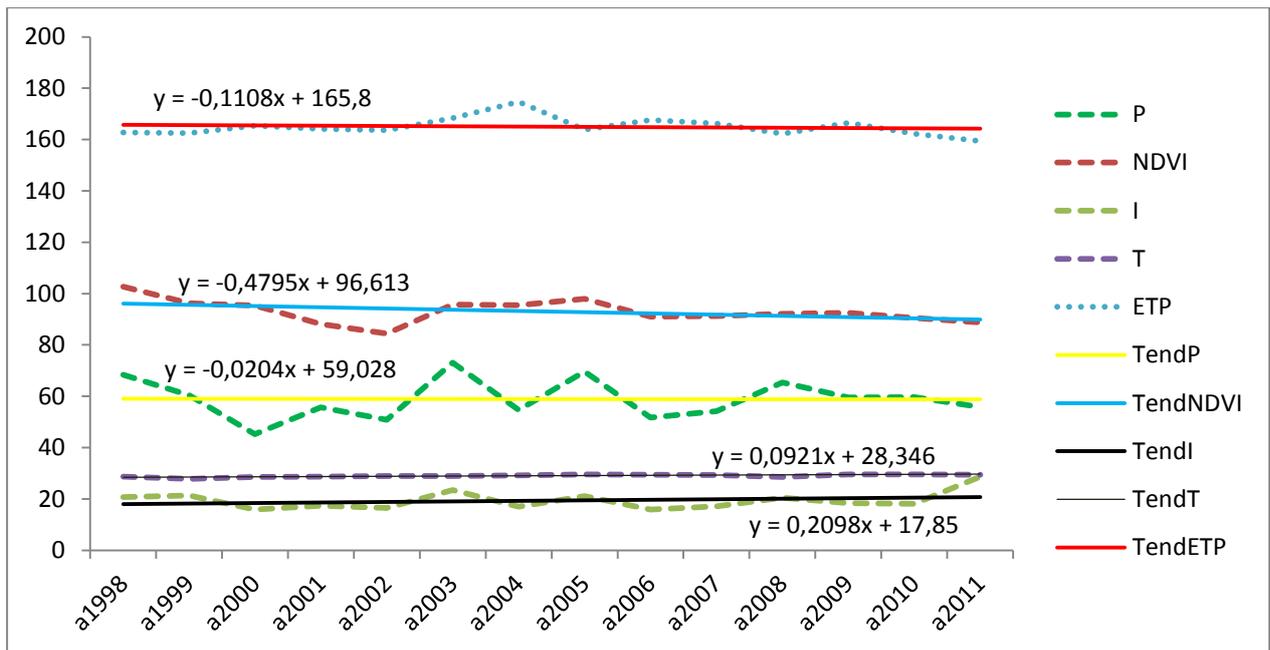
<b>a20100821</b>	131	150	140,5	9,5	81	209	149,75	27,74
<b>a20100901</b>	145	148	146,5	1,5	65	216	145,58	29,33
<b>a20100911</b>	151	171	161	10	73	216	157,33	28,17
<b>a20100921</b>	146	161	153,5	7,5	79	216	169,30	28,54
<b>a20101001</b>	134	135	134,5	0,5	76	214	161,00	33,44
<b>a20101011</b>	124	126	125	1	71	207	152,87	31,15
<b>a20101021</b>	103	104	103,5	0,5	65	204	143,14	33,08
<b>a20101101</b>	94	98	96	2	64	206	128,75	30,77
<b>a20101111</b>	91	98	94,5	3,5	60	192	123,48	28,85
<b>a20101121</b>	91	94	92,5	1,5	63	171	117,72	23,54
<b>a20101201</b>	86	93	89,5	3,5	62	169	112,13	23,17
<b>a20101211</b>	80	86	83	3	58	145	98,98	17,74
<b>a20101221</b>	80	87	83,5	3,5	62	132	96,55	13,18
<b>moy2010</b>	85,97	95,14	90,56	4,58	58,97	172,89	111,89	25,68

**Tableau 24: Statistiques NDVI en 2011**

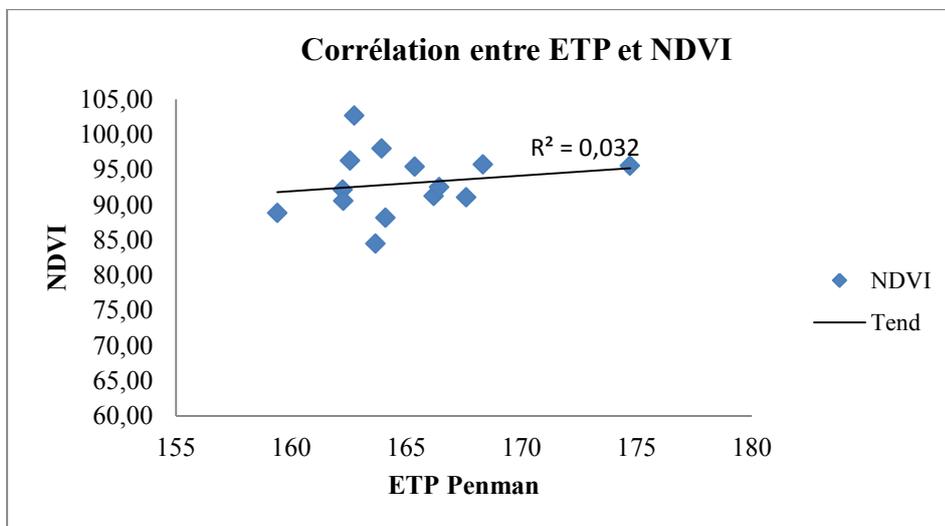
Date	ZONE D'ETUDE				BURKINA FASO			
	MIN	MAX	MOY	Ecart-type	MIN	MAX	MOY	Ecart-type
<b>a20110101</b>	75	83	79	4	60	121	90,59	12,00
<b>a20110111</b>	73	77	75	2	56	114	83,66	10,58
<b>a20110121</b>	72	78	75	3	58	114	84,11	9,66
<b>a20110201</b>	74	81	77,5	3,5	59	112	83,42	9,48
<b>a20110211</b>	69	74	71,5	2,5	58	116	81,97	10,74
<b>a20110221</b>	69	72	70,5	1,5	57	112	80,99	10,39
<b>a20110301</b>	67	68	67,5	0,5	57	119	80,95	13,19
<b>a20110311</b>	66	69	67,5	1,5	53	122	81,19	14,54
<b>a20110321</b>	66	70	68	2	56	148	84,36	17,68
<b>a20110401</b>	72	77	74,5	2,5	58	153	89,77	18,97
<b>a20110411</b>	68	75	71,5	3,5	56	146	86,63	19,12
<b>a20110421</b>	69	74	71,5	2,5	55	152	88,43	20,78
<b>a20110501</b>	68	73	70,5	2,5	54	174	91,26	26,21
<b>a20110511</b>	68	70	69	1	52	169	91,16	27,32
<b>a20110521</b>	64	69	66,5	2,5	55	190	99,24	33,17
<b>a20110601</b>	71	83	77	6	54	202	106,04	35,28
<b>a20110611</b>	73	76	74,5	1,5	50	194	106,66	35,93
<b>a20110621</b>	74	86	80	6	55	175	104,97	31,36
<b>a20110701</b>	79	95	87	8	56	211	118,61	35,34
<b>a20110711</b>	87	99	93	6	62	199	124,16	32,46
<b>a20110721</b>	94	107	100,5	6,5	62	197	126,69	29,38
<b>a20110801</b>	100	115	107,5	7,5	68	212	135,53	32,90
<b>a20110811</b>	102	113	107,5	5,5	54	203	122,28	30,10

<b>a20110821</b>	105	125	115	10	82	214	155,62	30,24
<b>a20110901</b>	140	150	145	5	73	221	161,78	28,60
<b>a20110911</b>	144	145	144,5	0,5	85	214	163,99	28,92
<b>a20110921</b>	139	154	146,5	7,5	77	218	161,70	31,61
<b>a20111001</b>	128	134	131	3	74	215	155,53	34,08
<b>a20111011</b>	104	107	105,5	1,5	64	206	136,93	35,95
<b>a20111021</b>	92	107	99,5	7,5	63	216	130,80	37,48
<b>a20111101</b>	89	97	93	4	62	205	121,80	33,19
<b>a20111111</b>	83	94	88,5	5,5	63	184	111,82	27,22
<b>a20111121</b>	84	87	85,5	1,5	61	182	100,03	21,76
<b>a20111201</b>	77	82	79,5	2,5	57	163	99,21	22,22
<b>a20111211</b>	77	84	80,5	3,5	60	138	90,26	13,86
<b>a20111221</b>	78	85	81,5	3,5	60	131	88,83	12,82
<b>moy2011</b>	85	92,64	88,82	3,82	60,72	171,17	108,92	24,29

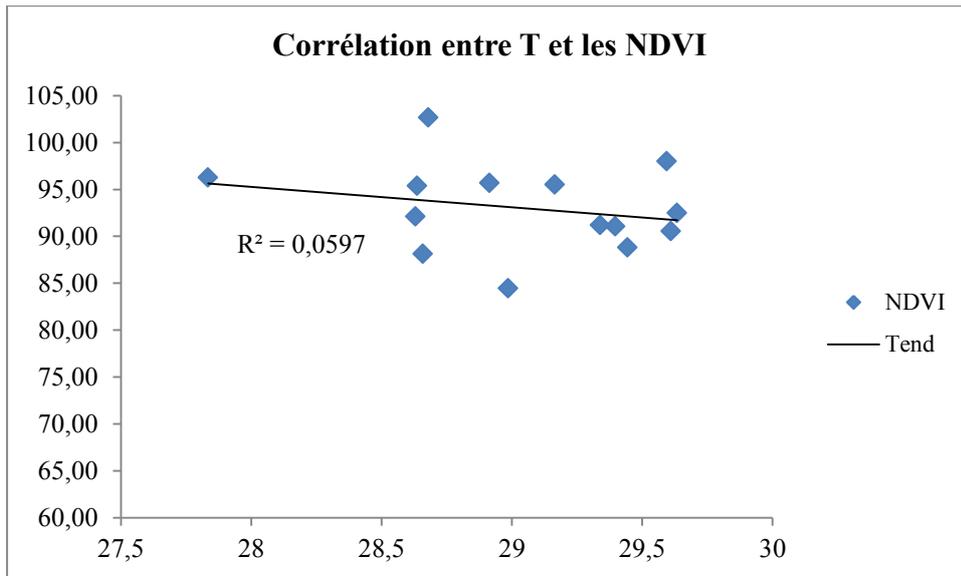
### Annexe 11: Les courbes d'évolution



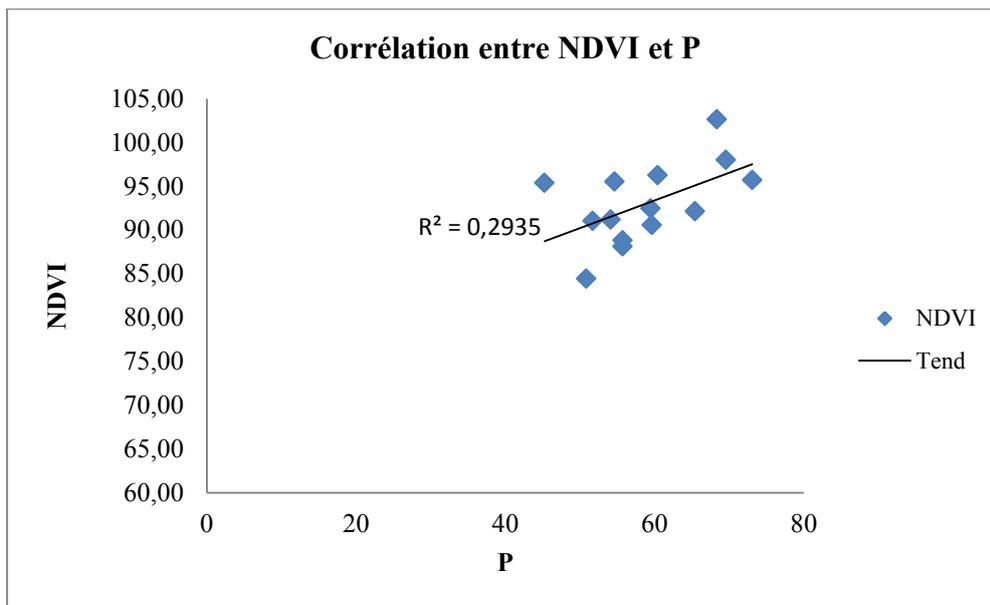
Graphique 15: Evolution comparée des paramètres climatiques et des NDVI de la zone d'étude



Graphique 16: Corrélation entre les NDVI et les ETP de 1998 à 2011 sur la zone d'étude



**Graphique 17: Corrélation entre les NDVI et les T de 1998 à 2011 sur la zone d'étude**



**Graphique 18: Corrélation entre les NDVI et les P de 1998 à 2011 sur la zone d'étude**