



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

REALISATION DE LA CARTE D'ENSOLEILLEMENT NORMAL DIRECT (DNI) ET DE SITES POTENTIELS POUR IMPLANTATION DE CENTRALES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES EN AFRIQUE DE L'OUEST

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN GENIE ENERGETIQUE
LABORATOIRE ENERGIE SOLAIRE ET ECONOMIE D'ENERGIE
(LESEE)

Présenté et soutenu publiquement le [date] par :

TAPSOBA Ragnagnéwendé Gildas

Travaux dirigés par : **Dr.Yao AZOUMAH**, enseignant chercheur au 2iE, UTER GEI

M .Sina THIAM, enseignant au 2ie, DIME

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM

Prénom NOM

Prénom NOM

Promotion 2008 /2009

« Le soleil qui brûle tout, passe pour être le principal ennemi de la région sahelienne,
alors même qu'il devrait être le premier avantage »

(Reflets sahéliens N°13-Novembre 1990)

REMERCIEMENTS

☺ Ce mémoire a été rédigé suite à un stage effectué au laboratoire LESEE du 2iE. Je remercie très chaleureusement toute l'équipe de recherche de m'avoir permis de mener à bien ce travail. Ce stage n'aurait sans doute pas pu se dérouler, dans les meilleures conditions, sans la participation active de mes encadreurs **Dr Yao AZOUMAH** et **M. Sina THIAM**. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour la confiance qu'ils m'ont accordée, leur soutien au quotidien, et leur disponibilité tout au long de mon stage.

☺ Je tiens aussi à remercier :

M. Denis OUEDRAOGO chef de service coopération-Information et Documentation à la Direction Nationale de la Météorologie.

M. Claude ANOBA et **M. Kokou Mefo WAMPA** de l'ASECNA du Togo.

M. Soumane BOUBACAR du Centre National d'Energie Solaire du Niger.

M. SINAYOKO Fabouné Protectionniste/VMA à l'ASECNA du Mali.

M. SANOU Yacouba, Chef de service Production SONABEL /Dori

Mlle. Nathalie BENARROSH, Coordinatrice technique du projet VOLTA-HYCOS.

Tous pour leur franche collaboration, ce qui m'a permis d'accéder aux différentes données .

☺ Merci à mes collègues de Master 2 Energie avec lesquels j'ai passé des moments agréables au cours des deux années de formation. Je remercie particulièrement **Patrick** et **Daniel** stagiaires au laboratoire LESEE pour les échanges enrichissants que nous avons souvent eus et pour l'esprit de solidarité dont ils ont fait preuve tout au long du stage.

☺ Mes remerciements vont aussi à l'ensemble du corps enseignant de l'**UTER GEI** pour le sacrifice consenti pour notre formation.

☺ Enfin je dis merci à tous ceux qui ne sont pas cités mais qui m'ont accompagné tout au long de mon stage.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire :

- ☺ Au Seigneur mon DIEU pour son assistance et sa protection tout au long de mes années d'études. Seigneur, tout comme Jacob t'a répondu, je te le redis aussi :
<<Je ne te lâcherai pas, que tu m'aies beni. >> Gn32, 27
- ☺ A mon père et à ma défunte mère pour l'éducation reçue et pour le soutien moral, matériel et financier dont j'ai toujours bénéficié. Recevez ici chers parents mes sincères reconnaissances.
- ☺ A ma sœur Ella et mes frères Patrick, Bosco et Rodrigue pour leur encouragement permanent.
- ☺ A mes cousines Estelle et Nadège pour leur soutien spirituel.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figures

Figure 1.La ceinture solaire, région du globe où l'ensoleillement est favorable à l'implantation de centrale solaire thermodynamique [2].....	2
Figure 2.Schéma des capteurs des trois grandes filières de centrales solaires thermodynamiques [2].	3
Figure 3.Carte des données climatiques [5].....	4
Figure 4.ANN typique utilisé pour la prédiction de l'ensoleillement global [7]	7
Figure 5.Performance du modèle ANN pour la prédiction du potentiel d'ensoleillement global au Nigeria [7].....	7
Figure 8.RMSE des trois corrélations diffus-global utilisant les données mensuelles mesurées et prédites [12].....	9
Figure 6.Variation de RMSE en fonction de l'altitude du soleil [8].....	9
Figure 7.Variation de l'indice de clarté en fonction de l'altitude du soleil [8].....	9
Figure 9.Carte des stations synoptiques de l'Afrique de l'Ouest en 2002.....	11
Figure 10.Carte des stations synoptiques pour quelques pays de l'Afrique de l'Ouest en 2009.....	12
. Figure 11.Carte d'ensoleillement moyen annuel journalier du Burkina Faso pour l'année 1989 ...	14
Figure 12.Carte d'ensoleillement moyenne annuelle journalière du Burkina Faso pour l'année 1996	15
Figure 13.Carte d'ensoleillement moyenne annuelle journalière du Burkina Faso pour l'année 2008	16
Figure 14.Carte d'ensoleillement moyenne mensuelle journalière du Burkina Faso pour le mois d'avril 1996	17
Figure 15.Carte d'ensoleillement moyenne mensuelle journalière du Burkina Faso pour le mois d'août 1996	18
Figure 16.Carte administrative de la région du sahel	20
Figure 17.Carte topographique de la région du sahel	21
Figure 18 : Carte de quelques stations pluviométriques de la région du sahel	22
Figure 19:Histogramme des pluies annuelles enregistrées dans quelques stations de la région du sahel	23
Figure 20:Histogramme des pluies interannuelles enregistrées de 1989-2008.....	23
Figure 21:Histogramme des évapotranspirations inter mensuelles à Dori pour la période 1989-2008	24
Figure 22:Histogramme des évapotranspirations annuelles à Dori	25
Figure 23:Carte hydrographique de la région du sahel	26
Figure 24:Carte géologique de la région du sahel	28
Figure 25:Carte des différentes classes de sol de la région du sahel	30
Figure 26:Carte d'occupation des terres de la région du sahel.....	31
Figure 27:Formalisme du MCD.....	35
Figure 28 : MCD du système d'information	36
Figure 29:MPD du système d'information.....	36
Figure 30:Formulaire d'accueil de la Base de données pour la station météorologique de Kamboinsé	37

Tableaux

Tableau 1: Répartition géologique de la région du sahel.....	27
Tableau 2: Répartition des sols dans la région du sahel	29
Tableau 3: Répartition des occupations des terres dans la région du sahel	31
Tableau 4: Caractéristiques des différentes centrales thermiques dans la région du sahel	32
Tableau 5: Liste des appareils de mesure dans la station météorologique de Kamboinsé	34

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE: Institut Internationale de l'Eau et de l'Environnement

ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique

BDOT: Base de Données d'Occupation des Terres

BNDT: Base Nationale de données terrains

CSP: Concentrating Solar Power

DNM : Direction Nationale de Météorologie

DNI: Ensoleillement Normal Direct

KNUST: Kwame Nkrumah University of Science and Technology

LESEE: Laboratoire d'Energie Solaire et d'Economie d'Energie

MSD : Meteorological Services Department

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie

PV: Photovoltaïque

SGBD: Système de Gestion de Bases Données

SI: Système d'Information

VMA: Veille Météorologique d'Aérodrome

UTER GEI : Unité Thématique d'Enseignement et de Recherche Génie Energétique et Industriel

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	1
I.1.Contexte	1
I.2.Objectif et Intérêt de l'étude.....	3
I-3.Démarche et Organisation du mémoire	4
I.4.Présentation du Laboratoire d'accueil (LESEE)	5
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	6
II.1.Artificial Neural Network (ANN).....	6
II.1.1.Description.....	6
II-1.2.Performance.....	7
II-2.1.Description.....	7
II.2.2. Comparaison des modèles.....	8
II-3.Corrélations diffus-global.....	9
II.3.1.Description.....	9
II.3.2.Performance	9
II.4.Conversion de la durée d'ensoleillement en ensoleillement global	10
II.4.1.Description.....	10
II.4.2.Performances.....	10
III. RECENSEMENT DES STATIONS SYNOPTIQUES DE LA REGION OUEST AFRICAINE.....	10
IV. REALISATION DES CARTES D'ENSOLEILLEMENT GLOBAL DU BURKINA FASO.....	12
V-PROPOSITION DE SITES POTENTIELS POUR L'IMPLANTATION D'UNE CENTRALE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE	18
V.1.La situation géographique et administrative de la région du sahel.....	19
V.2.Le milieux physique et naturel de la région du sahel.....	20

V.3.La pluviométrie dans la région du sahel	21
V.3.1.La Pluviométrie	22
V.3.2.L'évapotranspiration.....	24
V.4.L'hydrographie	25
V.5.La géologie de la région du sahel	27
V.6.Les Classes de sols dans la région du sahel	29
V.7.L'occupation des terres.....	30
V.8.Le réseau électrique dans la région du sahel.....	32
V.9.Analyse et proposition de sites	32
VI.CREATION D'UNE BASE DE DONNEE POUR LA STATION METEOROLOGIQUE DE KAMBOINSE	33
VI.1.Définition et utilité d'une base de données.....	33
VI.2.La méthodologie.....	33
VI.2.1.Merise.....	33
VI.2.2.Le Modèle Conceptuel de Données.....	34
VI.2.3.Le Modèle Physique de Données	36
VI.2.4.Le formulaire.....	37
VII.CONCLUSION	38
VIII.BIBLIOGRAPHIE.....	39
IX .ANNEXES.....	41
RESUME.....	49

I. INTRODUCTION

I.1 .Contexte

L'Afrique fait partie des régions les plus ensoleillées au monde. En effet, presque tout le continent se trouve dans la ceinture solaire (régions du monde où l'ensoleillement normal direct excède 2000 kWh/m²/an). Ces régions indiquées sur la figure 1 sont très favorables à l'implantation de centrales solaires thermodynamiques pour la production de l'énergie thermique et/ou électrique afin de répondre au problème crucial d'accès à l'énergie des populations africaines et par ricochet de l'amorçage de leur développement économique. L'implantation de centrales solaires (surtout thermodynamique) sur un site nécessite une étude soignée et précise de la ressource solaire qui y est disponible, puisque la production électrique est en première approximation proportionnelle à l'ensoleillement annuel du site d'implantation et donc inversement proportionnel au coût de l'électricité. Le rayonnement solaire direct (DNI), grandeur principale de tout système solaire à concentration, représente entre 50% et 90% de la totalité du rayonnement solaire [1]. L'utilisation du rayonnement solaire direct (DNI) par les centrales solaires thermodynamiques induit deux conséquences [2]:

- la nature de l'intermittence (fréquence, amplitude) est différente de celle observée dans le cas de l'ensoleillement global. On peut s'attendre à une forte amplitude, les coupures de flux liées aux passages nuageux sont plus brutales ;
- la distribution de la ressource (cartographie du DNI) introduit des différences remarquables par rapport à l'utilisation du photovoltaïque et du solaire thermique basse température (qui tirent profit du rayonnement solaire global).

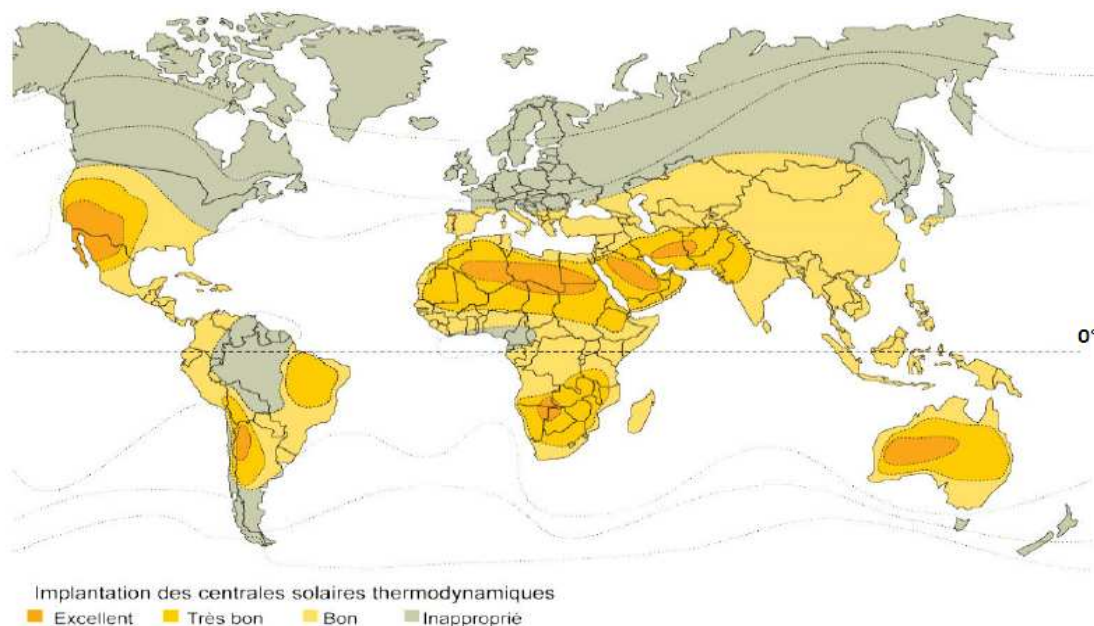


Figure 1. La ceinture solaire, région du globe où l'ensoleillement est favorable à l'implantation de centrales solaires thermodynamiques [2]

Trois grandes filières ont été développées pour la production d'électricité par voie solaire thermodynamique concentrée (figure 2). En fonction du niveau de température de la chaleur, l'énergie solaire à concentration peut être utilisée pour faire fonctionner des centrales à vapeur, des turbines à gaz ou des moteurs Stirling [3]:

a- Les centrales à tour

Un champ circulaire de miroirs concentre les rayons solaires sur un capteur localisé au sommet d'une tour. Le fluide caloporteur (air, eau, sels fondus, sodium,) transporte la chaleur vers le système de production d'électricité. Des températures très élevées dépassant 1 000 °C peuvent être atteintes, ce qui permet la réalisation d'un cycle combiné avec une grande performance.

b- Les centrales à capteurs linéaires

Les miroirs cylindro-paraboliques (en forme d'auge) concentrent les rayons solaires sur l'axe focal, sur lequel se trouve le tube absorbeur. Les températures atteintes sont de l'ordre de 400°C. Pour réduire les pertes de chaleur par conductivité et par convection, le tube absorbeur est protégé par un tube en verre avec un vide poussé entre les deux.

c- Les centrales à paraboles Stirling

Un miroir parabolique concentre les rayons solaires sur un capteur qui se trouve approximativement au point focal de la parabole. Des températures de 750 °C à 1000 °C sont atteignables. Ce niveau de température a permis, avec des moteurs Stirling, la réalisation de rendement de production d'électricité dépassant 30% [3].

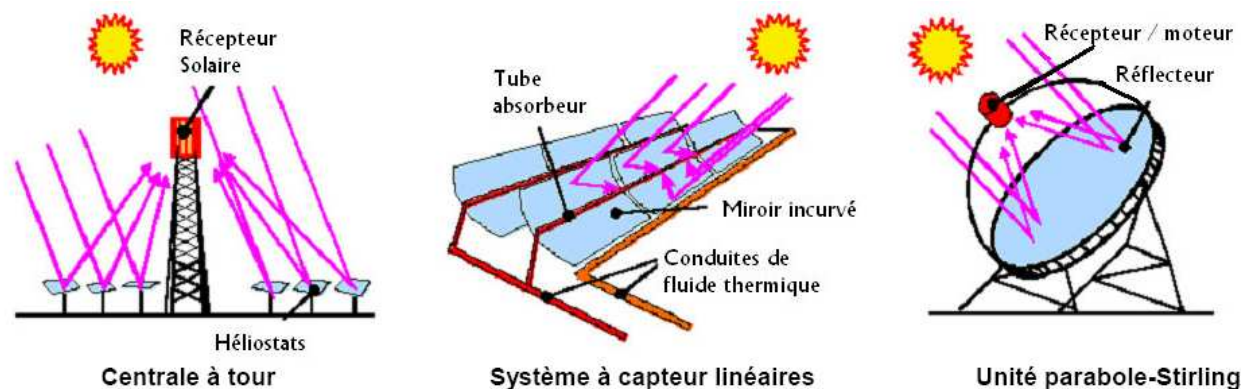


Figure 2. Schéma des capteurs des trois grandes filières de centrales solaires thermodynamiques [2]

I.2. Objectif et Intérêt de l'étude

Les chiffres généralement fournis dans les atlas de données concernent l'ensoleillement global incident sur un plan horizontal : peu de stations météorologiques sont équipées de pyréliomètre mesurant le rayonnement direct et ceci encore moins dans la ceinture solaire où se trouvent particulièrement les régions les plus ensoleillées de l'Afrique (figure 3) [2]. Or, d'après les travaux de Meyer [4], une incertitude de 1% sur l'estimation de la ressource peut faire varier les revenus annuels d'une centrale CSP de 50 MW installée en Espagne de 310 000 €. De plus, la taille optimale d'un champ solaire et ses coûts d'investissement dépendent fortement du DNI moyen annuel. En bref, une estimation précise et continue de la ressource est indispensable à la viabilité économique d'un projet commercial de centrale solaire thermodynamique. Par conséquent, il faut également des études détaillées fondées sur l'imagerie combinée avec les outils SIG afin de faire un choix judicieux des sites d'implantation et donc mieux évaluer le potentiel des technologies solaires à concentration pour la production de l'électricité.

L'objectif de notre étude est donc de contribuer à la résolution de ce handicap qui est le manque de données DNI. Afin d'y parvenir, la démarche adoptée est la suivante :

Nous avons d'une part collecté les informations à l'aide de questionnaires que nous avons élaborés et d'autre part nous avons traité ces données solaires par cartographie. Une base de données sur les mesures d'ensoleillement de la station météo de Kamboinsé (site du 2ie) a été, en parallèle, mise en place.

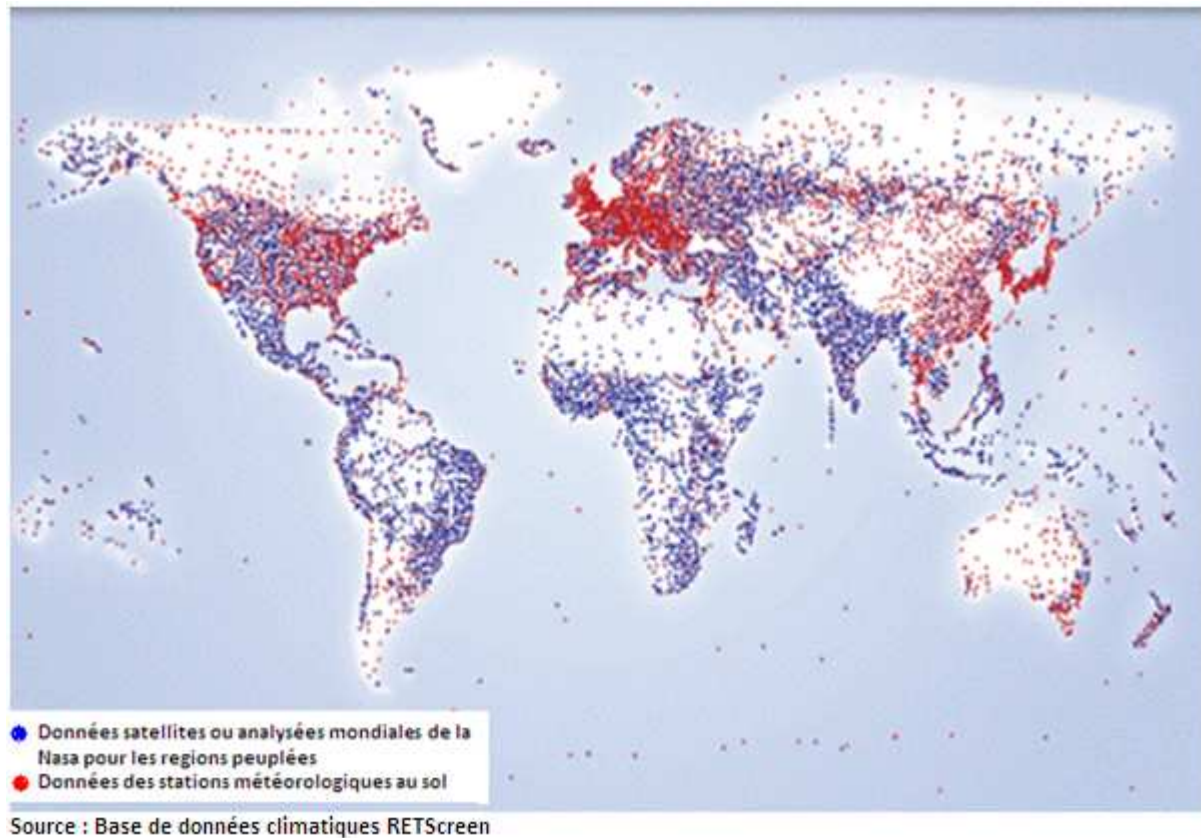


Figure 3. Carte des données climatiques [5]

I-3. Démarche et Organisation du mémoire

La démarche scientifique mise en place a pour objectif d'évaluer précisément la ressource solaire. Aussi le document sera organisé de la manière suivante :

Une première partie présente l'étude bibliographique sur les différentes corrélations déjà établies dont le but est de palier au manque de données d'ensoleillement.

Une deuxième partie sera consacrée au recensement des stations synoptiques de la région ouest africaine avec les appareils de mesure d'ensoleillement qui s'y trouvent.

Une troisième partie est consacrée à la réalisation des cartes d'ensoleillement DNI du Burkina Faso.

Une quatrième partie concernera la proposition de sites potentiels pour l'implantation d'une centrale solaire thermodynamique au Burkina Faso.

Et la dernière partie concernera la mise en place d'une base de données pour la station météo de Kamboinsé.

Les outils utilisés sont (annexe 1) :

- 🖥️ Le logiciel ArcView pour la réalisation de la cartographie.
- 🖥️ Le logiciel Dreamweaver pour la création des sites web.
- 🖥️ Le logiciel Wamp pour la mise en place de la Base de données.
- 🖥️ Le logiciel PowerAMC pour la modélisation des des modèles informatiques.

I.4 .Présentation du Laboratoire d'accueil (LESEE)

Le LESEE est un laboratoire de recherche créé en Novembre 2008 au sein de l'UTER GEI. Par le LESEE, l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) entend contribuer au développement des capacités d'innovation industrielle en Afrique dans le domaine du solaire thermodynamique en mettant à la disposition des Africains des outils nécessaires à une exploitation rationnelle de la ressource énergétique solaire disponible. Les orientations de recherche du laboratoire LESEE se regroupent en quatre grands axes qui sont:

Axe 1 : Evaluation « précise et continue» de la ressource solaire et des besoins en énergie en Afrique.

Axe 2 : Centrales solaires à concentration (thermodynamiques).

Axe 3: Habitat, architecture bioclimatique & Systèmes solaires PV/thermique (basse température).

Axe 4 : Conception optimale et optimisation thermodynamique des systèmes énergétiques

Le thème soumis à notre étude rentre en ligne de compte de l'axe 1.L'équipe de recherche actuelle du LESEE se compose comme suit:

- ✓ Pr. Yezouma COULIBALY
- ✓ Dr. Yao AZOUMAH, responsable du laboratoire LESEE
- ✓ M.Ahmed BAGRE, enseignant-doctorant
- ✓ M.Innocent COMPAORE, doctorant
- ✓ M.Pascal BIEUPOUDE, ingénieur/doctorant
- ✓ M.Henri KOTTIN, Ingénieur
- ✓ M.Justin BASSOLE, technicien Supérieur.
- ✓ Trois (03) stagiaires en fin de cycle : CHOMBOU KAPI Patrick Florian, TAPSOBA Gildas, YAMEGUEU NGUEWO Daniel.

II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

L'installation d'une centrale solaire à concentration nécessite une évaluation précise de la ressource lors du dimensionnement, afin d'optimiser le coût d'investissement. Mais faute d'appareils de mesure de données solaires, plusieurs corrélations ont été développées afin de palier à ce handicap. Il existe, d'une part des, corrélations qui prédisent l'ensoleillement global pour les zones ne disposant pas d'appareils de mesure, d'autre part, il ya des corrélations diffus-global qui permettent d'avoir l'ensoleillement diffus à partir de l'ensoleillement global. Il ya aussi des corrélations qui, à partir de la durée d'ensoleillement journalier prédisent l'ensoleillement global. Mais il faut noter que toutes ces corrélations présentées ci-dessous sont entachées de larges incertitudes. Suivants les corrélations, les incertitudes varient entre 3,8% et 42%.

II.1. Artificial Neural Network (ANN)

II.1.1. Description

Le réseau neural artificiel est une technique de modélisation numérique qui sert à prédire seulement l'ensoleillement global dans les différentes parties du monde. Il ne peut pas être utilisé pour la prédiction de l'ensoleillement direct. L'ANN appartient au groupe d'algorithmes informatiques appelés modèles connexionnistes ou neuronaux [6]. Le modèle d'ANN est inspiré du système neural biologique, avec la capacité d'apprendre, de stocker et de se rappeler des informations basées sur un ensemble de données [7]. Le modèle ANN peut être utilisé dans n'importe quelle région du monde car dans les derniers modèles, des données météorologiques de 31 stations au sol ont été utilisé durant un an pour former et évaluer le réseau. L'ANN utilise cinq paramètres géographiques et météorologiques (la latitude, la longitude, l'altitude, la durée d'ensoleillement et le mois de l'année) comme entrées pour prévoir l'ensoleillement global mensuel. La figure 4 ci-dessous montre le fonctionnement du modèle ANN [7]:

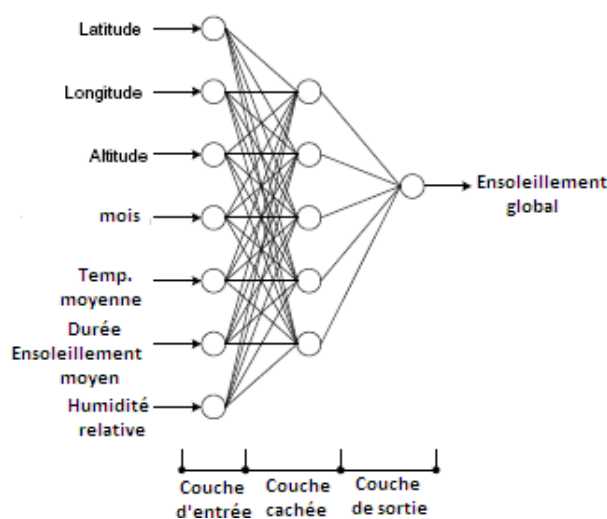


Figure 4. ANN typique utilisé pour la prédiction de l'ensoleillement global [7]

II-1.2. Performance

Les coefficients de corrélation entre les valeurs prévues et les valeurs réelles de l'ensoleillement globale mensuelle obtenu au Nigeria sont illustrés par la figure 5. Les valeurs de 0,978 ; 0,971 et 0,956 obtenues respectivement montre que pour l'ensemble des données, les valeurs de l'ensoleillement global prévu par l'ANN sont très proches des valeurs mesurées [7].

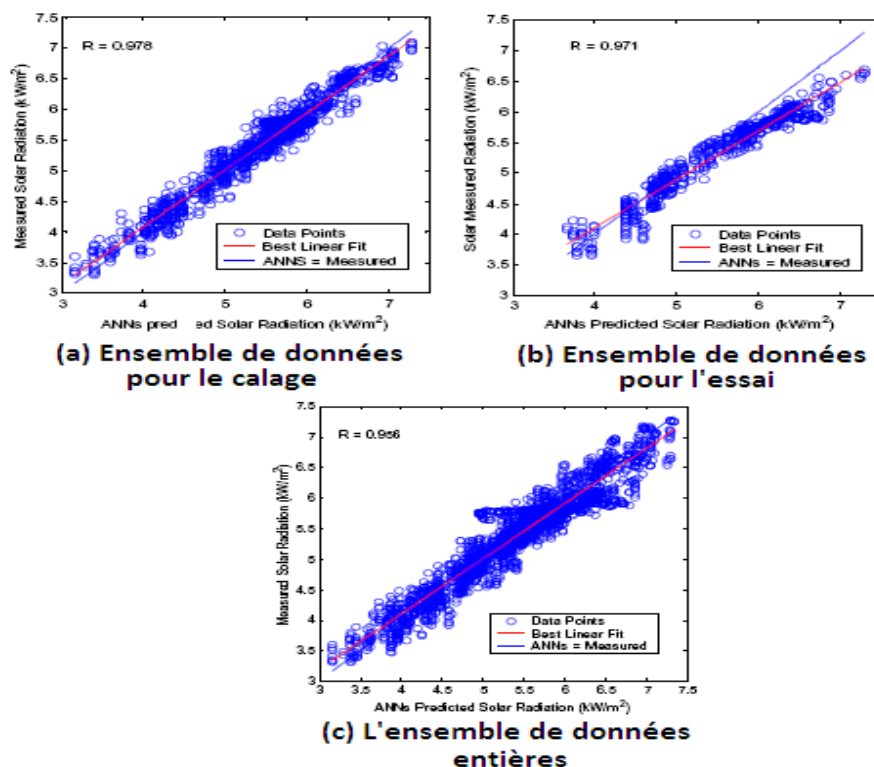


Figure 5. Performance du modèle ANN pour la prédiction du potentiel d'ensoleillement global au Nigeria [7]

II-2. Classification par Approche Satellite

II-2.1. Description

Elle permet d'évaluer l'ensoleillement global horaire à partir d'images satellites (Algérie). Ces méthodes sont classifiées comme des approches à la fois statistiques et physiques : les approches statistiques recherchent des relations empiriques ou des équations de régressions entre les données satellites et les mesures terrestres de l'ensoleillement [8]. Les approches physiques établissent l'équation de transfert de radiation solaire dans l'environnement terrestre.

Exemple : Tarpay a traité des images satellites GOES en 1979 et a obtenu un modèle de radiation solaire représenté par trois équations de régression pour le ciel clair, ciel en partie couvert et ciel couvert [9].

Dans ces conditions deux modèles ont été développés :

• **Le modèle SICIC** (Solar Irradiation from Cloud Image Classification) : Il consiste principalement à l'analyse de la relation entre l'indice de clarté horaire mesurée à la surface de la terre et l'indice de couverture nuageux (n) déduit d'images satellites.

• **Le modèle GISTEL** (Gisement Solaire Par Télédétection) : Comme le modèle SICIC, l'algorithme de GISTEL débute par les corrections atmosphériques à partir d'images Meteosat, puis le calcul des indices de clarté et de couverture nuageux.

II.2.2. Comparaison des modèles

On remarque donc que le modèle SICIC est plus efficace que le modèle GISTEL et ce pour les raisons suivantes [9] :

Nous avons d'abord les paramètres SICIC qui dépendent de l'angle d'élévation solaire (h_s), tandis que ceux de GISTEL sont invariables dans le temps. Ensuite, les courbes de la figure 6 montrent une bonne concordance entre les mesures de radiation solaires et les valeurs données par notre modèle SICIC, tandis que le modèle GISTEL rapporte des déviations importantes, particulièrement pour les petites valeurs d'altitude solaire. Enfin pour les données solaires horaires produites à partir d'image HR (Haute Résolution), la RMSE (erreur quadratique moyenne) utilisée pour comparer deux modèles montre une variation de 11 % à 32 % pour le modèle SICIC (figure 6), tandis qu'il s'étend de 14 % à 42 % pour le modèle GISTEL quand l'angle d'élévation solaire diminue (figure 7).

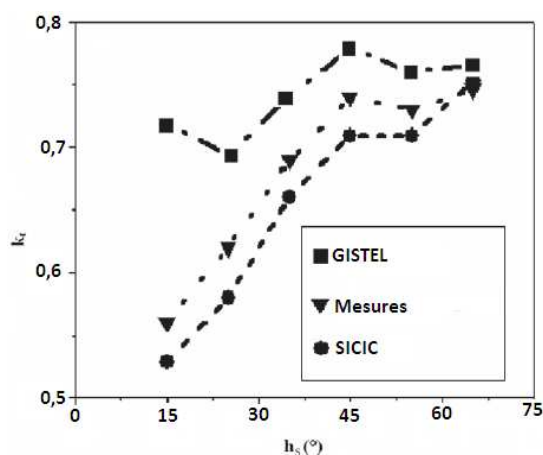


Figure 7. Variation de l'indice de clarté en fonction de l'altitude du soleil [8]

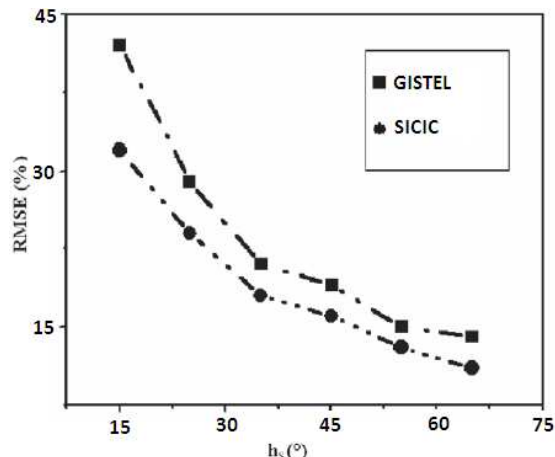


Figure 6. Variation de RMSE en fonction de l'altitude du soleil [8]

II.3.1. Description

Ces corrélations permettent à partir de l'ensoleillement global, de calculer l'ensoleillement diffus, donc de déduire l'ensoleillement direct. Nous avons la corrélation de Reindl et al. [10], de l'Erbs et al [11] qui existaient déjà et la nouvelle corrélation proposée [12].

II.3.2. Performance

Les valeurs mensuelles de RMSE varient de 23,5% à 31,4% pour Reindl et al. [10], 23,9% à 33,4% pour Erbs et al. [11], et de 3,8% à 22% pour la nouvelle corrélation proposée [12]. Les résultats de la figure 8 indiquent au vu des valeurs RMSE, que la nouvelle corrélation diffus-global proposée est plus performante que les deux autres modèles.

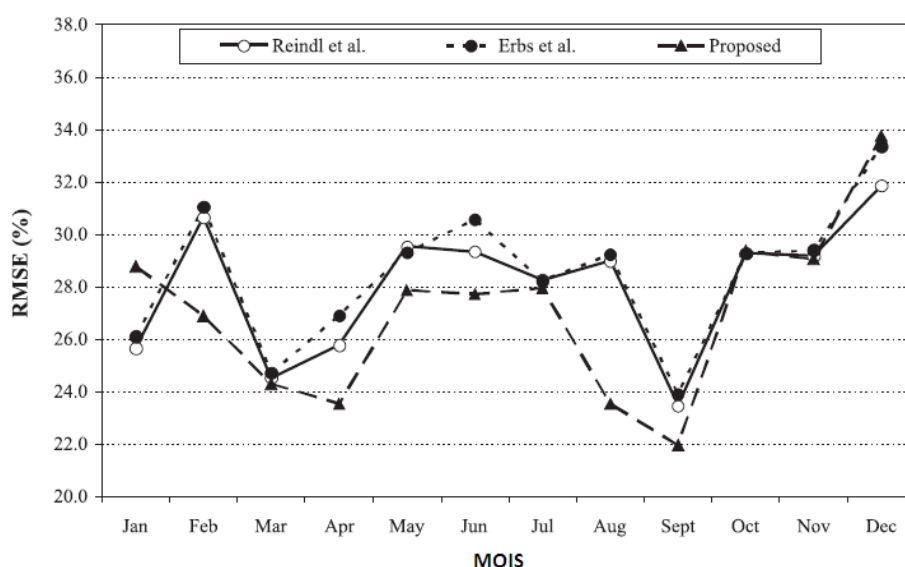


Figure 8. RMSE des trois corrélations diffus-global utilisant les données mensuelles mesurées et prédites [12]

II.4. Conversion de la durée d'ensoleillement en ensoleillement global

II.4.1. Description

Beaucoup de corrélations empiriques existent pour cette conversion, mais la plus simple et la plus largement utilisée pour estimer l'ensoleillement global est la corrélation de Angstrom-Page avec des coefficients de régression appropriés pour chaque ville ou pays [13]. Par exemple au Ghana les recherches menées par Akuffo et Jackson [14] et Otu Danquah [15] ont permis de trouver des coefficients de régression de 0,27 et 0,45 pour le pays.

II.4.2. Performances

En comparant les données d'irradiation globales de MSD avec celles de KNUST on a remarqué que les moyennes mensuelles de MSD étaient toujours élevées par rapport à celles de KNUST. Le pourcentage moyen de la marge d'erreur était de 4,51 % en 1988 quand les deux institutions mesuraient l'irradiation solaire globale. Pendant les huit (8) ans de 1995 à 2002, le pourcentage moyen de la marge d'erreur est passé à 11,8 % [16]. L'augmentation de cette marge d'erreur peut s'expliquer par l'utilisation des formules empiriques pour convertir la durée d'ensoleillement mesurée en irradiation globale mensuelle.

III. RECENSEMENT DES STATIONS SYNOPTIQUES DE LA REGION OUEST AFRICAINE

Afin de bien mener notre étude, nous commencerons par un état des lieux de la situation actuelle. Cela passe par le recensement des stations synoptiques de la région ouest africaine avec les appareils de mesure d'ensoleillement qui s'y trouvent. D'après le bulletin de l'OMM volume A n°9 publié en 2002, aucune station synoptique de l'Afrique de l'Ouest n'est équipée de pyrhéliomètre mesurant l'ensoleillement direct (figure 9). Il existe des héliographes mesurant la durée d'ensoleillement dans la plupart de ces stations mais presque aussi pas de pyranomètre (mesure de l'ensoleillement global ou diffus). Selon toujours le bulletin de l'OMM, certains pays comme la Mauritanie et le Nigeria, en 2002, ne disposaient d'aucun de ces appareils de mesures cités précédemment.

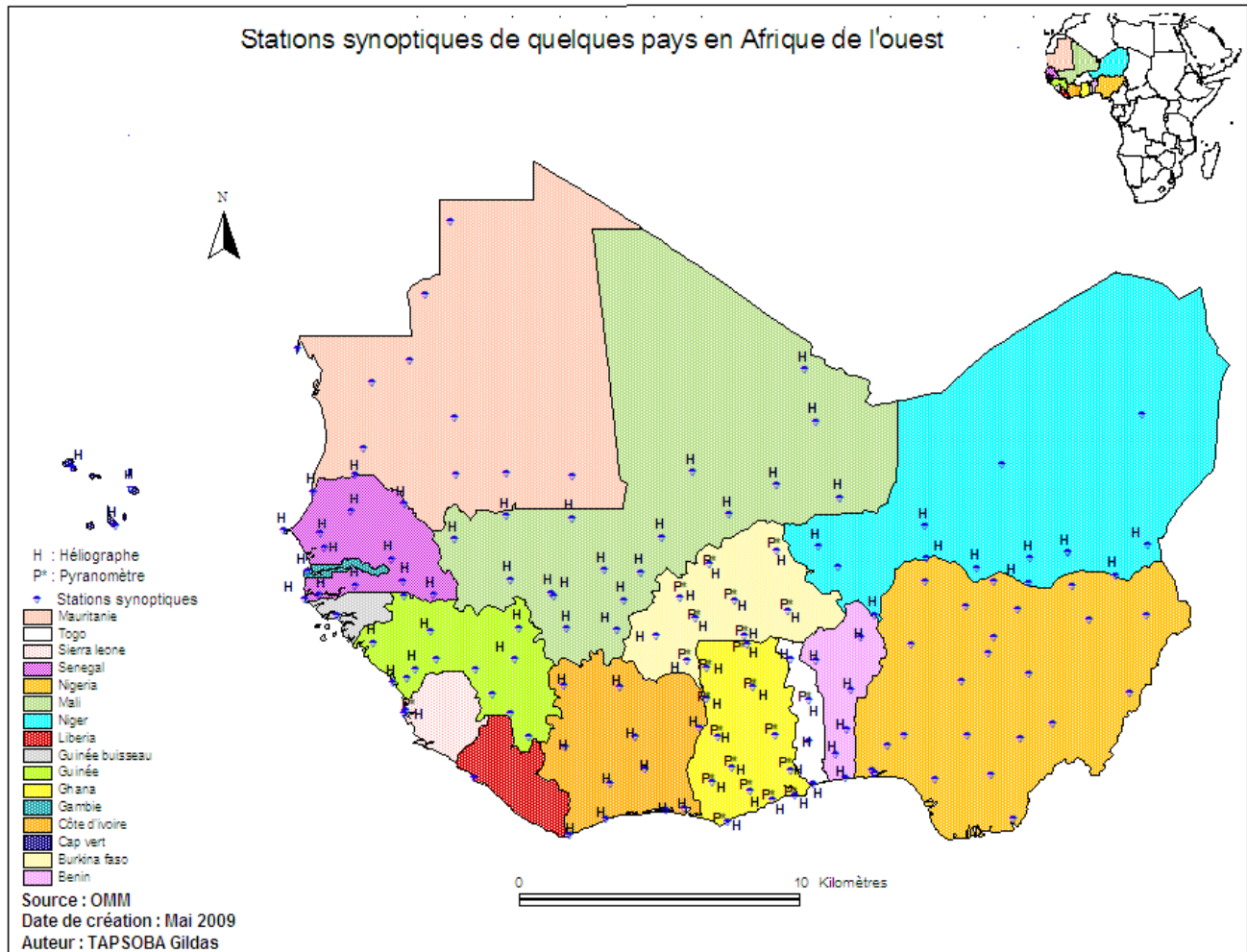


Figure 9. Carte des stations synoptiques de l'Afrique de l'Ouest en 2002

Mais la situation de nos jours semble s'empirer car la plupart des équipements recensés en 2002 ne sont plus fonctionnels de nos jours. Cela s'explique par le non suivi et le mauvais entretien des appareils de mesure. La figure 10 fait l'état des lieux actuels des stations synoptiques de quelques pays de la sous région.

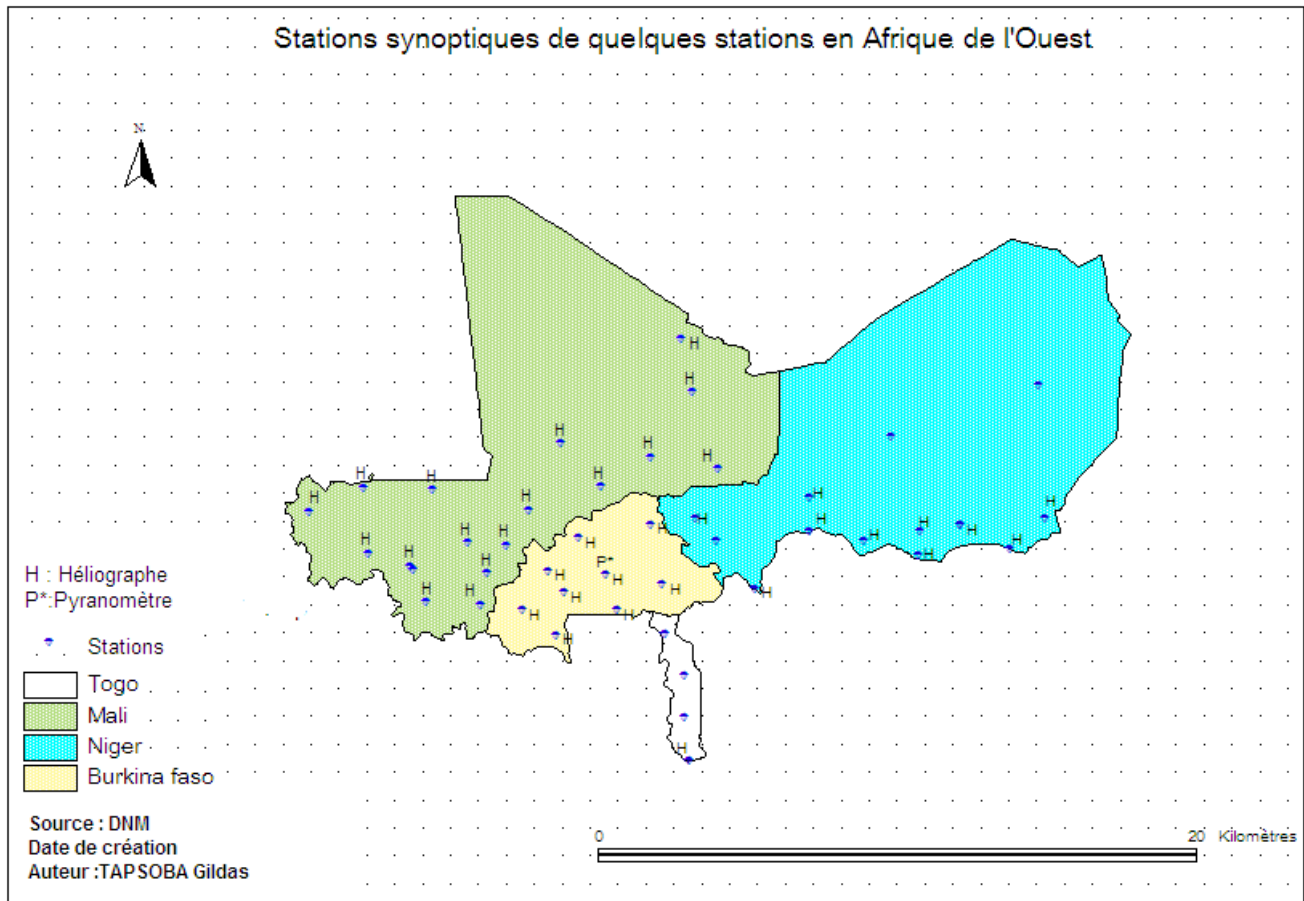


Figure 10. Carte des stations synoptiques pour quelques pays de l'Afrique de l'Ouest en 2009

IV. REALISATION DES CARTES D'ENSOLEILLEMENT GLOBAL DU BURKINA FASO

L'objectif ici est de connaître le potentiel de ressource solaire direct disponible au Burkina Faso avec précision dans un premier temps et par la suite étendre l'étude à toute l'Afrique de l'Ouest. Mais par absence de données DNI, nous établirons les cartes avec les données d'ensoleillement global (annexe 2). Pour réaliser les cartes, nous avons retenu les données des années 1989, 1996 et 2008. Les deux premières dates ont été retenues à cause de la bonne continuité des observations dans la plupart des stations. En effet de 1997 à 2004, nous n'avons que les données des stations de Boromo, Gaoua et Ouagadougou et de 2004 à 2008, nous n'avons que les données des stations de Boromo et Gaoua. L'année 2008 a été retenue dans le souci de disposer de données récentes. Il faut noter que l'ensemble des données nous ont été fournies par la Direction Nationale de la Météorologie du Burkina et les quelques données manquantes ont été reconstituées par interpolation.

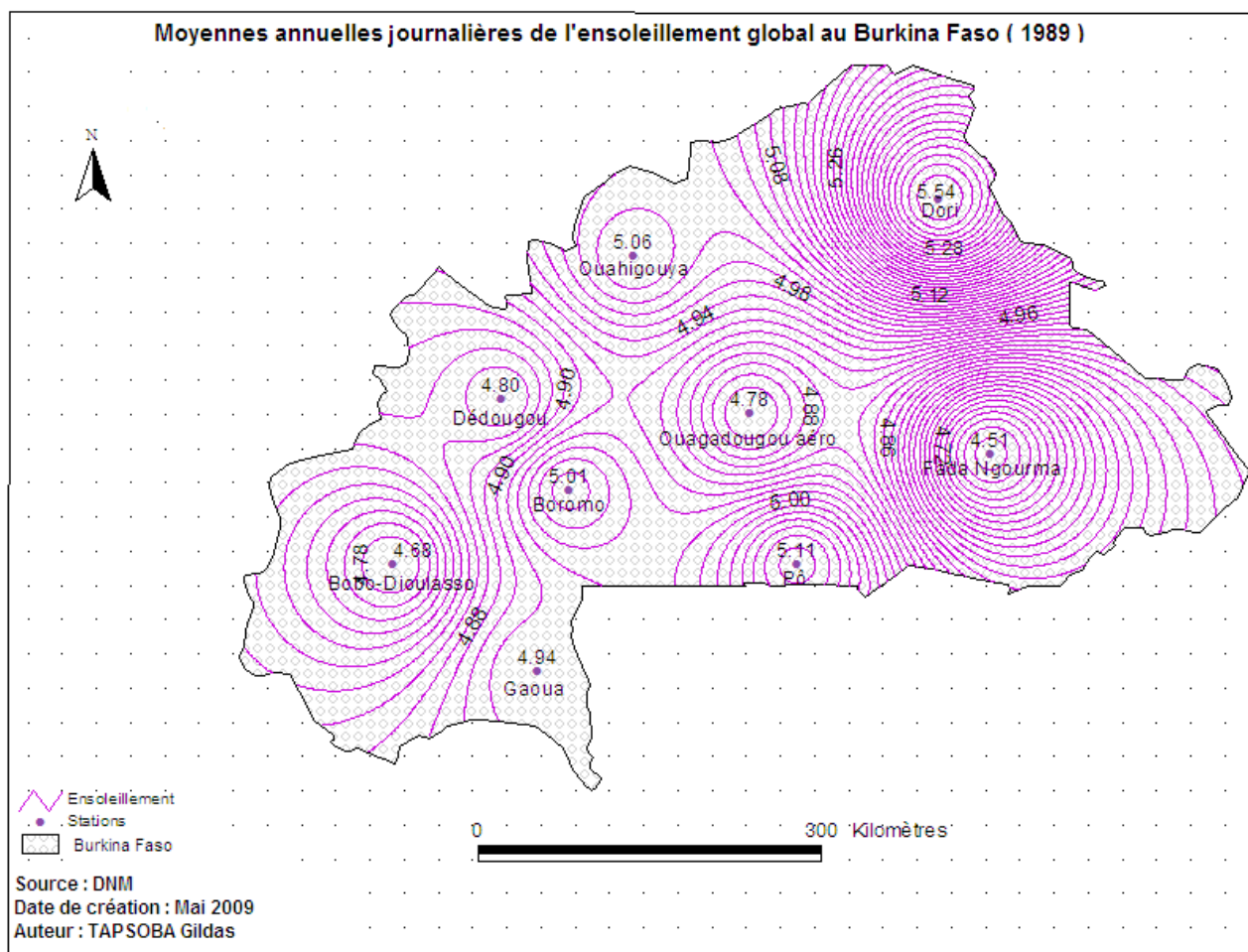
NOTA : Les données de rayonnement qui nous ont été fournies sont exprimées en J / cm². Pour leur expression dans d'autres unités on se rapportera au tableau de conversion ci- dessous :

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ Calories}$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Joules}$$

$$1 \text{ KWh/m}^2 = 360 \text{ Joules /cm}^2 = 86 \text{ Calories / cm}^2$$

Pour mieux évaluer la ressource solaire, des cartes d'ensoleillement ont été réalisées en se basant sur les moyennes annuelles journalières des données de chaque station. Cela nous donnera des informations sur l'ensoleillement moyen par jour sur toute l'année .Nous remarquons que, au Nord du Burkina, vers Dori, il ya une forte densité des courbes d'ensoleillement tandis que, au Centre et au Sud-ouest du pays, ces courbes sont moins denses. Cela signifie que les régions du Nord sont plus ensoleillées que les régions du centre et du Sud-ouest. Les figures 11 et 12 ci-dessous montrent les ensoleillements annuels journaliers avec des valeurs respectives de 5 ,54 et 5,90 KWh /m² relevées en 1989 et 1996 pour la station de Dori.Pour l'année 2008, il n'ya pas de données d'ensoleillement concernant la station de Dori (figure 13).



. Figure 11. Carte d'ensoleillement moyen annuel journalier du Burkina Faso pour l'année 1989

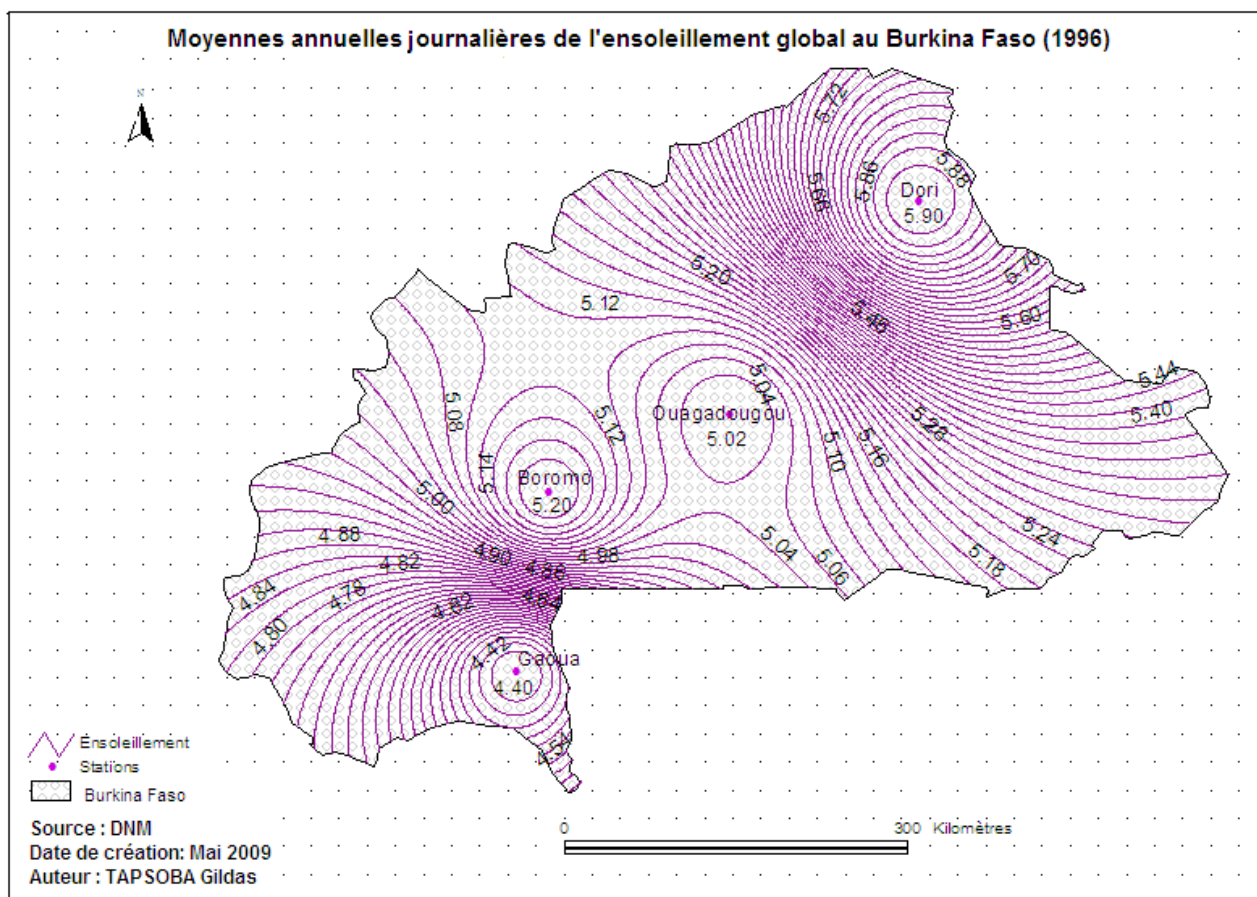


Figure 12. Carte d'ensoleillement moyenne annuelle journalière du Burkina Faso pour l'année 1996

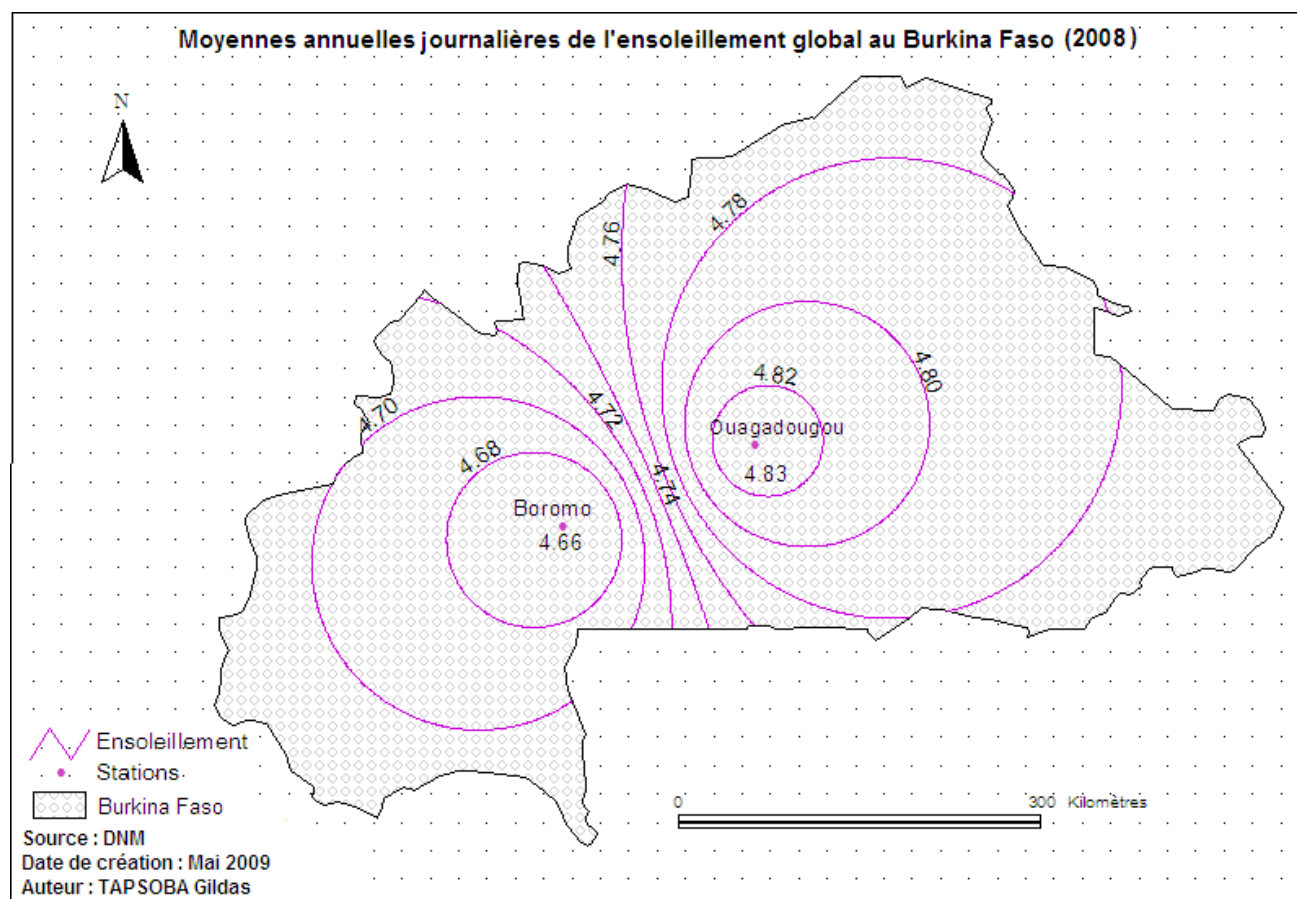


Figure 13. Carte d'ensoleillement moyenne annuelle journalière du Burkina Faso pour l'année 2008

Que ce soit en saison sèche ou en saison pluvieuse, nous remarquons des valeurs maximales d'ensoleillement de $6,23 \text{ kWh/m}^2$ et $5,72 \text{ kWh/m}^2$ relevées respectivement en avril et en août dans la station de Dori pour l'année 1996 (figure 14 et 15). Cela nous laisse présager que la zone la plus ensoleillée au Burkina Faso se trouverait vers Dori.

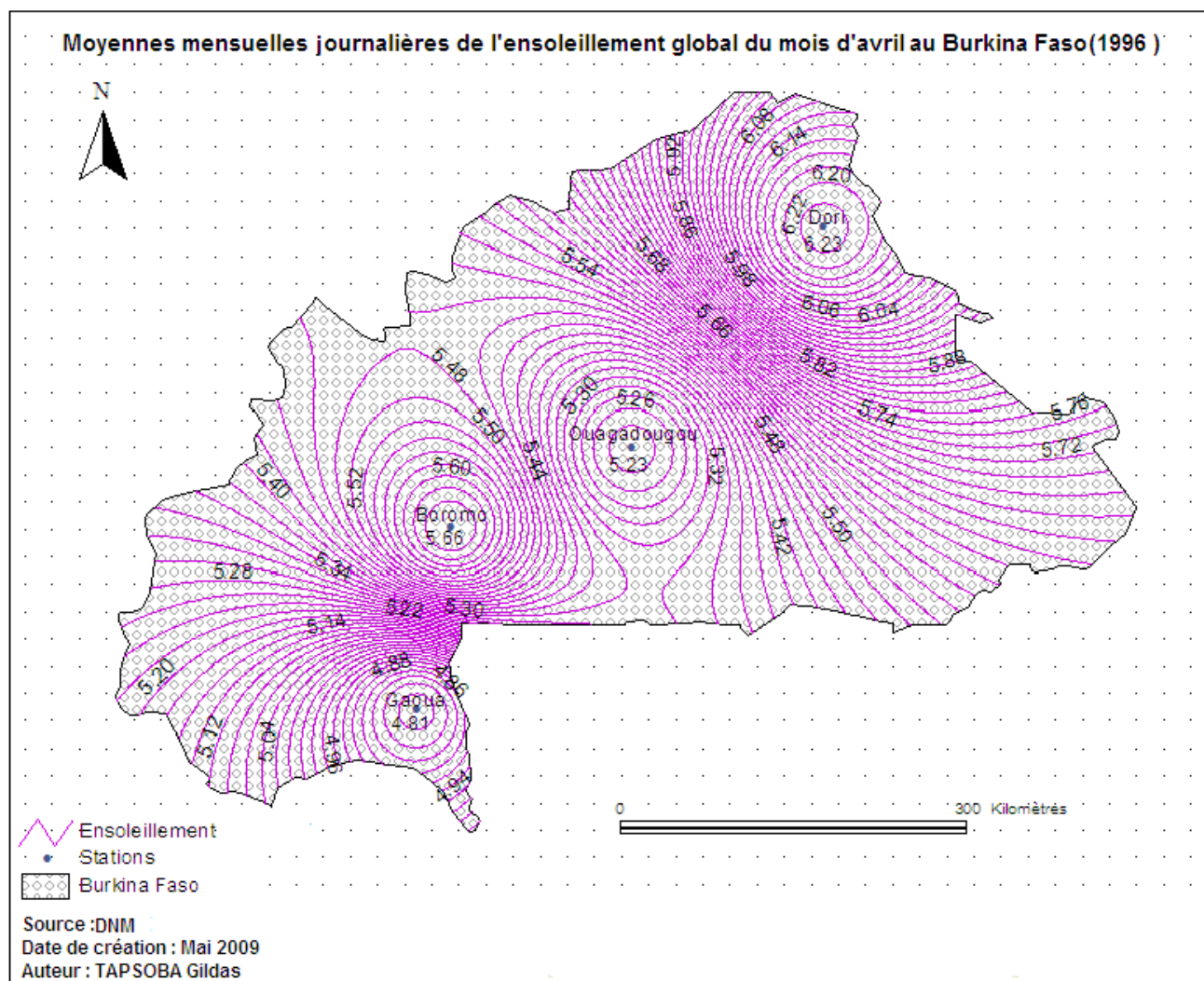


Figure 14. Carte d'ensoleillement moyenne mensuelle journalière du Burkina Faso pour le mois d'avril 1996

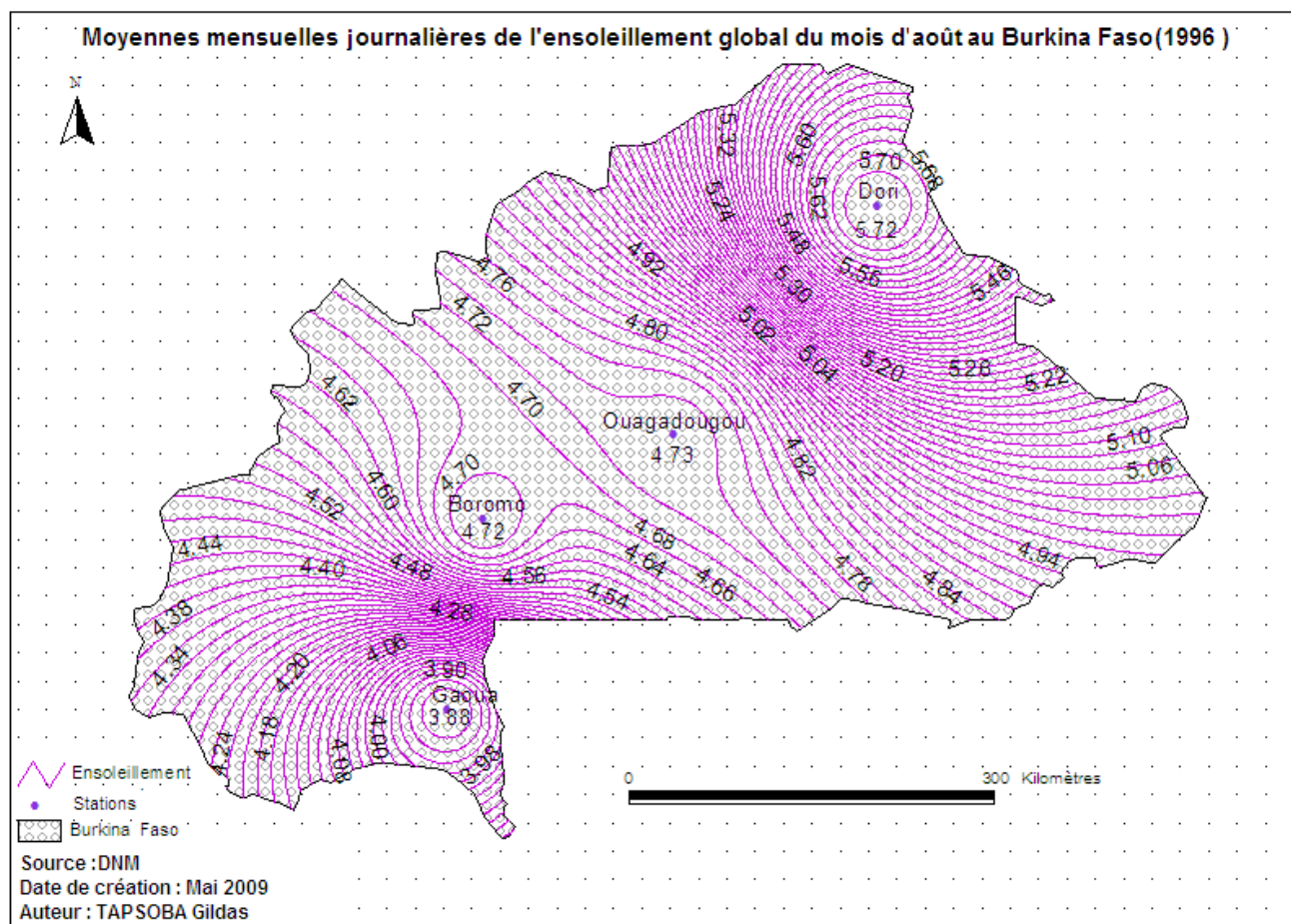


Figure 15. Carte d'ensoleillement moyenne mensuelle journalière du Burkina Faso pour le mois d'août 1996

V. PROPOSITION DE SITES POTENTIELS POUR L'IMPLANTATION D'UNE CENTRALE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Les cartes ci-dessus nous renseignent que le nord du Burkina (région du sahel) possède des sites potentiels pour l'installation d'une centrale thermodynamique, mais pour confirmer cela nous devons étudier la topographie, l'hydrographie, la géologie, les types de sols et l'occupation des terres de cette région (et aussi conforter nos prévisions par une mesure de DNI sur le terrain). En effet, la ressource solaire n'est pas le seul élément de sélection des sites d'implantations de centrales solaires. Un terrain à faible déclivité et n'empiétant pas sur les espaces naturels protégés, zones industrielles ou habitées est nécessaire. Une source d'eau brute de refroidissement est nécessaire à proximité de ces installations puisque le lavage des surfaces réfléchissantes et le refroidissement à eau des cycles thermodynamiques contribuent à l'efficacité de la conversion mais augmentent le besoin en eau.

Citons par exemple quelques conséquences qualitatives directes du choix du site d'implantation [2]:

- une latitude faible implique un soleil plus haut en moyenne dans le ciel, des effets d'ombres et blocages limites et donc un champ solaire plus dense,
- une altitude élevée entraîne un ciel plus pur et donc des flux solaires plus élevés par temps clair, ce qui peut provoquer le choix d'un DNI nominal de dimensionnement plus élevé,
- la proximité d'une ligne électrique à haute tension diminue les pertes électriques et les coûts pour le transport de l'électricité,
- la proximité d'une source de refroidissement permet l'emploi d'un GTA (Groupe Turbo-alternateur) plus efficace. Selon [17] le refroidissement à sec augmente le LEC (coût normalisé de l'électricité) d'environ 10%,
- la nature du terrain influence le type de travaux de génie civil pour le terrassement et les fondations.

Ces conséquences qualitatives nous serviront de critères sur lesquels nous nous baserons pour proposer un site d'implantation. il faut également des études détaillées fondées sur l'imagerie combinée avec les outils SIG afin de faire un choix judicieux des sites d'implantation et donc de mieux évaluer le potentiel des technologies solaires à concentration pour la production de l'électricité. Dans les lignes suivantes, nous étudierons la région du sahel qui présente un atout au niveau ensoleillement plus que les autres régions comme développé précédemment:

V.1.La situation géographique et administrative de la région du sahel

La région du Sahel a été consacrée par loi n°2001-013/AN du 02 juillet 2001 portant création des 13 régions administratives du Burkina. Située à l'extrême nord du pays entre les 13° et 15° parallèles nord, elle s'étend sur 36.166 km² soit 13.2 % du territoire national. Elle est limitée au Nord par la République du Mali, au Nord-est par la République du Niger, au Sud par les régions de l'Est et du Centre Nord, à l'Ouest par la région du nord. La région du Sahel dans ses limites internationales, partage plus de 1500 Km de frontière avec le Mali et le Niger. La région du Sahel comptet quatre provinces (le Séno, le Soum, l'Oudalan et le Yagha), vingt six (26) départements et cinq cent cinquante six (556) villages. Dori est la capitale de la région du sahel. La province du Soum occupe la plus grande superficie de la région avec 35%. L'Oudalan occupe 27,5 %, le Séno 19,3 % et le Yagha 18, 2 % [18].



L'environnement naturel assez difficile de la région du Sahel se caractérise par un climat de type sahélien couvrant l'Oudalan, le Soum et le nord du Séno ; un climat de type soudano-sahélien englobant le Yagha et le sud Séno. La saison pluvieuse très instable va de juin /juillet à septembre/octobre, et la saison sèche peut durer neuf à dix mois avec des températures variant entre 10°C à plus de 43°C. La région du sahel a une pente moyenne de faible valeur (environ 0,12%) globalement dirigé vers l'est. L'altitude moyenne de cette région est de 313,96 m. On y observe les points les plus hauts qui culminent à 480 m dans les localités de Deou et Koutougou, et les points les plus bas se situent à 200 m d'altitude dans les localités de Mansila, Boundoré et Tin-Akoff. (figure 17) Cette zone peut être considérée comme une zone à faible déclivité (**3%**) [2].

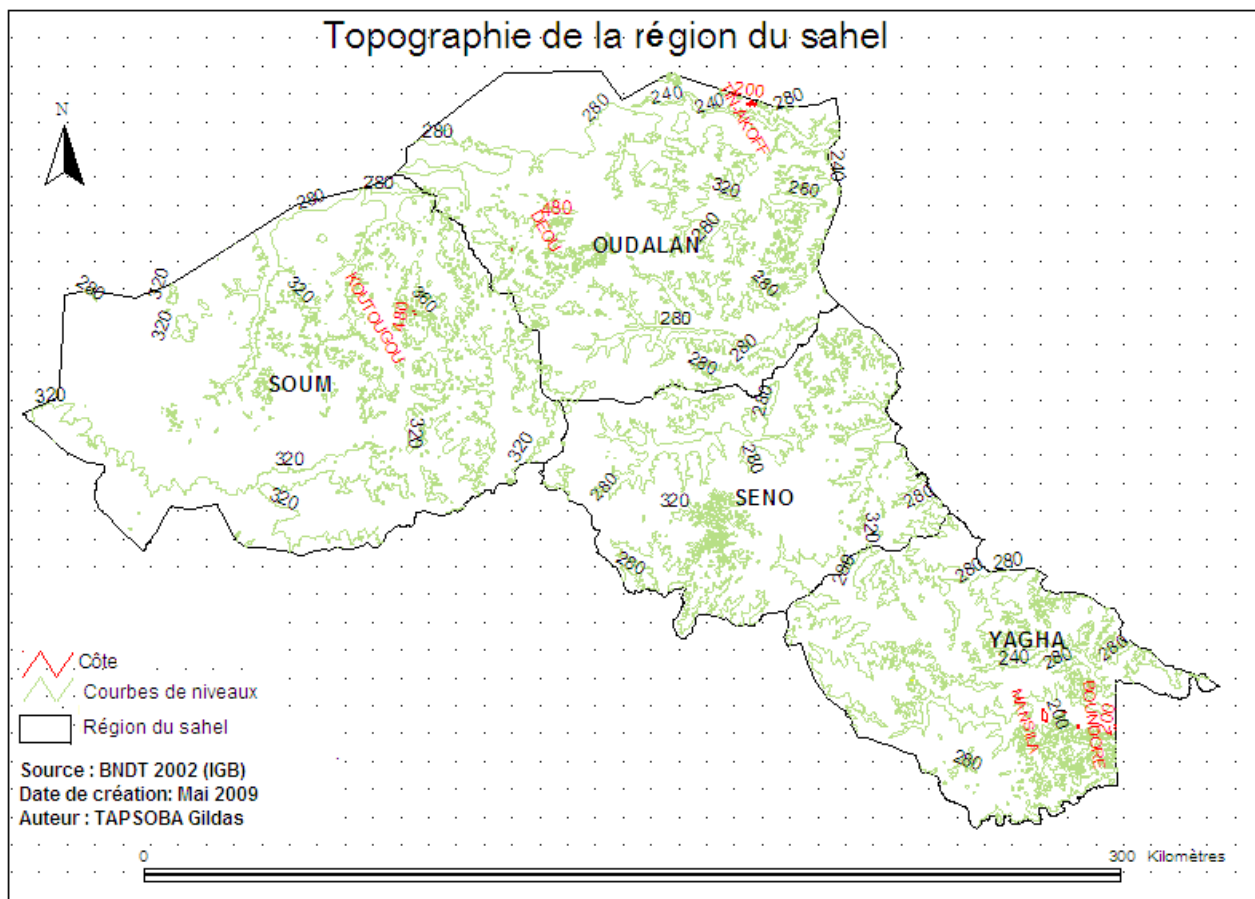


Figure 17. Carte topographique de la région du sahel

V.3. La pluviométrie dans la région du sahel

La pluviométrie dans la région du sahel a été étudiée grâce aux données de quatre stations mise en notre disposition par la météorologie nationale. Ces données concernent la pluviométrie et l'évapotranspiration pour la période de 1989-2008 qui constituent deux paramètres importants pour l'évaluation de la ressource en eau dans une localité. Les stations pluviométriques concernées sont celles des départements suivants: Arbinda, Bani, Dori, Djibo, Gorom gorom, Sebba (figure 18).

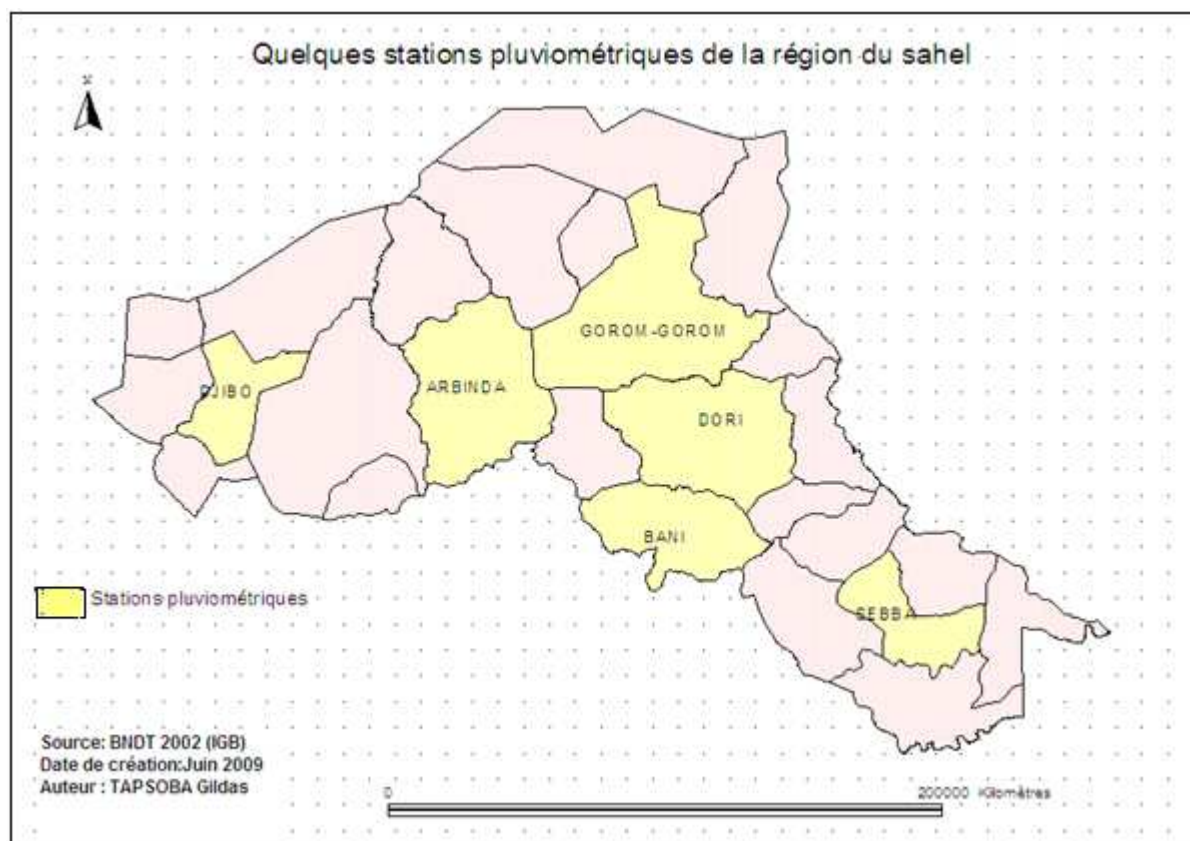


Figure 18 : Carte de quelques stations pluviométriques de la région du sahel

V.3.1.La Pluviométrie

Pour ce premier paramètre, les années 1989, 1996 et 2008 ont été considérées. La moyenne annuelle des pluies pour chaque station est donnée par la figure 19. Nous remarquons une grande variation des hauteurs de pluies en fonction des années. En effet, on enregistre pour l'année 1989 une hauteur de pluie maximale de 510 mm dans la station de Bani contre une hauteur minimale de pluie de 345 mm mesurée à Djibo. Cette grande variation se confirme pour l'année 1996. Par contre, on observe une faible variation des pluies tombées en 2008. Nous pouvons remarquer que sur les trois années étudiées que la localité Djibo est la moins arrosée et que l'année la plus arrosée est celle de 2008. Notons que pour Dori nous n'avons pas eu des données pluviométriques.

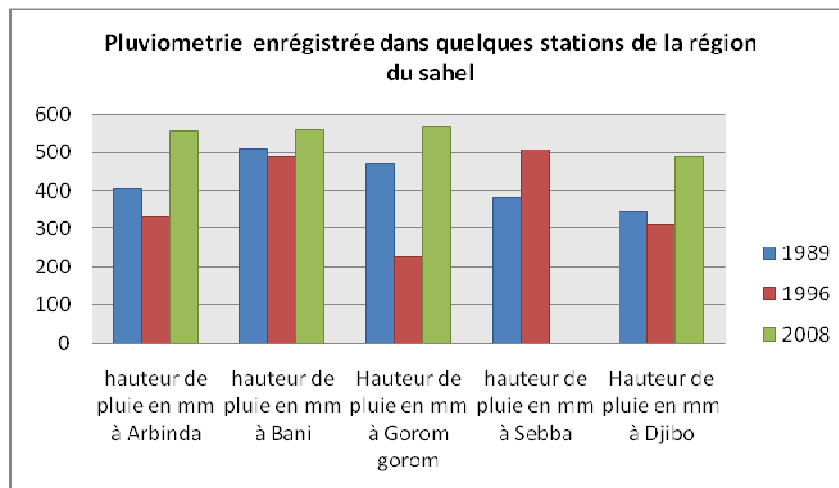


Figure 19: Histogramme des pluies annuelles enregistrées dans quelques stations de la région du sahel

La moyenne interannuelle a aussi été étudiée entre 1994-2003 pour les stations pluviométriques d'Arbinda, de Djibo et de Gorom Gorom. Ces stations ont été retenues à cause du bon suivi des données sur la période considérée. Cette étude révèle que sur dix ans, la localité d'Arbinda affiche la plus grande hauteur de pluies tombée avec 483,36 mm, suivie de Djibo avec 482mm et enfin Gorom gorom qui mesure 459 mm (figure 20). Cela signifie qu'Arbinda et Djibo sur la période 1994-2003, sont les zones où il a plu le plus.

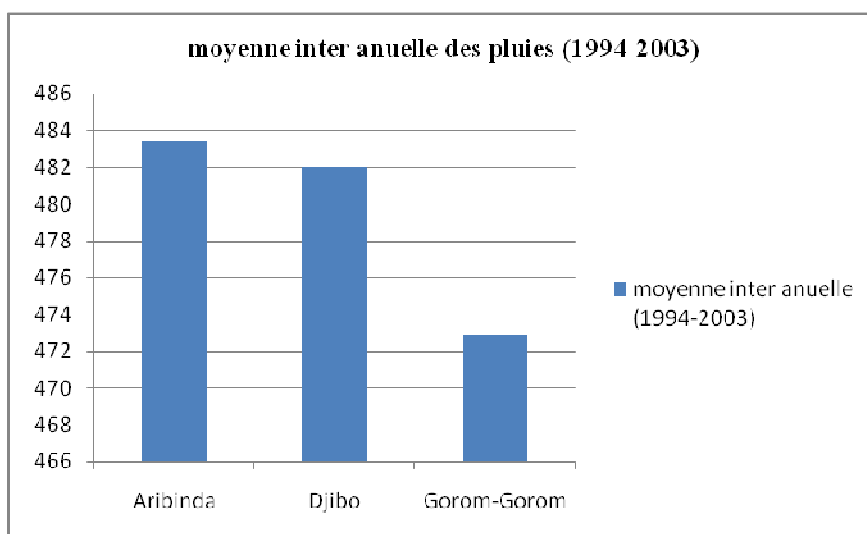


Figure 20: Histogramme des pluies interannuelles enregistrées de 1989-2008

V.3.2.L'évapotranspiration

Le deuxième facteur retenu pour évaluer la ressource en eau est l'évapotranspiration car elle indique la quantité d'eau perdue. Ce phénomène se compose, d'une part, de l'évaporation directe qui s'effectue à partir des sols humides et des différents plans d'eau, mais aussi de la transpiration des végétaux. Cette évapotranspiration dépend de deux éléments : la chaleur fournie par le rayonnement solaire et la quantité d'eau disponible dans le sol. La quantité d'énergie solaire arrivant à la surface terrestre est le facteur déterminant de l'évapotranspiration. L'évaporation n'est pas la même en saison sèche qu'en saison pluvieuse, elle est beaucoup plus importante en saison sèche lorsque le rayonnement solaire est le plus intense. La figure 21 montre la moyenne inter mensuelle des évapotranspirations pour une période allant de 1989 à 2008. Les données mises à notre disposition sont celles de la station pluviométrique de Dori. Nous remarquons que les mois Mai et Juin sont ceux où l'évapotranspiration est importante avec des valeurs respectives de 196mm et 182 mm.

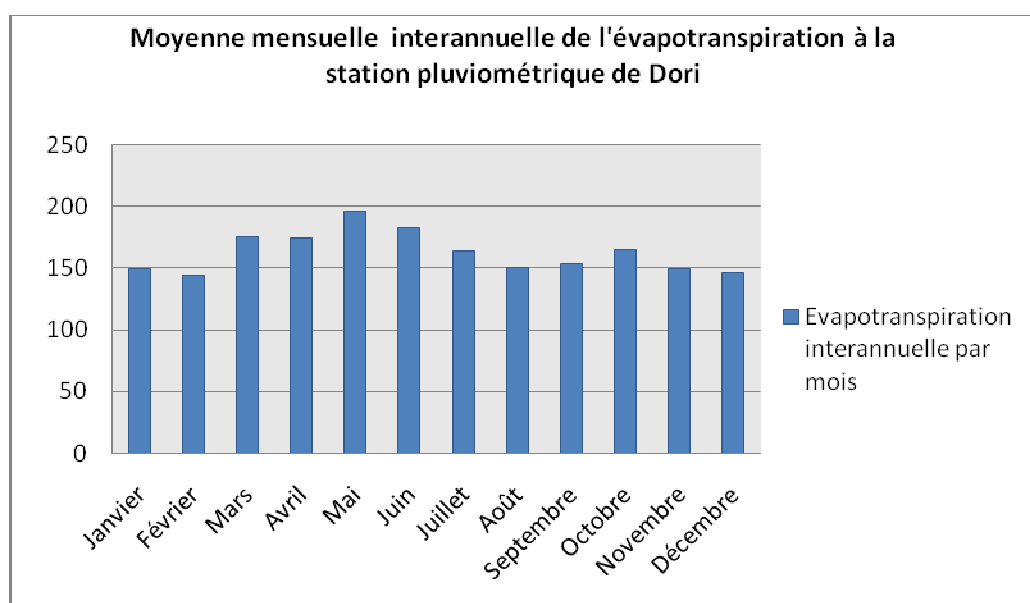


Figure 21: Histogramme des évapotranspirations inter mensuelles à Dori pour la période 1989-2008

Aussi l'histogramme de la moyenne annuelle ci dessous (figure 22) montre que sur la période de vingt ans considérée, l'année 1993 est celle où l'évapotranspiration enregistrée est la plus importante contrairement à l'année 2008 où on relève la plus faible valeur (151mm).

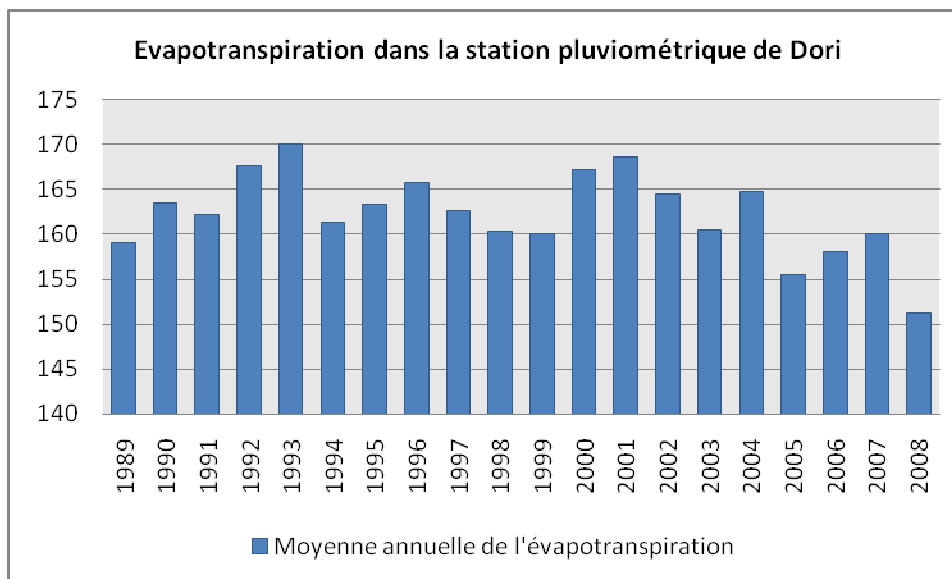


Figure 22: Histogramme des évapotranspirations annuelles à Dori

Nous remarquons globalement dans la région du sahel une très faible pluviométrie (< 600mm par an) comparativement aux régions sud et ouest du pays où les hauteurs de pluies se situent entre 1000-1200 mm par an. A cela s'ajoute une forte évapotranspiration qui fait de la région du sahel une zone où la ressource en eau est rare.

V.4.L'hydrographie

La longueur totale des chevelues (figure 23) dans la région du sahel est de 23 292,08 km. Nous avons des cours d'eau permanents et des cours d'eau non permanents. La région compte treize cours d'eau dont dix temporaires et trois permanents et soixante seize plans d'eau repartis comme suit: cinquante huit plans d'eaux permanents et dix huit plans d'eaux artificiels (figure 23). Le réseau hydrographique est donc relativement dense, constitué essentiellement : du Béli dans l'Oudalan, du Gorouol (Séno/Oudalan), du Feildégassé ou Goudébo (Ouadalan), du Sirba, du Yali et du Faga (Yagha). Le réseau comprend, en plus, un grand nombre de mares naturelles et de bas-fonds [18].

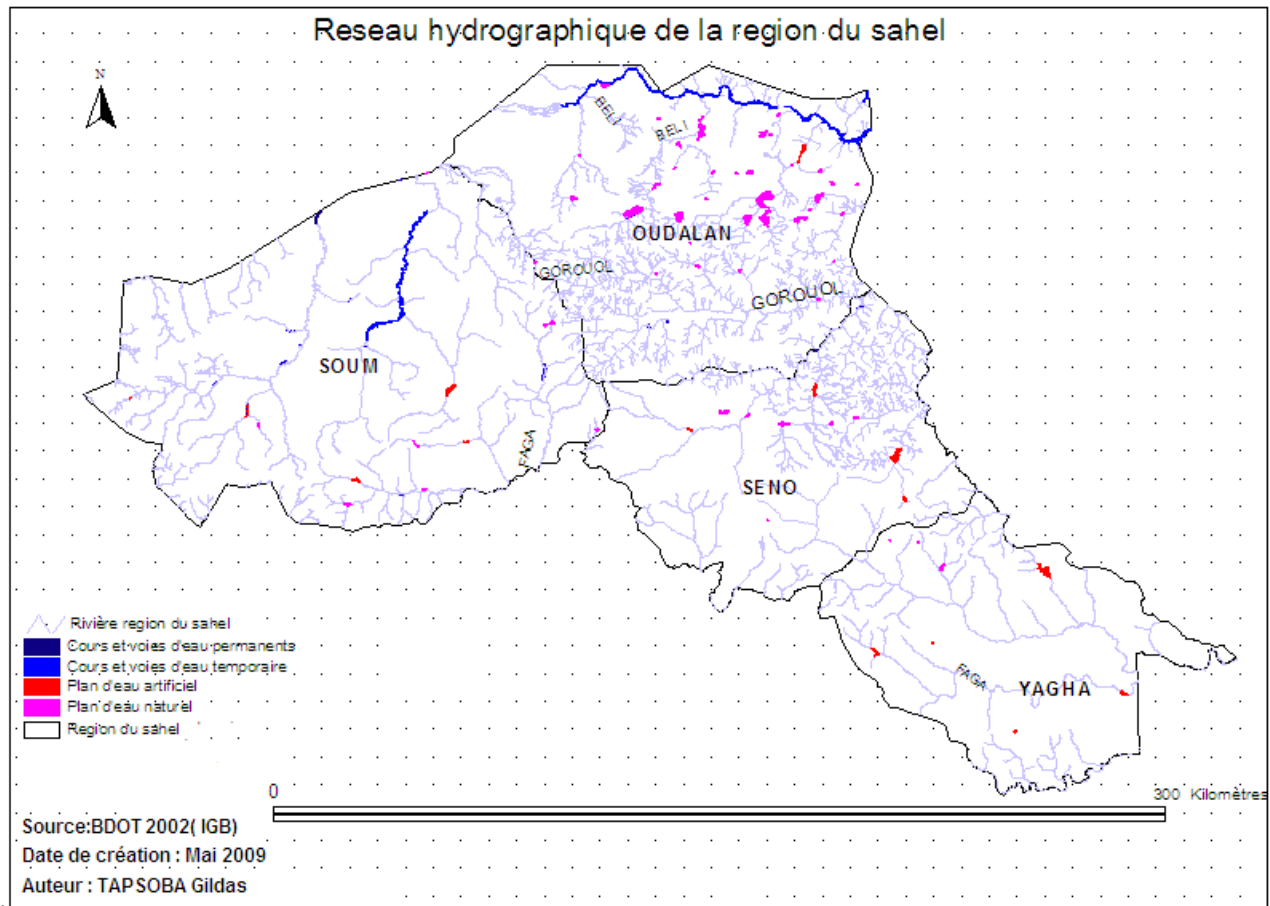


Figure 23: Carte hydrographique de la région du sahel

Cependant un problème de ressource en eau se pose vu que la région du sahel est la zone où il pleut le moins et où l'évapotranspiration est très importante. Ce qui fait que, à un moment de l'année, la majorité des plans d'eau et les cours d'eau sont presque asséchés, alors que nous avons besoin d'eau pour refroidir notre système (cycle thermodynamiques). Exemple : les centrales CSP californiennes en consomment $3,4 \text{ m}^3/\text{MWh}$ produits. Pour y remédier, nous pouvons nous intéresser aux petites unités qui n'ont pas besoin de beaucoup d'eau pour leur refroidissement et une solution consiste à recycler l'eau de pluie afin de l'utiliser dans notre centrale. Nous pouvons aussi envisager les turbines à gaz pour conversion thermique à électricité qui ne nécessite pas d'eau où enfin envisager un refroidissement par air, mais pour une centrale à cycle vapeur, cette technologie augmente le coût de l'électricité produite d'environ 10% [17].

V.5. La géologie de la région du sahel

La région du sahel à un relief étroitement lié au contexte géologique .La région offre plusieurs types de formation de roches regroupés dans le tableau suivant:

Tableau 1:Répartition géologique de la région du sahel

Types de formation geologique	Superficie(ha)	Pourcentage (%)	Périodes géologiques		
Amphibolo (pyroxenites, métagabbros noritiques)	58253,62	1,62	PRECAMBRIEN A,	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)
Continental terminal (Neogène)	4500,18	0,13	TERTIAIRE		
Dolomies à stromatolites Calcaires	201195,61	5,59	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Facies grenus basiques associés aux metavolcanite	26242,35	0,73	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Gabbros (vanadiferes type Tin Edia)	12432,18	0,35	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Gneiss	20605,84	0,57	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Granites	204131,81	5,67	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Granodiorites (tonalités indifférenciées, granites calco-alcalins)	76914,30	2,14	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Gres de base (gres quartzites et conglomérats)	48551,19	1,35	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Leptynites, migmatites leptynitiques	108390,09	3,01	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Metasédiments argileux ou argilogresseux	221915,23	6,17	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Métavolcanites neutres à basiques	185513,01	5,15	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Migmatites (à biotite amphibole, granites indifférenciés)	1849991,47	51,40	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Pegmatites et aplites granites pegmatitiques et aplitiques associés	22785,42	0,63	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Roches volcano-sédimentaires	25650,87	0,71	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)		
Schistes argileux multicolores	168201,35	4,67	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)		
Secteurs à prédominance de métavolcanites et pyroclastites acides	26171,00	0,73	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	
Volcano sédimentaire (tufs, laves et sédiments associés)	337503,30	9,38	PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)	PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)	

La figure 24 montre que les formations migmatites du Précambrien C et D (annexe5) couvrent plus de 50 % du sahel. Les migmatites sont des roches métamorphiques formées d'un mélange de roches sombres et de roches claires.

On distingue :

- à la frontière Nord du pays, à l'exception de quelques rares reliefs résiduels dont les altitudes sont inférieures à 400 m, tout le socle est couvert de dunes de sables ;
- quant aux altitudes inférieures à 250 m, elles représentent les zones de dépressions, les bas-fonds, les vallées, souvent avec un recouvrement argileux assez épais masquant les structures existantes.

Pour implanter une centrale solaire dans un site le type de roches est important car il influe sur les conditions de stockage de l'énergie. Les sols meubles et couvert de sable sont à éviter.

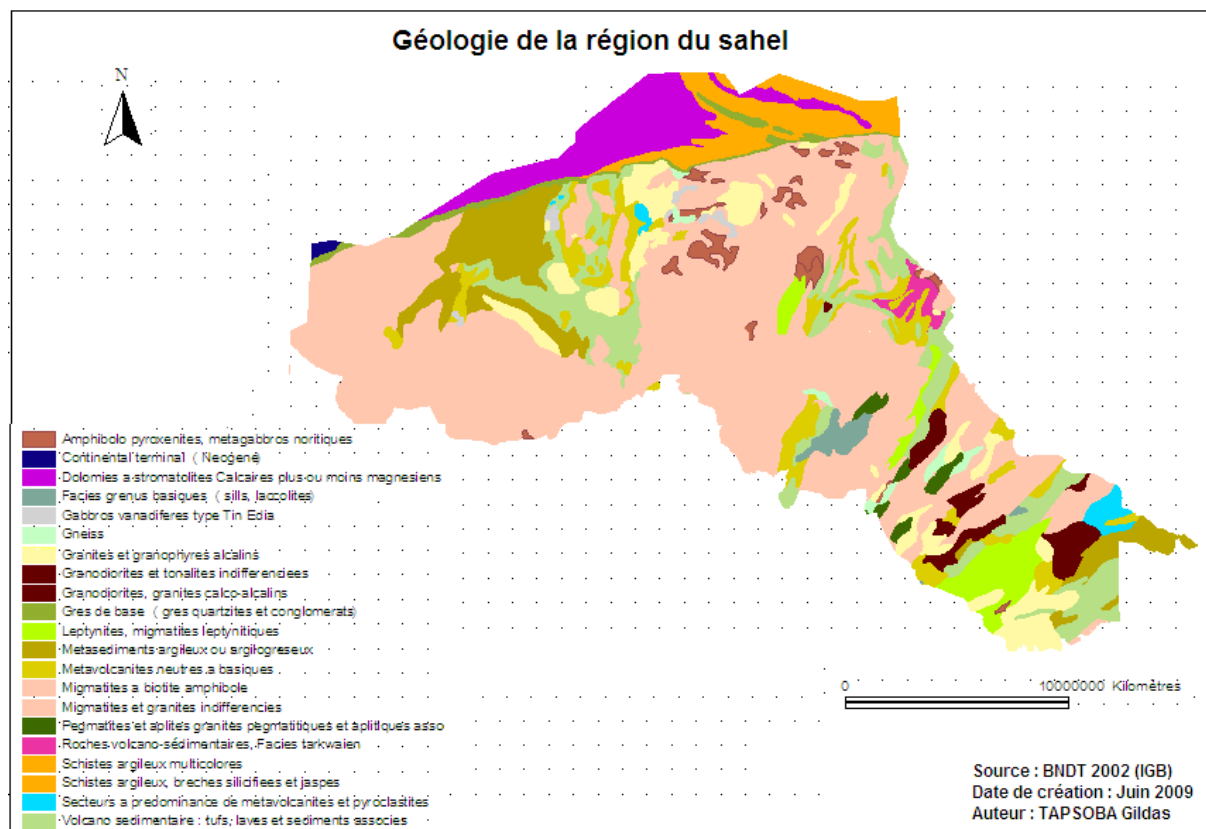


Figure 24: Carte géologique de la région du sahel

V.6. Les Classes de sols dans la région du sahel

La région du sahel a un sol aussi complexe que son relief. On y distingue neuf classes de sols réparties comme suit:

Tableau 2: Répartition des sols dans la région du sahel

Classes de sols	superficie (ha)	poucentage(%)
Sols Fersiallitiques	595244,6	16,54
Sols Halomorphes	763235,87	21,21
Sols Hydromorphes	149606,64	4,16
Sols Isohumiques	472960,88	13,14
Sols Minéraux Bruts	78883,85	2,19
Sols à Mull	226817,32	6,30
Sols à Sesquioxides et Matière Organique rapidement Minéralisée	154169,77	4,28
Sols Peu évolués	1130999,4	31,43
Vertisols et Paravertisols	27014,33	0,75

Au sahel les plus représentés sont les sols peu évolués d'érosion avec **31,43%** (figure 25). A l'instar des sols minéraux bruts, ils se rencontrent partout. Ensuite viennent les sols halomorphes (**21,21%**). Les contraintes physiques des sols peu évolués sont liées à :

- leur faible profondeur (sols peu évolués d'érosion)
- leur texture grossière
- leur faible disponibilité en eau
- leur forte sensibilité à l'érosion
- leur discontinuité texturale pouvant provoquer au sein du profil des horizons engorgés (sols peu évolués d'apport).

Néanmoins, les sols peu évolués sur roches basiques présentent généralement une richesse minérale élevée en calcium et magnésium. Ces sols sont ainsi convoités par les paysans qui y pratiquent des cultures en terrasse.

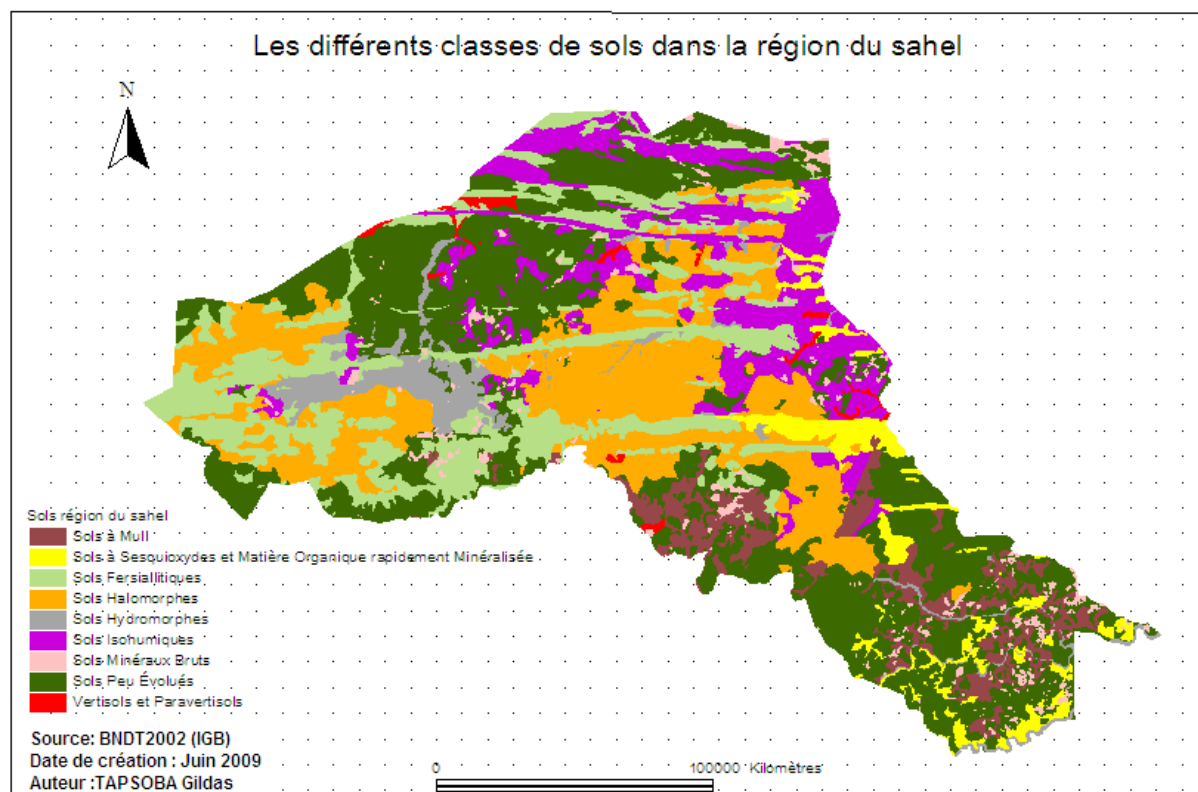


Figure 25: Carte des différentes classes de sol de la région du sahel

V.7.L'occupation des terres

La superficie totale de la région est de 3 615 277,59 ha mais les occupations des terres que nous étudions est d'environ 3 395 609,49 ha soit 93,92% de la superficie totale. La figure 26 montre que les steppes constituent la majeure partie du couvert végétal dans la région du sahel.

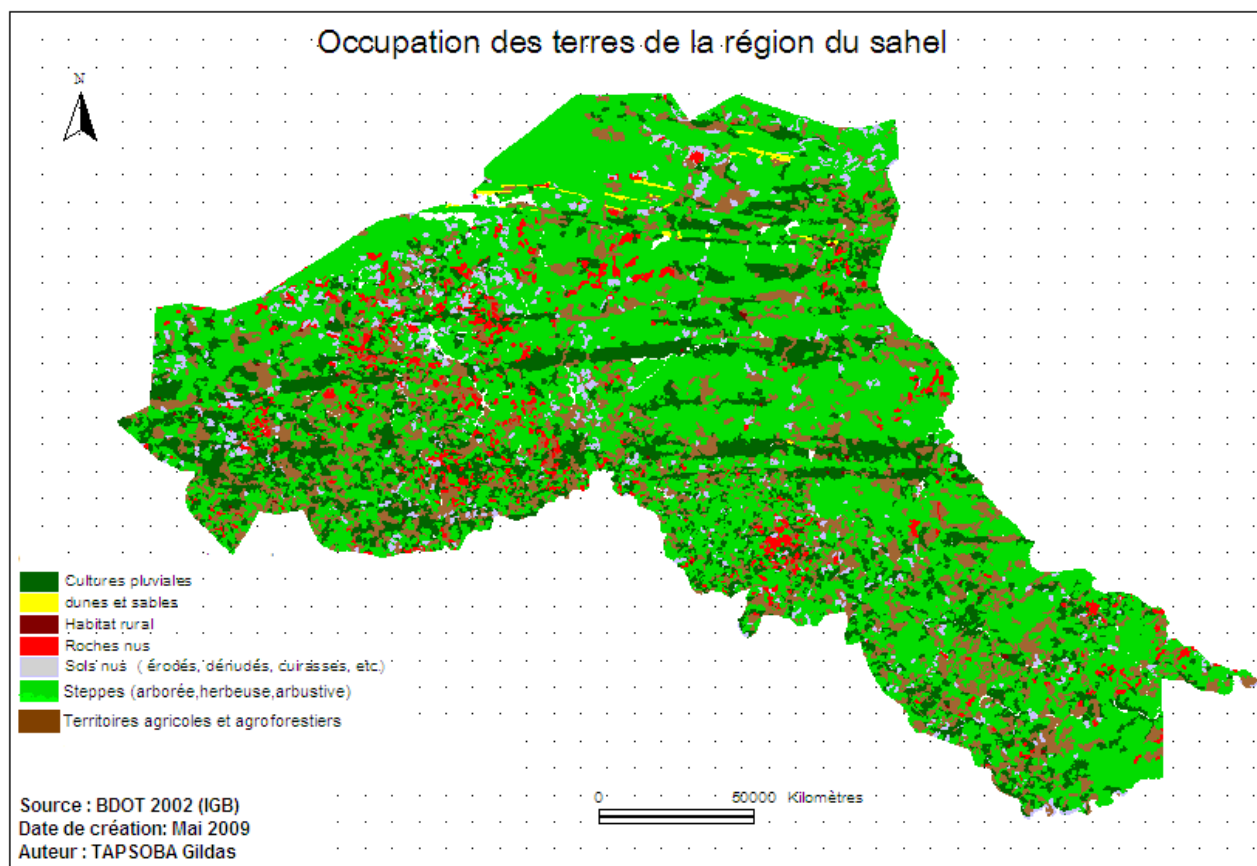


Figure 26: Carte d'occupation des terres de la région du sahel

Le tableau 3 donne la modalité d'occupation des terres étudiées repartie comme suit :

Tableau 3: Répartition des occupations des terres dans la région du sahel

Occupation des terres	superficie (ha)	poucentage(%)
Cultures pluviales	547 396,75	15,14
dunes et sables	6 302,54	0,17
habitat rural	1 662,44	0,045
roches nues	64 942,90	1,79
sols nus (érosions, dénudés)	79 240,14	2,19
steppes (herbeuse, arborée, arbustive)	2 147 673,63	59,4
Territoires (agricoles et agroforestiers)	548 391,09	15,168

De toutes les surfaces occupées (3 395 609,49 ha), l'habitat rural occupe le moins d'espace avec 0,045%. Les surfaces cultivées sont de 15,14% contre une formation végétale de 59,40% essentiellement composée de steppes. Les roches et sols nus qui représentent 3,98% se retrouvent en majorité dans la province de Soum. Les roches nues sont composées d'éboulis, de falaises, de rochers, d'affleurements rocheux, et de laves. Les sols nus sont eux des sols dégarnis de couvert végétal. Généralement ces sols sont des matériaux meubles sensibles à l'érosion (décapage, ablation).

V.8. Le réseau électrique dans la région du sahel

La production d'électricité concerne trois localités que sont : Dori, Djibo et Gorom gorom. Dans chacune de ces villes la production est assurée par une centrale thermique dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau 4: Caractéristiques des différentes centrales thermiques dans la région du sahel

Centrale thermique	Puissance installée (KVA)	Nombre d'abonnés	Nombre de techniciens
Dori	1770	2252	6
Djibo	650	1700-1800	5
Gorom Gorom	550	706	5

Nous constatons que la centrale de Dori a la plus grande puissance avec un réseau de distribution plus étendu.

V.9 .Analyse et proposition de sites

L'implantation d'une centrale solaire thermodynamique peut se faire à Djibo (dans la province de Soum) car cette localité remplies toutes les conditions pour être un site idéal, surtout au niveau de la pluviométrie où Djibo enregistre une hauteur de pluie interannuelle non moins important. Cependant il faut aussi souligner que tout comme Djibo, Dori rempli aussi bien les critères pour être retenu comme un site d'implantation. En plus de ces critères Dori jouit d'une position stratégique car elle est le chef lieu de la région du Sahel avec un réseau de distribution plus étendu. Nous disons donc que Dori en premier lieu et Djibo en second lieu peuvent être retenus comme des sites potentiels pour implanter une centrale solaire sous réserve de confirmation avec les mesures de DNI sur place. Par ailleurs, pour améliorer cette étude, il faudra envisager le renforcement des stations synoptiques déjà existantes par des équipements pour les mesures d'ensoleillement global et direct ; et le 2ie par son laboratoire LESEE se chargera de coordonner leur suivi par la création d'une base de données. Signalons à ce sujet que pour la station du 2ie située sur le site de Kamboinsé une base de données est en cours d'élaboration. Cette base va accueillir les informations concernant l'ensoleillement (direct-diffus),

l'insolation, la vitesse du vent, la température, la pression et l'humidité relative. Le paragraphe suivant décrit un peu cette base de données dont nous avons aussi débuté la création parallèlement aux travaux ci-dessus développés.

VI. CREATION D'UNE BASE DE DONNEES POUR LA STATION METEOROLOGIQUE DE KAMBOINSE

VI.1. Définition et utilité d'une base de données

Une base de données (son abréviation est BD, en anglais DB, data base) est un élément concret dans lequel il est possible de stocker des données structurées et avec le moins de redondances possibles. Elle répond aux besoins : d'accès selon de multiples critères, d'intégration des données et de relation entre les données. Cela est d'autant plus utile que les données informatiques sont de plus en plus nombreuses. La base de données en cours d'élaboration vise comme finalité le stockage de tous les paramètres mesurés par la station de Kamboinsé et d'autres futures stations du genre. Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé **SGBD** (système de gestion de bases de données). C'est un ensemble d'outils (applications logicielles) permettant de gérer les bases de données, c'est-à-dire :

- permettre l'accès aux données de façon simple
- autoriser un accès aux informations à de multiples utilisateurs
- manipuler les données présentes dans la base de données (insertion, suppression, modification)

VI.2. La méthodologie

VI.2.1. Merise

Plus qu'une <<méthode d'analyse>>, merise est avant tout une méthode ou plus exactement une démarche de construction de système d'information [20]. Cette méthode est basée sur la séparation des données et des traitements à effectuer en plusieurs modèles conceptuels et physiques. Dans la conception de notre base de données, nous nous sommes appesantis sur les modèles physiques et conceptuels de données.

Le tableau suivant donne la liste des appareils et des paramètres mesurés dans la station météorologique de Kamboinsé. Ces informations seront introduites dans notre base de données:

Tableau 5: Liste des appareils de mesure dans la station météorologique de Kamboinsé

Appareils de mesures	Paramètres mesurés
Pyranomètre	Ensoleillement Global
Pyranomètre	Ensoleillement Diffus
Pyrhéliomètre	Ensoleillement Direct
Héliographe	Insolation
Thermomètre	Température
Hygromètre	Humidité relative
Anémomètre	Vitesse du vent
Baromètre	Pression atmosphérique

VI.2.2. Le Modèle Conceptuel de Données

La formalisation des données au niveau conceptuel constitue le modèle conceptuel de données du système d'information du point de vue des données et définit également les dépendances ou relations entre ces différentes données.

Les concepts de base du MCD sont :

 **Entité** : une entité ou individu est la représentation dans le SI d'un objet matériel ou immatériel de l'univers du discours (monde réel).

 **Association** : L'association est un lien sémantique entre une ou plusieurs entités : l'association peut être réflexive, de préférence binaire, parfois ternaire, voire de dimension supérieure. Elle peut également être porteuse d'une ou plusieurs propriétés. Les associations se représentent dans une ellipse (ou un rectangle aux extrémités rondes), reliée par des traits (pattes) aux entités qu'elles lient logiquement.

 **Propriété** : La propriété peut être définie comme une donnée élémentaire ou atomique. Appelées également attributs ou colonnes (dans le modèle relationnel), les propriétés servent à décrire les entités et les associations. Elles prennent des valeurs appelées occurrences de la propriété.

 **Cardinalités** : C'est le nombre d'occurrences d'une entité qui peut intervenir dans une association.

- La cardinalité minimum est le nombre minimum d'occurrences d'une entité X dans l'association considérée.
- La cardinalité maximum est le nombre maximum d'occurrences d'une entité X dans l'association considérée.

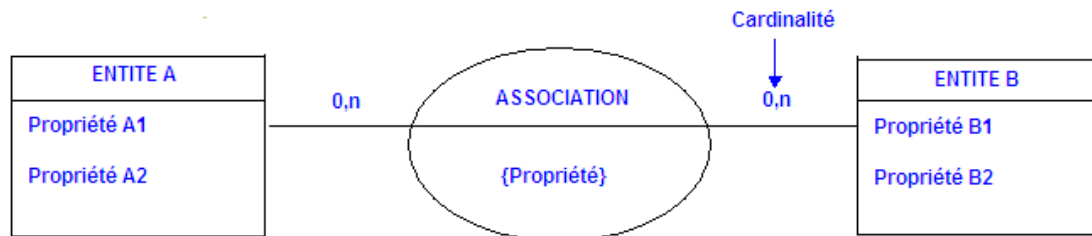


Figure 27:Formalisme du MCD

Par conséquent, les valeurs de cardinalités sont en générales **0,1**; **0, n** ; **1,1** ; **1, n**. La validité des cardinalités du MCD est imposée par les règles de gestion. Dans le cas de la station météorologique de Kamboinsé, les règles de gestion sont définies comme suit:

Règle de gestion1 : chaque appareil mesure un paramètre à différentes heures de la journée

Règle de gestion2 : chaque paramètre ne peut être mesuré que par un et un seul appareil à différentes heures de la journée.

Le MCD qui en résulte se présente de la manière suivante :

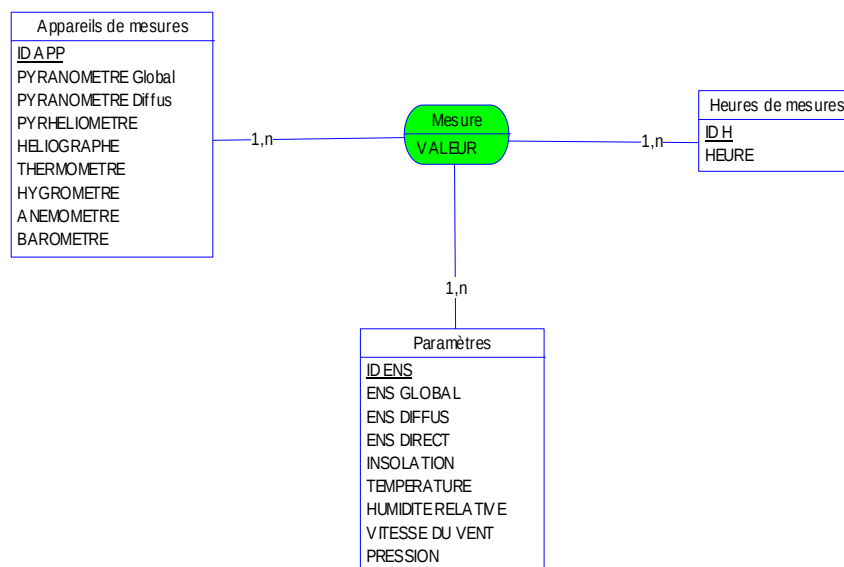


Figure 28 : MCD du système d'information

VI.2.3. Le Modèle Physique de Données

Le MPD est généré après validation du MCD par le logiciel Power AMC. C'est un outil de conception de base de données qui permet de définir la mise en œuvre des structures physiques et des requêtes portant sur des données. Le script issu du MCD est la traduction du modèle en langage SQL (Structured Query Language). Pour interpréter ce script nous avons choisi MySQL comme SGBD.

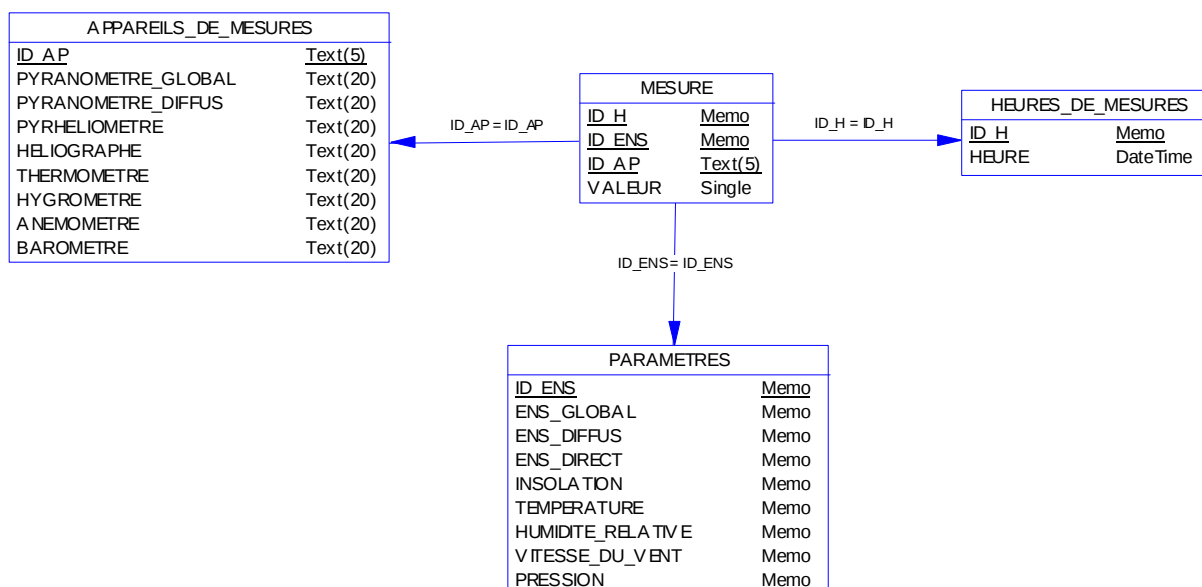


Figure 29:MPD du système d'information

VI.2.4. Le formulaire

Il assure l'interfaçage entre la base de données et les utilisateurs. Une bonne qualité de l'ergonomie permet au formulaire d'être plus agréable et plus conviviale. Cela se traduit par une utilisation plus simple, plus satisfaisante et avec des risques d'erreurs réduits. Le formulaire peut intégrer des contrôles (cases à cocher, zones d'options, listes déroulantes). Il est souvent considéré comme le troisième objet des bases de données, par ordre d'importance décroissante, après la table et la requête.

Pour la Base de données de Kamboinsé nous avons utilisé le logiciel Dreamweaver. Ce logiciel nous a permis d'une part de créer notre formulaire (figure 30) et d'autre part de réaliser la connexion entre notre base de données et le formulaire.



Figure 30: Formulaire d'accueil de la Base de données pour la station météorologique de Kamboinsé

VII.CONCLUSION

La ressource solaire est abondante en Afrique mais l'évaluation de cette ressource reste un problème car la plupart des données sont fournies par des satellites alors qu'une évaluation non précise de la ressource augmente le coût d'installation d'une centrale solaire. Dans la recherche de solution circonscrit à l'Afrique de l'ouest, nous avons soumis des questionnaires à plusieurs structures (de recherches et météo). Les informations reçues grâce à ces questionnaires nous ont permis d'abord de faire l'état des lieux des stations synoptiques en Afrique de l'ouest. Cet état des lieux montre que la situation s'est dégradée, puisque de nos jours la plupart des appareils de mesure d'ensoleillement recensés en 2002 ne fonctionnent plus. Ensuite, en réalisant des cartes d'ensoleillement global du Burkina Faso à partir de ces données, il a été ressorti que le nord du Burkina est la zone la plus ensoleillée et que l'implantation d'une centrale pourrait se faire dans cette zone. Et pour confirmer cette tendance, nous avons étudié la région du sahel (nord du Burkina Faso). Nous pouvons conclure, sous réserve d'implanter des stations météorologiques dans ces localités, que Dori et Djibo sont des sites potentiels pour implémenter une centrale au Burkina Faso. Par ailleurs nous recommandons le renforcement des stations synoptiques existantes par des équipements de mesure afin d'avoir des informations précises sur l'ensoleillement direct au Burkina Faso. Nous proposons que le suivi de ces paramètres mesurés soit assuré par le 2ie à travers une base de données. Signalons que pour la station météorologique de Kamboinsé, nous avons commencé la mise en place d'une base de données pour suivre les données d'ensoleillement mesurée.

Ce stage effectué au laboratoire LESEE ne s'est pas déroulé sans difficultés surtout au niveau de l'acquisition des données dans les différentes structures. Mais il nous a permis de mettre un pied un temps soit peu dans le monde de la recherche et de nous y initier en apprenant la rigueur au travail, l'esprit critique et d'équipe qui y prévalent et de mettre en pratique les connaissances théoriques que nous avons reçues au cours de l'année.

VIII.BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Ferriere, Les centrales solaires thermodynamiques, In: J.-C. Sabonnadière, Nouvelles technologies de l'énergie 1 : les énergies renouvelables (Traité EGEM, série Génie électrique), (2006).
- [2] P. Garcia, Outils d'évaluation technico-économique et d'aide à la conception des centrales solaires thermodynamiques du futur, thèse de doctorat, université de Perpignan, France, (2007).
- [3] Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie (IEPF) .Les énergies nouvelles et renouvelables. Les fiches techniques PRISME n°4, 2008.
- [4] R. Meyer, C. Hoyer, E. Diedrich, Use of long-term solar irradiance products derived from satellite for solar power project development, In Proceedings Solar World Congress ISES, 6-12 août 2005, Orlando, USA, (2005).
- [6] Azimian AR. Application of artificial neural network in pipe flow calculations. In: 4th International conference on heat transfer, fluid mechanics, and thermodynamics, Cairo, Egypt; 2005.
- [7] Fadare DA, Modelling of solar energy potential in Nigeria using an artificial neural ..., Appl Energy (2009), doi:10.1016/j.apenergy.2008.12.005
- [8] Mefti A, Bouroubi MY, Adane A. Satellite approach based on cloud cover classification: Estimation of hourly global solar radiation from meteosat images. Energy Conversion and Management 49 (2008) 652–659
- [9] Tarpley JD. Estimating incident solar radiation at the Earth's surface from geostationary satellite data. J Appl Meteorol 1979; 18:1172–81.
- [10] Reindl DT, Beckman WA, Duffie JA. Diffuse fraction corrections. Sol Energy 1990;45:1–7.
- [11] Erbs DG, Klein SA, Duffie JA. Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation. Solar Energy 1982; 28:293–302.

- [12] Jayanta Deb Mondol, Yigzaw G. Yohanis, Brian Norton. Solar radiation modelling for the simulation of photovoltaic systems. *Renewable Energy* 33 (2008) 1109–1120.
- [13] Akuffo, F O (1991), Solar and Wind Energy Resources Assessment-Final Report, Volume I&II: Preliminary Data Analysis and Evaluation, A consultancy report prepared for the Ministry of Energy, Ghana
- [14] E. A. Jackson and F. O. Akuffo, Correlation between monthly average daily global irradiation and relative duration of sunshine at Kumasi, Ghana (1992).
- [15] Otu Danquah, Associate Programme Officer, National Energy Board, Ghana, Private Communication (July 1990).
- [16] Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, KNUST. Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) for Ghana (July 2003)
- [17] D. Kearney, P. Svoboda, P. Nava, Impact of design choices and site influences on solar thermal electric plant economics and performance, *J. Sol. Energy Eng.*, (1997) 389-396.
- [18] Ministère de l'économie et du développement, cadre stratégique régional de lutte contre la pauvreté Juin 2005 ;
- [20] J.-P. Matheron, Comprendre Merise. Outils Conceptuels et Organisations. N°5677, Septembre 2003

Sites

- [5] www.retscreen.net/fr/climate_database_map_image.php
- [19] www.primature.gov.bf/burkina/cartepostale/fdgeologie.htm

IX .ANNEXES

Annexe 1:Présentation deslogiciels utilisés	42
Annexe 2:Données du rayonnemen global.....	44
Annexe 3 : Données pluviométriques	45
Annexe 4: Données d'évapotranspiration.....	48
Annexe5 : Apperçu géologique du Burkina Faso.....	49

Annexe 1:Présentation des logiciels utilisés

❖ Logiciel Arcview

ArcView est un logiciel SIG (Système d'information Géographique) mise au point par la société ESRI permettant de visualiser, de gérer, de créer et d'analyser des données géographiques. ArcView permet de mieux comprendre le contexte géographique des données, dévoilant ainsi des relations et des propriétés sous de nouveaux angles. ESRI-Avenue était son langage de programmation jusqu'à sa version 3.3. Il est remplacé aujourd'hui par le VBA.Pour plus d'information, voir le site web officiel de ESRI : www.esri.com

❖ Logiciel Wamp

Wamp veut dire "Windows Apache, MySQL, PHP5".C'est une plate-forme de développement Web sous Windows. Il vous permet de développer des applications Web dynamiques à l'aide du serveur Apache2, du langage de scripts PHP et d'une base de données MySQL. Il possède également PHPMyAdmin et SQLite Manager pour gérer plus facilement vos bases de données.Pour plus d'information, voir le site web officiel de Wamp: www.wampserver.com

❖ Logiciel dreamweaver

Le logiciel Dreamweaver a été créé par Macromedia (et géré maintenant par Adobe) et permet la conception de sites web.Il fait partie de la famille des logiciels WYSIWYG (What You See Is What You Get): Ce logiciel permet de visualiser le résultat du code et propose en outre une assistance à l'écriture du code puisque la manipulation d'éléments graphiques génère automatiquement des coordonnées codées. La prévisualisation dans un navigateur confirmera immédiatement le comportement de la page avant sa publication. Dreamweaver code les pages au format HTML (format constitué de balises qui s'insèrent dans le texte des pages) en respectant les recommandations de l'organisme W3C qui gère les normes de conception des sites web. La partie Editeur de code du logiciel permet la modification rapide du contenu des pages, de leur mise en forme, de l'insertion d'images, de liens ou d'autres éléments habillant la page Web.La partie Gestion du site permet d'organiser tous les fichiers composant le site et de les publier sur le serveur distant pour qu'ils soient accessible via Internet.Pour plus d'information , voir le site web officiel de Dreamweaver :www.adobe.com/fr/products/dreamweaver .

❖ Logiciel PowerAMC

PowerAMC est un logiciel de modélisation qui permet la réalisation de tous types de modèles informatiques (création d'un MCD, puis de génération du MPD) et la génération d'un script de création de tables vers une base de données cible (SQL Serveur 2000 par exemple). A noter qu'il reste un des seuls qui permet de travailler avec la méthode MERISE. Créé par SDP sous le nom AMC*Designor et racheté par Powersoft, ce logiciel est produit par Sybase depuis le rachat par cet éditeur en 1995. Hors de France, la version internationale est commercialisée par Sybase sous la marque PowerDesigner. Pour plus d'information, voir le site web officiel de PowerAMC : www.sybase.com

Annexe 2:Données du rayonnement global

Tableau 1 : Année 1989

STATIONS	INDICATIF	RAYONNEMENT GLOBAL MENSUEL JOURNALIERE (J/cm ²)											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bobo-Dioulasso	200099S	1538	1830	1886	1929	1933	1832	1658	1395	1613	1727	1565	1305
Boromo	200107S	1792	1860	1922	2047	2031	1882	1747	1492	1758	1810	1723	1563
Dori	200026S	1892	2003	2070	2262	2282	2014	2010	1851	1959	1972	1902	1700
Dédougou	200054S	1666	1774	1971	1971	1892	1777	1629	1535	1734	1717	1641	1443
Fada Ngourma	200089S	1457	1514	1708	1871	1891	1731	1614	1408	1633	1572	1647	1444
Gaoua	200140S	1845	1907	1878	1986	2044	1838	1581	1399	1712	1864	1713	1575
Ouagadougou	200001S	1668	1788	1833	1978	1979	1821	1637	1437	1757	1722	1641	1386
Ouahigouya	200035S	1767	1891	1967	1959	2045	1963	1831	1642	1789	1745	1713	1554
Pô	200114S	1783	1835	1912	2002	2106	2215	1650	1483	1817	1870	1811	1579

Tableau 2 : Année 1996

STATIONS	INDICATIFS	RAYONNEMENT GLOBAL MENSUEL JOURNALIERE (Unité: J/cm ²)											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Boromo	200107S	1878	1942	2024	2040	2040	2020	1806	1699	1743	1910	1820	1646
Dori	200026S	1999	2160	2267	2243	2330	2102	2167	2126	2062	2091	2071	1886
Gaoua	200140S	1560	1740	1716	1732	1710	1642	1533	1391	1358	1652	1573	1393
Ouagadougou	200001S	1732	1837	1871	1886	2042	1868	1795	1706	1694	1796	1811	1661

Tableau 3 : Année 2008

STATIONS	INDICATIFS	RAYONNEMENT GLOBAL MENSUEL JOURNALIERE (Unité: J/cm ²)											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Boromo	200107S	1598	1619	1743	1784	1714	1781	1737	1597	1187	1873	1827	1664
Ouagadougou	200001S	1697	1710	1905	1946	1769	1771	1640	1682	1677	1802	1695	1557

Annexe 3 : Données pluviométriques

Tableau 4 : Station pluviométrique d'Arbinda

ANNEES	PLUVIOMETRIE TOTALE MENSUELLE											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1989	0	0	6,3	0	2,3	8,7	124	213	42,3	9,7	0	0
1990	0	0	0	0	37,5	35,3	121	136,4	58,3	0	0	0
1991	0	0	0	0	54,3	105,2	231	186,9	44,1	5,1	1,9	0
1992	0	0	0	0	6	46,4	91,9	197,4	49,8	0,3	1,3	0
1993	0	1,3	0	0	0	80,3	131	75,5	65,3	0,8	0	0
1994	0	0	3,3	0	29,7	36	80,2	335,5	100,9	52,3	0	0
1995	0	0	0	8,4	21,9	34,2	87,7	134,5	69	10	0	0
1996	0	0	0	0	42,7	21,8	51,2	129,9	85,3	0,6	0	0
1997	0	0	0	13	15,7	136,9	104	214,4	17,6	42,1	0	0
1998	0	0	0	0	81,6	78,5	132	185,25	184,1	2,2	0	0
1999	0	0	0	0	2,9	30,8	170	156,1	111,7	15,2	0	0
2000	0	0	0	0,9	6,8	67,2	126	158,4	50,9	16,7	0	0
2001	0	0	0	0	1,4	109	108	115,4	45,6	0	0	0
2002	0	0	0	0	50,8	65,9	139	120,2	70,1	5,4	0	0
2003	0	0	3,5	0,4	7,1	89,6	85,9	202,2	135,7	24,1	0	0
2004	0	0	0	8,4	4	101,1	53,2	89,5	62,5	0	0	0
2005	0	0	0,9	0	0,9	112,5	131	64,8	117,6	3,5	0	0
2006	0	0	0	0,1	10,1	49,5	52,5	281,3	86,7	7,4	0	0
2007	0	0	0	1,5	25,2	6	174	187,8	59,3	11,1	0	0
2008	0	0	0	4,4	22,5	45,4	97,6	315,3	40,7	27,7	0	0

Tableau 5 : Station pluviométrique de Djibo

ANNEES	PLUVIOMETRIE TOTALE MENSUELLE											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1989	0	0	6	0	3,6	8,5	75,4	201	50,4	0	0	0
1990	0	0	0	2,8	10,6	52	77,1	62,6	26,6	###	###	###
1991	0	0	0	0	60,9	78,7	179,9	116	75,1	74,3	0	0
1992	0	0	0	0	3	42,7	70,9	141	41,1	5,6	21,8	0
1993	0	0	0	0	0	55	72	###	###	###	###	###
1994	0	0	0	###	82,8	32,1	87,5	214	98	46,5	0	0
1995	0	0	0	11,7	3,2	49,1	86,4	126	62,2	0	0	0
1996	0	0	0	1,9	52,3	25	37,9	83	88,1	18,6	4,5	0
1997	0	0	0	5,2	9,6	40,3	111	92,4	49,7	19	0	0
1998	0	0	0	0	16,4	72,7	161,3	225	182	20,8	0	0
1999	0	0	0	0	8,7	14,7	251,3	246	85,4	30,4	0	0
2000	0	0	0	7,8	13,7	42,9	74,8	114	55,7	17,2	0	0
2001	0	0	0	0	33,4	108,7	218,2	159	52	1,6	0	0
2002	0	0	0	0,9	14,7	120	99,3	141	43,6	28	0	0
2003	0	0	8,4	0	18,7	178,8	82,4	213	113	7,2	0	0
2004	0	###	###	7,7	0	40,7	152,6	151	37,2	0	###	###
2005	0	0	3,4	14	20,6	92,9	###	###	###	###	###	###
2006	0	0	0	0	12,2	40	114,8	248	117	5,6	0	###
2007	0	0	0	0	0	54,6	263,6	322	30,3	4,2	0	0
2008	0	0	0	0	5,3	38,1	118,3	180	76,4	69,3	0	0

Tableau 6 : Stations pluviométrique de Gorom-gorom

ANNEES	PLUVIOMETRIE TOTALE MENSUELLE											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1989	0	0	7	0	11	17,8	93,9	276,3	59,3	6	0	0
1990	0	0	###	###	18,6	57,2	130,6	121,6	14,1	0	0	0
1991	0	0	0	3	125	84,9	178,7	170,4	23,2	4,8	0	0
1992	0	0	0	0	3,2	16,8	98	185,5	4,9	2,8	0	0
1993	0	0	0	0	15	44,6	68,8	147,9	24,5	23,5	0	0
1994	0	0	0	0	4,1	74,3	105,1	213,4	116	44	0	0
1995	0	0	0	0	22,3	7,2	64,7	181	70,3	0	0	0
1996	0	0	0	0,3	21,7	8,2	55,8	137,5	31,9	0	0	0
1997	0	0	5,6	14,6	13,4	35,4	80,8	161,6	63,2	31,6	0	0
1998	0	0	0	0	20,8	46,1	96,3	152,8	166	0,7	0	0
1999	0	0	0	0	6,2	3,4	102,4	206,6	97	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	127	64	123,7	39,8	0	0	0
2001	0	0	0	0	13,2	89,3	240,8	177,5	73,5	0	0	0
2002	0	0	0	8,5	43,5	57,1	157,6	71	45,5	224,7	0	0
2003	0	0	4,2	0	0	130	185,3	194,2	180	15,7	0	0
2004	0	###	###	###	###	51,5	51,6	59,7	25,7	0	0	0
2005	0	0	5,3	0	37,7	212	127,4	162,8	47,7	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	92,8	134	275,1	59,8	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	20	265,6	155,2	29,7	0	###	0
2008	###	0	###	###	17	116	136,6	278,5	6	12,5	###	###

Annexe 4: Données d'évapotranspiration

Tableau : Station pluviométrique de Dori

ANNEES	EVAPOTRANSPIRATION TOTALE MENSUELLE											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1989	149	###	159	166	195	191	170	144	158	156	153	142
1990	145	###	178	169	202	189	169	165	158	166	152	153
1991	154	145	178	179	184	176	147	152	162	168	154	147
1992	153	174	181	180	194	197	174	149	155	163	149	143
1993	154	150	176	182	207	195	185	162	161	172	151	146
1994	151	146	177	186	194	181	165	142	143	155	148	148
1995	139	135	185	167	197	192	166	148	156	172	150	156
1996	151	155	184	164	198	188	181	158	151	166	150	144
1997	154	153	171	168	193	178	165	158	150	171	148	144
1998	150	149	182	175	197	171	154	145	143	169	144	146
1999	147	129	178	177	206	193	153	138	146	162	147	144
2000	153	152	175	189	207	185	160	159	158	167	151	149
2001	156	156	177	185	206	189	166	156	155	171	153	153
2002	159	147	173	176	198	178	174	152	160	152	149	156
2003	148	148	177	178	199	166	158	148	144	171	151	140
2004	144	###	178	179	205	184	159	153	156	169	154	148
2005	153	###	164	171	188	164	156	149	154	159	141	141
2006	148	135	171	165	180	176	165	144	156	169	149	140
2007	153	143	175	173	185	186	153	145	151	167	149	141
2008	137	143	160	161	182	165	155	139	145	153	138	136

Annexe 5: Aperçu géologique du Burkina Faso

La superficie du Burkina est constitué par un bloc de formations cristallines du Précambrien C et D de plus 80 %. Ce bloc est recouvert de façon discordante aux frontières Nord et Nord Ouest du pays par les sédiments du Précambrien A du bassin de Taoundéni, et sur la frontière Sud Est, par ceux de la bordure septentrionale du bassin voltaïen (Précambrien A à Eocambrien).

❖ Précambrien D (ou antébirimien)-Age> 2500 Millions d'années

Le Précambrien D ou antébirimien constitue l'ossature de la majeure partie du Burkina Faso. Ce sont essentiellement des granitoïdes : granites, migmatites et gneiss. Selon leur répartition régionale, ces roches se diversifient à partir d'un certain pourcentage de minéraux constituant la roche (biotite, amphibole, pyroxène, etc.).

Ces terrains du Précambrien D ont été plissés et métamorphisés. Selon les méthodes de datation utilisées, l'âge de ces formations serait $2\,660 \pm 135$ MA

❖ Précambrien C(ou Birimien)-Age:2400 à 1300 Millions d'années

Les séries birimiennes représentent les parties non érodées du remplissage de sillons utracratoniques. Ce remplissage est d'origine volcanique, pyroclastique et sédimentaire. Ces roches pendant leur mise en place ont subi plusieurs transformations rendant ainsi très complexes leurs compositions physico-chimiques d'où l'appellation volcano-sédimentaire.

Cette série englobe un grand nombre de formations rocheuses parmi lesquelles, on distingue des roches volcaniques (basaltes, andésites, rhyolites, tufs, etc.) et des roches intrusives (diorites, gabbros, granodiorites, granites, etc.).

Ce système birimien qui est le plus important du point de vue de la diversité de ces roches, affleure dans la région du Sud Ouest. De Banfora à Batié, on remarque deux bandes parallèles, larges d'environ 20 à 50 km et d'une direction générale Nord Sud ;

- La première bande s'étend de la frontière ivoirienne par Kampti jusqu'à Dédougou
- La seconde longe la frontière du GHANA entre Batié, Diébougou et Boromo.

Les sillons birimiens prennent l'allure d'une courbe au Nord de Ouagadougou et couvrent les localités suivantes : Kaya, Kongoussi, Séguénéga jusqu'à Ouahigouya. Ils réapparaissent au Nord Est de Djibo, Gorom-Gorom jusqu'au Nord Est de Dori, Bogandé et enfin au Nord Est de Fada N'Gourma.

❖ Précambrien A à cambro-ordovicien (couverture sédimentaire du socle) - Age : 1300 à 440 Millions d'années

Cet ensemble est essentiellement fait de roches sédimentaires. Il regroupe une grande série composée de grès, calcaires, dolomie, conglomérats, schistes argileux, grès quartzitiques, etc.

RESUME

L'Afrique fait partie des régions les plus ensoleillées sur terre (situé dans la ceinture solaire). Vu le contexte de crise que connaît le monde cette dernière décennie, le continent doit donc valoriser cette ressource par la technologie des centrales solaires. Cependant un problème subsiste car une mauvaise évaluation de la ressource fait varier considérablement le coût d'investissement pour une centrale solaire. L'objectif de notre étude a été d'évaluer précisément la ressource en Afrique de l'ouest. Pour cela nous avons d'abord fait l'état des lieux des stations synoptiques dans la sous region, ensuite nous avons évalué la ressource solaire au Burkina Faso. Enfin à l'aide de certains critères bien définis nous avons proposé des sites propices pour l'installation d'une centrale solaire au Burkina Faso. Parallèlement à tout cela, nous avons mise en place une base de données qui a pour but de stocker les données d'ensoleillement de la station de Kamboinsé.

Mots clés : Ensoleillement, Centrale solaire thermodynamique, Sites potentiels, Stations synoptiques, Base de données.

ABSTRACT

Africa is a part of the sunniest areas on the earth (situated in the solar belt). Regarding the crisis context that is facing the world this last decade, the continent has therefore to promote this resource by the solar concentration plants technologies. Nevertheless a problem exists because a bad evaluation of the resource can vary considerably the investment cost of solar concentration plant. The objective of our study was of evaluate precisely the resource in West Africa. For that we first made a review on the current state of the weather stations of the area, next we evaluated the solar resource in Burkina Faso. At last using certain criteria we proposed some potential sites where solar concentration plants could be implemented in the Burkina Faso under confirmation of DNI measures. Alongside all that, we set up a database which goal is to stock the data measured at the weather station of Kamboinsé.

Key words: Sunlight, Concentrating Solar Power, Potential sites, Weather stations, Data Base.