

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Université D'Oran 02
Mohamed Ben Ahmed



Faculté de la science De la terre Et l'univers
GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DE TERRITOIRE

Projet de Fin de cycle

Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme de master

SPECIALITE GEOMATIQUE

Thème :

Analyse du développement solaire photovoltaïque et modélisation
du groupements de consommateurs propres a « la wilaya de
Saïda » à l'aide de SIG

Présenté par :

DJEDIANE ILHAM

Devant le jury composé de:

Mr.Zanoune Rafik	Président
Mme.Gourine Farida	Examineur
Mr.Allal Nadir	Encadreur
Mr.Sahraoui Omar	Co-Encadreur

Année universitaire :2023 – 2024

Remercîment

Tout d'abord, je remercie Dieu pour sa bonté sur moi, et je remercie Dieu par la grâce de qui les bonnes actions sont accomplies

A celui qui m'a mis au monde et m'a élevé autant que je te remercie, je ne te paierai pas ta récompense, toi qui m'as donné la vie et la tendresse et qui m'as enseigné et sacrifié pour atteindre ce rang Que Dieu te bénisse dans ton âge et te perpétue une couronne sur ma tête Je t'aime, ma mère. À mon père qui nous a bien élevés et donné notre âme et précieuse afin de m'amener à ce rang je suis là grâce à toi et grâce à tes prières et ton soutien Que Dieu te sauve et prenne soin de toi et prolonge ta vie et fasse ta bénédiction Ininterrompu

Je remercie mes frères et sœurs d'être à mes côtés, et je mentionne particulièrement mes sœurs Soltana et Amina, et mes frères Lakhdar et Kheireddin, que Dieu nous garde ensemble, et que Dieu garde votre santé et votre joie.

Je remercie tous mes amis et collègues pour leur bonne compagnie et leur souhaite une vie heureuse et un avenir prospère.

Sommaire

Remerciement

- La liste de tableau
- La liste de figures
- La liste des images
- La liste des cartes

ABREVIATIONS

Introduction Générale : 1

ChapitreI :Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

1- Contextes et enjeux de la transition vers les énergies renouvelables	6
1-2-Enjeux :	7
2- Les lois les plus importantes liées aux énergies renouvelables dans la législation algérienne	7
2-1- Loi11-89 , qui comprend la loi directive et le programme quinquennal de la recherche scientifique et développement technologique 1998-2002 du 22 août.1998	7
- 2-2-Loi 99-09 relatives à la maîtrise de l'énergie	8
2-3- Loi 01-20	9
2-4- Loi n°04-09 relative à la promotion des énergies renouvelables	9
3- Consommation nationale et exportations d'énergie	11
4- Programme national d'efficacité énergétique	12
5- Plan d'Action en Matière d'Efficacité Energétique	12
5-1Pour le secteur du bâtiment :	13
5-2- Pour le secteur des transports :	14
5-3-Pour le secteur de l'industrie :	14
6- Transition énergétique et perspectives	15
Perspectives de développement	15
7- POTENTIEL DES ENERGIES RENOUVELABLES	16
7-1-Potentiel Solaire :	16
7-2- Potentiel Eolien :	16
7-3- Potentiel de l'Energie Géothermique :	17
7-4-Potentiel Hydraulique	17
8- Programme de developpement des energiesrenouvables	17
9-Consistance du programme de développement des énergies renouvelables	19
Conclusion :	21
ChapitreII Gisement solaire	19
Introduction	22
1-LE SOLAIL	22
1-1 NATURE ET SOURCE D'ÉNERGIE DU SOLEIL	23

1-2-AGE ET COMPOSITION DU SOLEIL.....	23
1-3- STRUCTURE DU SOLEIL	24
2- Repérage d'un site à la surface de la terre (coordonnées géographiques)	24
3- La trajectoire apparente du soleil.....	25
3-A- Les coordonnées équatoriales	25
3-B- Les coordonnées horizontales.....	26
4- Le rayonnement solaire.....	28
4-1- Le rayonnement solaire à la traversée de l'atmosphère.....	28
5- Les composants du l'irradiation solaire	29
5-1- Rayonnement direct.....	30
5-2- Rayonnement diffus.....	30
5-3- Rayonnement réfléchi (albédo).....	30
5-4 Rayonnement global.....	30
6- Gisement solaire en algerie	31
6-1- Zones à Haut Potentiel	33
6-2- Interprétation de la Carte	33
7- Les centrales photovoltaïques en Algérie :	33
8- La centrale photovoltaïque d'Ain Skhouna	34
8-1-Les champs solaires PV	35
Conclusion.....	37
ChapitreIII L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère.....	35
Introduction	39
1- Situation géographique de la wilaya de Saïda.....	39
4-1La pente.....	40
4-2- Exposition	42
1- La méthode utilise pour la modélisation	46
1-2- Sources de données des critères de modélisation spatiale	46
1-3- Traitement des données.....	47
Conclusion.....	61
Conclusion générale	63
Annexex.....	61
Résumé	79

La liste de tableau

TABLEAU 1 LA POTENTIEL DE L'ENERGIE EN ALGERIE	19
TABLEAU 2 INDICES ALEARATOIRES	77

La liste de figures

FIGURE 1 POTENTIEL ENERGITIQUES EN 3 TERME.....	20
FIGURE 2DISTRIBUTION SPECTRALLE DE RAYONNEMENT SOLAIRE	29
FIGURE 3 LES COMPOSANTS DE RAYONNEMENT SOLAIRE.....	31
FIGURE 4 LES ETAPES DE AHP	75
FIGURE 5 ETAPES POUR DERIVER LES VACTEURS PROPRES	76
FIGURE 6 ETAPES POUR CALCULER L'INDICE DE COHERENCE.....	78
FIGURE 7 SCHEMA EXPRIMENT LES CRITERES DE MODELISATION SPATIALE SOLAIRE	46
FIGURE 8 METHODOLOGIE DE PREPARATION DE LA BASE DE DONNEES UTILISE	48

La liste des images

IMAGE 1 LES CORDONNEES TERRESTRE	25
IMAGE 2 COORDONNEES SOLAIRE SELON LE REPAIRE HORIZONTAL.....	27
IMAGE 3 LE SCHEMA GENERALE DE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE AIN SEKHONA DE SAIDA.....	35
IMAGE 4 LES CHAMPS PHOTOVOLTAIQUE DE CENTRALE AIN SEKHONA	36
IMAGE 5 PHASE D'ANALYSE DE PLANIFICATION ENERGITIQUE	74
IMAGE 6 CAPTURE D'ECRAN LA COMPARAISON ENTRE LES CRITERES SUR LE SITE AHP-OS.....	49
IMAGE 7 LE RESULTAT DE CALCULE	50
IMAGE 8 LA MATRICE ET LES PORCENTAGE DE CALCULE LES POIDS DES CRITERES	50
IMAGE 9 INTEGRATION DE L'EXTANTION AHP SUR ARCMAP	51

La liste des cartes

CARTE 1 POTENTIEL DE L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE EN ALGERIE	32
CARTE 2 L DISTRUBITION DES CENTRALES PHOTOVOLTAIQUES EN ALGERIE.....	34
CARTE 3 LA LOCALISATION DE LA WILA DE SAIDA.....	40
CARTE 4 LA PENTE DE SAIDA	42
CARTE 5 EXPOSITION DE SAIDA	43
CARTE 6 LA CONTITUE DE RAYONNEMENT SOLAIRE SAIDA	44
CARTE 7 RAYONNEMENT SOLAIRE ZONAL.....	45
CARTE 8 ADEQUATION SPATIALE DE RAYONNEMENT SOLAIRE	52
CARTE 9 ADEQUATION SPATIALE DE PENTE.....	53
CARTE 10 DISTANCE AU RESEAU ELECTRIQUE.....	54
CARTE 11 DISTANCE AU RESEAU ROUTIER	55
CARTE 12 DISTANCE AU COURS D'EAU.....	56
CARTE 13 DISTANCE AU ZONES URAINS	57
CARTE 14 ADEQUATION AU TEMPERATURE	58
CARTE 15 ADEQUATION DE L'OCCUPATION DU SOL.....	59
CARTE 16 ADEQUATION SPATIALE DES CENTRALES PHOTOVOLTAIQUE.....	60

ABBREVIATIONS

EnR : Energie renouvelable

GPLc : Gaz de Pétrole Liquéfié destiné à alimenter en énergie des véhicules équipés pour ce carburant.

GNc : Gaz Naturel Comprimé

TEP : tonne d'équivalent pétrole

HT : Haute tension

THT : Très Haute tension

SIG : Système d'information géographique

AMC: Analyse multicritères

AHP: Analyse Hiérarchique pondérée

Introduction générale

Introduction Générale :

L'énergie solaire est considérée comme une source d'énergie inépuisable et comme une alternative aux sources d'énergie extractives afin que la lumière et le rayonnement qui en émanent soient convertis en électricité consommable

L'Algérie dispose d'un grand potentiel dans le domaine de l'énergie solaire grâce à sa localisation, son climat dominant et son exposition à de grandes quantités de rayonnement solaire tout au long de l'année, ce qui en a fait l'un des pays leaders dans l'énergie solaire et capable d'implanter de nombreux champs d'énergie solaire, notamment dans le sud.

La wilaya de Saïda, située dans l'ouest de l'Algérie et en raison de sa situation sur les hauts plateaux, bénéficie d'un potentiel considérable pour le développement de l'énergie solaire. Avec un ensoleillement abondant tout au long de l'année, Saïda est bien placée pour exploiter cette ressource renouvelable.

La modélisation de l'énergie solaire à l'aide des SIG permet de déterminer la quantité d'énergie solaire disponible dans une région donnée, ce qui facilite le choix des sites pour l'installation des panneaux solaires.

L'analyse multicritère est une méthode qui joue un rôle indispensable pour la sélection des sites solaires, intégrant des critères variés et complexes pour garantir des décisions optimisées et durables. Elle offre un cadre méthodologique solide qui permet de maximiser la production d'énergie tout en minimisant les impacts environnementaux et les coûts, assurant ainsi le succès à long terme des projets solaires.

Objectifs de l'étude

- Identifier les facteurs affectant l'implantation de centrales solaires dans la zone d'étude.
- Identifier l'efficacité des systèmes d'information géographique dans le choix des sites les plus appropriés pour l'implantation de sites d'énergie solaire.
- Évaluer s'il est possible de construire d'autres centrales solaires dans la zone d'étude

Méthodologie de recherche

Dans cette étude, nous avons suivi la méthode et l'analyse scientifiques appliquées, où le chercheur s'est appuyé sur la collecte,

le traitement et l'analyse de sources d'information pertinentes à l'aide de la technologie SIG

- Afin de présenter le travail, nous avons créé :
 - Introduction générale
 - Chapitre 01 : comprend les lois relatives aux énergies renouvelables et au potentiel énergétique que contient l'Algérie, les projets que l'Algérie a réalisés et qui seront réalisés.
 - Chapitre 02 : traitait d'informations sur le gisement solaire et de quelques définitions sur le soleil et ses composants. Il parlait également du rayonnement solaire et de ses caractéristiques.
 - Chapitre 03 : comprenait des définitions traitant de la géomatique et des systèmes d'information géographique, ainsi que de l'analyse multicritère et de l'analyse hiérarchique pondérée, et la plus grande partie parlait de l'aspect appliqué autour duquel se concentrait notre étude.
 - Conclusion générale:

Problématique

La wilaya de Saïda est considéré comme l'un des principaux wilaya en termes de bonne couverture du réseau électrique, mais il souffre néanmoins d'interruptions fréquentes, ce qui le rend avec des besoins énergétiques spécifiques en termes d'électricité ainsi qu'en termes d'utilisation de sources d'énergie non renouvelables, alors qu'il se caractérise par un ensoleillement abondant, c'est ce qui nous a fait nous demander s'il existe des possibilités d'augmenter et de développer les zones d'énergie renouvelable, en particulier l'énergie solaire, et d'abandonner les sources actuellement utilisées .Donc,

La wilaya de Saïda a-t-il une part plus importante dans la création de plusieurs centrales de production d'énergie solaire ?

Qu'a-t-il les capacités de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie solaire ?

Quels sont les critères qui influencent la modélisation des sites de centrales solaires ?

Quelle méthode est utilisée pour analyser le modèle énergétique solaire dans cette wilaya ?

**Chapitre I Législation
relative aux énergies
renouvelables et efficacité
énergétique en Algérie.**

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

Introduction

L'importance des énergies renouvelables ne cesse de croître dans le cadre de la lutte contre le changement climatique et la transition énergétique globale. Pour encourager leur développement et intégration, divers pays ont mis en place des législations spécifiques. Ces législations visent à promouvoir l'utilisation des sources d'énergie renouvelable, à garantir leur intégration efficace dans les réseaux énergétiques, et à offrir des incitations économiques pour stimuler l'investissement dans ces technologies. (<https://www.ecologie.gouv.fr/>, s.d.)

Ainsi que L'efficacité énergétique peut être définie comme le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée par ce même système. Cela inclut des pratiques telles que l'isolation des bâtiments pour réduire les besoins en chauffage et climatisation, l'utilisation de dispositifs et équipements économes en énergie, et l'optimisation des processus industriels pour minimiser les pertes d'énergie. (<https://www.connaissancedesenergies.org/>, s.d.)

1- Contextes et enjeux de la transition vers les énergies renouvelables

1-1-Contextes :

- Satisfaction de la demande et sécurisation de l'approvisionnement en énergie (électrique et gazière), à long terme.
- Préservation des ressources fossiles.
- Développement de sources alternatives d'énergie et adoption d'un mix énergétique pour le moyen long termes.
- Engagements internationaux de l'Algérie dans le cadre de la prise en charge de la problématique environnementale (Changements climatiques) et plus globalement la promotion du développement durable. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

1-2-Enjeux :

- Réduction des consommations de combustibles.
- Développement d'un mix énergétique.

2- Les lois les plus importantes liées aux énergies renouvelables dans la législation algérienne

2-1- Loi 11-98, qui comprend la loi directive et le programme quinquennal de la recherche scientifique et développement technologique 1998-2002

Concernant l'énergie et les énergies renouvelables, cette loi prévoyait la production et le stockage d'énergie Le diffuser, rationaliser son usage et diversifier ses sources.

L'article 95 précise également les programmes liés à la période

Le programme quinquennal de 1998 à 2002 incluait l'environnement et les nouvelles énergies renouvelables.

Cette loi accordait une clause particulière aux énergies renouvelables, soulignait leur importance et abordait :

Sources d'énergie renouvelables (soleil, vent, chaleur géothermique), et ces sources sont considérées comme pures et renouvelables

Elle est utilisée pour protéger l'environnement et constituer une alternative aux énergies conventionnelles dans le futur. Elle encourage également l'exploitation son inclusion dans le bilan énergétique

Le stock national d'énergies renouvelables augmentera de 1% jusqu'en 2050 et ainsi nous devons y investir, créer des petites et moyennes entreprises dans ce domaine et créer des emplois.

Cette loi stipule également la nécessité de programmer la recherche scientifique et le développement technologique dans Le domaine des énergies renouvelables

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

et la création de projets de qualité ayant un impact direct sur la réalité sociale et économique Pour le pays, en plus de l'utilisation rationnelle de nos actifs énergétiques renouvelables et de la mise en place de sa propre régulation.

Pour compléter le dispositif juridique en la matière, le législateur a édicté une loi spécialisée dans la promotion des énergies.

L'énergie renouvelable et son utilisation dans différents domaines et niveaux et conformément à des normes économiques compatibles avec la consommation et la rationalisation de l'énergie. (الطاهر)

2-2-Loi 99-09 relatives à la maîtrise de l'énergie

Cette loi vise à préciser les conditions

La politique nationale de maîtrise de l'énergie et les moyens de l'encadrer et de la mettre en œuvre, et cette maîtrise inclut l'ensemble des Procédures et activités pratiques visant à rationaliser l'utilisation des énergies renouvelables et à réduire l'impact du système énergétique Sur l'environnement, il s'agit de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de gaz automobiles dans les villes, et de chercher à développer et valoriser les énergies renouvelables exploitables.

Cette loi aborde clairement les énergies renouvelables à l'article 4, partout où elles sont définies ce que l'on entend par développement de ces énergies, c'est que « le développement des énergies renouvelables passe par l'introduction et la promotion de filières de conversion énergétique ».

Énergies renouvelables exploitables, notamment l'énergie solaire et celle des eaux souterraines (biomasse), ainsi que l'hydroélectricité et l'énergie éolienne.

A travers cet article, nous constatons que le législateur a non seulement défini lui-même ces énergies, mais a également affirmé que les développer passe par leur promotion et leur exploitation. (الطاهر)

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

2-3 Loi 01-20

du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement du territoire et son développement durable, L'article 33 discute des objectifs de ce plan, car il précise l'exploitation rationnelle des ressources énergétiques et le développement des énergies renouvelables, et contribue à lutter contre la pollution de l'environnement et les effets du réchauffement climatique résultant de l'exploitation des énergies fossiles. et l'économie et a précisé les conditions que l'État et les groupes régionaux doivent respecter pour mener des travaux de contrôle énergétique, ainsi que pour produire et utiliser des énergies renouvelables.

2-4 Loi n°04-09 relative à la promotion des énergies renouvelables

Cette loi définit explicitement les énergies renouvelables à l'article trois comme :

- Formes d'énergie électrique, cinétique, thermique ou gazeuse obtenues à partir de la conversion du rayonnement solaire, de l'énergie éolienne, de la chaleur géothermique, des déchets organiques, de l'énergie hydraulique et des techniques d'utilisation de la biomasse.
- Un ensemble de méthodes permettant de réaliser d'importantes économies d'énergie en recourant aux techniques du génie bioclimatique dans processus de construction.

A travers cette définition, on constate que le législateur a touché aux sources d'où proviennent les énergies renouvelables (énergie solaire, éolienne, géothermie, hydroélectricité, déchets organiques et masse vital).

Cette définition est la même que celle contenue dans la loi 02-01 : relative à la distribution d'électricité et de gaz par canalisation.

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

Il comprenait également l'ensemble des processus qui conduisent à des économies d'énergie, en particulier ceux liés aux économies d'énergie.

En intégrant le bioclimat dans le processus de construction, il a également abordé les processus de conversion de ces énergies de leur forme initiale à leur forme finale.

Les énergies renouvelables sont également encouragées à travers l'élaboration d'un programme national visant à promouvoir les énergies renouvelables dans

Le cadre de développement durable, et les mécanismes de promotion de ces énergies sont constitués par la preuve de l'origine des énergies renouvelables,

Et un système pour motiver son utilisation. A cet égard, un organisme national sera créé pour promouvoir ces énergies et développer leur utilisation, et il sera dénommé « Observatoire national pour la promotion des énergies renouvelables ».

Cette loi touchait également au programme national de promotion des énergies renouvelables, car ce programme est considéré comme l'ensemble des activités qui œuvrent à la promotion des énergies renouvelables. Ce programme est un programme quinquennal qui s'inscrit dans les plans futurs de préparation de la région et du développement durable à l'horizon 2020, et comprend :

1. Mécanismes de détermination des coûts énergétiques de référence.
2. Éléments et mécanismes de détermination du coût environnemental de l'énergie, prenant en compte les différents impacts environnementaux et améliorant le cadre des moyens de subsistance résultant de l'utilisation des énergies renouvelables.

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

3. Des normes pour définir et développer les besoins et valoriser les produits liés aux énergies renouvelables et leur impact sur l'environnement. (الطاهر).

3- Consommation nationale et exportations d'énergie

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences, l'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable.

Le programme des énergies renouvelables actualisé consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22 000 MW à l'horizon 2030 pour le marché national, avec le maintien de l'option de l'exportation comme objectif stratégique, si les conditions du marché le permettent.

Le programme d'efficacité énergétique actualisé vise à réaliser des économies d'énergies à l'horizon 2030 de l'ordre de 63 millions de TEP, pour l'ensemble des secteurs (bâtiment et éclairage publique, transport, industrie) et ce, en introduisant l'éclairage performant, l'isolation thermique et les chauffe-eaux solaires, les carburants propres (GPLc et GNc), et les équipements industriels performants.

Le programme de l'efficacité énergétique permettra de réduire les émissions de CO2 de 193 millions de tonnes. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.

4- Programme national d'efficacité énergétique

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale.

L'objectif de l'efficacité énergétique consiste à produire les mêmes biens ou services, mais en utilisant le moins d'énergie possible. Ce programme comporte des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

Ce programme prévoit l'introduction des mesures d'efficacité énergétique dans les trois secteurs du bâtiment, de transport et de l'industrie et aussi l'encouragement de la création d'une industrie locale de fabrication des lampes performantes, des chauffe-eau solaires, des isolants thermiques par l'encouragement de l'investissement local ou étranger.
(<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

5- Plan d'Action en Matière d'Efficacité Energétique

L'efficacité énergétique est appelée à jouer un rôle important dans le contexte énergétique national, caractérisé par une forte croissance de la consommation tirée, notamment, par le secteur domestique avec la construction de nouveaux logements, la réalisation d'infrastructures d'utilité publique et la relance de l'industrie.

La réalisation de ce programme par une diversité d'actions et de projets, devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie.

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

Les retombées économiques et sociales de l'intégration de la dimension efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activité sont multiples. Cette intégration permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen mais constitue, également, une réponse appropriée au défi de conservation de l'énergie avec ses implications bénéfiques sur l'économie nationale, en termes de création d'emplois et de richesse, en plus de la préservation de l'environnement.

Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment, du transport et de l'industrie. <https://www.energy.gov.dz/>

5-1 Pour le secteur du bâtiment :

Le programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes, autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements.

Il s'agit également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes économiques: l'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie.

La mise en place d'une industrie locale des isolants thermiques et des équipements et appareils performants (chauffe-eaux solaires ; lampes économiques) constitue l'un des atouts pour le développement de l'efficacité énergétique dans ce secteur.

Globalement, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030 réparties comme suit :

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

- **Isolation thermique** : l'objectif est d'atteindre un gain cumulé évalué à plus de 7 millions de TEP.
- **Chauffe -eau solaire** : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie à plus de 2 millions de TEP.
- **Lampe basse consommation (LBC)** : Les gains en énergie escomptés, à l'horizon 2030 sont estimés à près de 20 millions de TEP.
- **Eclairage public** : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie de près d'un million de TEP, à l'horizon 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

5-2- Pour le secteur des transports :

Le programme vise à promouvoir les carburants les plus disponibles et les moins polluants, en l'occurrence, le GPLc et le GNc: l'objectif étant d'enrichir la structure de l'offre des carburants et de contribuer à réduire la part du gasoil, en plus des retombées bénéfiques sur la santé et l'environnement. Ceci se traduirait par une économie, d'ici 2030, de plus de 16 millions de TEP. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

5-3-Pour le secteur de l'industrie :

Le programme vise à amener les industriels à plus de sobriété dans leurs consommations énergétiques. En effet, l'industrie représente un enjeu pour la maîtrise de l'énergie du fait que sa consommation énergétique est appelée à s'accroître à la faveur de la relance de ce secteur. Pour ce secteur, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées.

Pour plus d'efficacité énergétique, il est prévu :

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

- La généralisation des audits énergétiques et du contrôle des procédés industriels qui permettront d'identifier les gisements substantiels d'économie d'énergie et de préconiser des plans d'actions correctifs.

- L'encouragement des opérations de réduction de la surconsommation des procédés industriels, à travers un soutien de l'Etat au financement de ces opérations.

En résumé, la concrétisation sur le terrain du programme national d'efficacité énergétique permettra de réduire graduellement la croissance de la demande énergétique. Ainsi, les économies d'énergie cumulées engrangées seraient de l'ordre de 93 millions de TEP, dont 63 millions de TEP d'ici 2030 et le reste au-delà de cet horizon.

C'est dire toute l'importance que revêt ce programme d'économies d'énergie qui implique la concrétisation d'un certain nombre de mesures avec, notamment, l'implication des parties concernées, dont l'industrie publique et privée et l'adaptation du cadre juridique régissant l'efficacité énergétique. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

6- Transition énergétique et perspectives

Perspectives de développement

Le système d'approvisionnement en énergie a connu une croissance importante tirée par la demande d'électricité et de gaz naturel, nouveaux besoins d'infrastructure d'ici 2027 :

- 17 210 MW en capacité additionnelle de production de l'électricité
- 32 890 km de réseau additionnel de transport de l'électricité HT et THT.
- 128 500 km de réseau de distribution de l'électricité et environ 4.2 millions de clients additionnels. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

7- POTENTIEL DES ENERGIES RENOUVELABLES

7-1-Potentiel Solaire :

Vue de sa localisation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara).

L'énergie reçue annuellement sur une surface horizontale de 1m² soit près de 3 KWh/m² au nord et dépasse 5,6 KWh/m au Grand Sud. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

7-2- Potentiel Eolien :

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifié. En effet, notre vaste pays, se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes. Le Nord méditerranéen qui est caractérisé, par un littoral de 1200 Km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas tellien et l'Atlas saharien.

Entre elles, s'intercalent des plaines et les hauts plateaux de climat continental. Le Sud, quant à lui, se caractérise par un climat saharien.

La carte représentée ci-dessous montre que le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement dans le Sud-Est, avec des vitesses supérieures à 7 m/s et qui dépassent la valeur de 8 m/s dans la région de Tamanrasset (In Amguel).

Concernant le Nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peu élevée. On note cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

d'Oran, Bejaïa et Annaba, sur les hauts plateaux de Tébessa, Biskra, M'sila et El Bayadh (6 à 7 m/s), et le Grand Sud (>8m/s). (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

7-3- Potentiel de l'Energie Géothermique :

La compilation des données géologiques, géochimiques et géophysique a permis d'identifier plus de deux cent (200) sources chaudes qui ont été inventoriées dans la partie Nord du Pays. Un tiers environ (33%) d'entre elles ont des températures supérieures à 45°C. Il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118°C à Biskra.

Des études sur le gradient thermique ont permis d'identifier trois zones dont le gradient dépasse les 5°C/100m

- Zone de Relizane et Mascara
- Zone de AïneBoucif et Sidi Aïssa
- Zone de Guelma et Djebel El Onk (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

7-4-Potentiel Hydraulique

Les quantités globales tombant sur le territoire algérien sont importantes et estimées à 65 milliards de m³, mais finalement profitent peu au pays : nombre réduit de jours de précipitation, concentration sur des espaces limités, forte évaporation, évacuation rapide vers la mer.

Schématiquement, les ressources de surface décroissent du nord au sud. On évalue actuellement les ressources utiles et renouvelables de l'ordre de 25 milliards de m³, dont environ 2/3 pour les ressources en surface.

103 sites de barrages ont été recensés. Plus de 50 barrages sont actuellement en exploitation. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

8- Programme de developpement des energierenouvelables

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

A travers ce programme d'énergies renouvelables, l'Algérie compte se positionner comme un acteur majeur dans la production de l'électricité à partir des filières photovoltaïque et éolienne en intégrant la biomasse, la cogénération, la géothermie et au-delà de 2021, le solaire thermique. Ces filières énergétiques seront les moteurs d'un développement économique durable à même d'impulser un nouveau modèle de croissance économique.

37 % de la capacité installée d'ici 2030 et 27 % de la production d'électricité destinée à la consommation nationale, seront d'origine renouvelable.

Le potentiel national en énergies renouvelables étant fortement dominé par le solaire, l'Algérie considère cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emplois.

Cela n'exclut pas pour autant le lancement de nombreux projets de réalisation de fermes éoliennes et la mise en œuvre de projets expérimentaux en biomasse, en géothermie et en cogénération.

Les projets EnR de production de l'électricité dédiés au marché national seront menés en deux étapes :

Première phase 2015 - 2020 : Cette phase verra la réalisation d'une puissance de 4010 MW, entre photovoltaïque et éolien, ainsi que 515 MW, entre biomasse, cogénération et géothermie.

Deuxième phase 2021 - 2030 : Le développement de l'interconnexion électrique entre le Nord et le Sahara (Adrar), permettra l'installation de grandes centrales d'énergies renouvelables dans les régions d'In Salah, Adrar, Timimoune et Bechar et leur intégration dans le système énergétique national. A cette échéance, le solaire thermique pourrait être économiquement viable.

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

La stratégie de l'Algérie en la matière vise à développer une véritable industrie des énergies renouvelables associée à un programme de formation et de capitalisation des connaissances, qui permettra à terme, d'employer le génie local algérien, notamment en matière d'engineering et de management de projets. Le programme EnR, pour les besoins d'électricité du marché national, permettra la création de plusieurs milliers d'emplois directs et indirects. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

9-Consistance du programme de développement des énergies renouvelables

La consistance du programme en énergie renouvelables à réaliser pour le marché national sur la période 2015-2030 est de 22 000 MW, répartie par filière comme suit :

Tableau 1 La potentiel de l'énergie en algérie

Unité : MW	1ère phase 2015-2020	2ème phase 2021-2030	TOTAL
Photovoltaïque	3 000	10 575	13 575
Eolien	1 010	4 000	5 010
CSP	-	2000	2 000
Cogénération	150	250	400
Biomasse	360	640	1 000
Géothermie	5	10	15
TOTAL	4 525	17 475	22 000

(<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

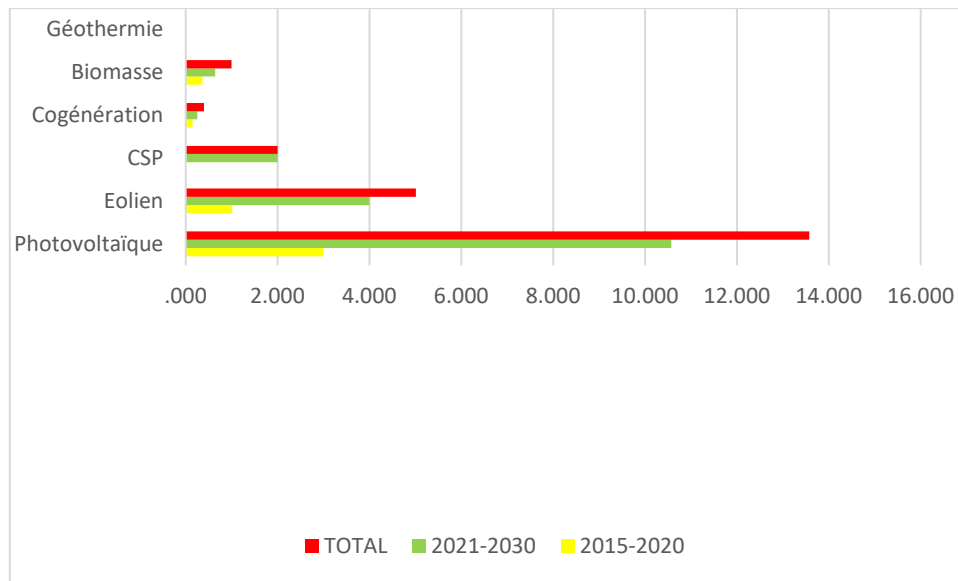


Figure 1 Potentiel énergétiques en 3 terme

(<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

- **Mesures incitatives :**

Sur le plan réglementaire, le ministère de l'énergie a procédé à l'adoption d'une série de mesures de soutien visant le développement des énergies renouvelables raccordées aux réseaux, à travers la mise en place d'un cadre juridique favorable et d'un Fonds National pour la Maitrise de l'Energie, pour les Energies Renouvelables et la cogénération, CAS n°302-131 (FNMEERC) qui est alimenté annuellement de 1% de la redevance pétrolière et du produit de certaines taxes (telle que 55% de la taxe sur les activités de torchage).

Le cadre juridique, mis en place en 2013, pendant la 1^{ère} phase du lancement du programme national de développement des énergies renouvelables, était basé, notamment, sur le mécanisme des tarifs d'achat garantis (Feed-in Tarif), qui est de moins en moins pratiqué dans les pays développés.

Ce système garanti aux producteurs d'énergie renouvelable de bénéficier de tarifs leur octroyant une rentabilité raisonnable de leur investissement sur une durée d'éligibilité de 20 ans.

Chapitre I : Législation relative aux énergies renouvelables et efficacité énergétique en Algérie.

Les surcoûts engendrés par ces tarifs seront supportés par le FNMEERC au titre des coûts de diversification.

Dans ce cadre, le décret exécutif n°15-319, modifie et complété, fixant les modalités de fonctionnement du CAS 302-131 a été publié en décembre 2015.

Aussi, d'autres mesures incitatives sont prévues. Il s'agit de :

Acquisition et mise à disposition des terrains éligibles à l'implantation de centrales EnR ; Accompagnement dans tout le processus d'acquisition des autorisations nécessaires ; Identification du potentiel de toutes les régions concernées par les EnR ; La construction de projets pilotes dans chaque filière.

Création d'organismes et de laboratoires d'homologation et de contrôle de la qualité et de la performance de composants, des équipements et procédés relatifs à la production d'électricité d'origine renouvelable et/ou aux systèmes de cogénération ; Accompagnement, par un plan de recrutement et de formation de techniciens, par les instituts de formation professionnelle et l'association des universités et organismes de recherche nationaux dans la recherche et la formation des ingénieurs. (<https://www.energy.gov.dz/>, s.d.)

Conclusion :

De ce chapitre, nous concluons que l'Algérie attache une grande importance au développement et à la promotion des énergies renouvelables, à travers la promulgation de lois et la mise en œuvre de projets visant à renforcer ce secteur vital. Cette approche vise à parvenir à un développement durable et à réduire la dépendance aux sources d'énergie traditionnelles, conformément aux efforts mondiaux de lutte contre le changement climatique et de préservation de l'environnement.

Chapitre II Gisement solaire

Introduction

Un gisement solaire fait référence à la quantité de rayonnement solaire reçue dans une région donnée. Il s'agit d'une mesure de l'énergie solaire disponible à un endroit spécifique, qui est essentielle pour l'évaluation du potentiel de production d'énergie solaire dans une zone donnée.

Pour évaluer un gisement solaire, on utilise généralement des données météorologiques et des modèles pour estimer la quantité de rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre dans une région donnée. Ces évaluations aident à déterminer la viabilité et le rendement potentiel des installations solaires, telles que les panneaux photovoltaïques ou les centrales solaires thermiques.

Les gisements solaires varient en fonction de la localisation géographique, de la couverture nuageuse, de l'angle du soleil, de l'altitude et d'autres facteurs environnementaux. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont souvent utilisés pour cartographier et analyser les gisements solaires, en aidant à identifier les zones avec un fort potentiel pour le développement de l'énergie solaire. (BENATIALLAH, 21/10/2019)

1-LE SOLAIL

Le soleil est notre plus proche étoile et la source d'énergie de la vie sur terre. Il est à environ 150 millions de kilomètres (93 million miles), une distance que la lumière du soleil parcourt en 8 minutes, tandis que la lune est distante de seulement de 1.3 seconde-lumière. Le Soleil est environ 300,000 fois plus lourd que la Terre et tourne autour de son axe (comme cela est visible à partir du satellites) en 27 jours environ.

Le Soleil est l'une des cent milliards d'étoiles de notre galaxie. C'est l'étoile la plus proche de la Terre – située à quelque cent cinquante millions de kilomètres – et donc la mieux observée. Mais comment l'observe-t-on et de quoi est-elle constituée ?

1-1 NATURE ET SOURCE D'ÉNERGIE DU SOLEIL

Le Soleil est une grosse boule de gaz chaud tournant sur elle-même en 28 jours environ. Comme toutes les étoiles, le Soleil brille car il produit de l'énergie. C'est un gigantesque réacteur nucléaire. En son cœur, la température est de 15 millions de degrés. A cette température ont lieu des réactions de fusion au cours desquelles, l'hydrogène est transformé en hélium en libérant de l'énergie. Cette transformation se fait progressivement et lorsque le Soleil aura épuisé tout son hydrogène, la température en son centre augmentera encore jusqu'à déclencher la fusion de l'hélium en carbone. Mais la capacité de fusion nucléaire dont dispose le Soleil est limitée et n'excèdera pas dix milliards d'années environ au total. (<https://pwg.gsfc.nasa.gov/Education/Fwsun.html>, n.d.)

1-2 AGE ET COMPOSITION DU SOLEIL

On suppose que le Soleil et tous les corps du système solaire sont nés quasiment en même temps. Or l'âge des plus vieilles roches terrestres, lunaires et météoriques a pu être estimé aux alentours de 4,6 milliards d'années. C'est donc aussi l'âge du Soleil qui est ainsi à la moitié de sa vie.

Les proportions relatives des divers éléments chimiques du Soleil et du système solaire sont connues grâce à deux sources principales :

L'analyse de la lumière émise par la surface du Soleil, la photosphère. Cette lumière est la lumière visible, mais aussi les rayonnements non visibles à l'œil nu (les ondes radio, l'infrarouge, l'ultraviolet, les rayons X et gamma). Tous ces rayonnements forment le spectre du Soleil. Dans le spectre solaire, la trace des différents éléments chimiques est visible sous forme de bandes sombres, les raies d'absorption, qui permettent d'identifier chaque élément.

L'analyse en laboratoire des météorites tombées sur Terre permet aussi de déterminer la composition chimique de la matière qui constitue le système solaire.

1-3- STRUCTURE DU SOLEIL

La surface du Soleil présente des taches sombres et des éruptions qui sont le signe d'une activité interne, turbulente et chaotique. On estime que les couches les plus externes du Soleil, soit les derniers 30% de son rayon, sont animées en permanence de mouvements convectifs qui transportent la matière vers la surface. On ne peut pas observer directement l'intérieur du Soleil. Pour comprendre la dynamique turbulente et l'activité magnétique du Soleil il est nécessaire de disposer d'un « modèle physique » complet, représentant sa composition interne, sa dynamique et son atmosphère.

([https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-le-soleil.aspx](https://www cea fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-le-soleil.aspx))

2- Repérage d'un site à la surface de la terre (coordonnées géographiques)

Pour repérer un site donné à la surface terrestre, on définit les grandeurs suivantes:

- La latitude θ : C'est l'angle θ que fait la verticale du lieu avec le plan équatorial. Si $\theta > 0$, le site se trouve dans l'hémisphère nord, sinon le site est dans l'hémisphère sud.
- b) La longitude φ : C'est l'angle φ formé par le méridien de Greenwich et le méridien du lieu considéré. La longitude est comprise entre -180 (vers l'ouest) et +180 (vers l'est). Comme la terre met 24 heures pour faire un tour sur elle même (360°), chaque heure représente 15° d'écart de longitude et donc, chaque degré de longitude représente 4 minutes.

- c) L'altitude : C'est la distance verticale exprimé en mètres, séparant le point considéré du relief terrestre du niveau de la mer, pris comme surface de référence. (**Fariza**)

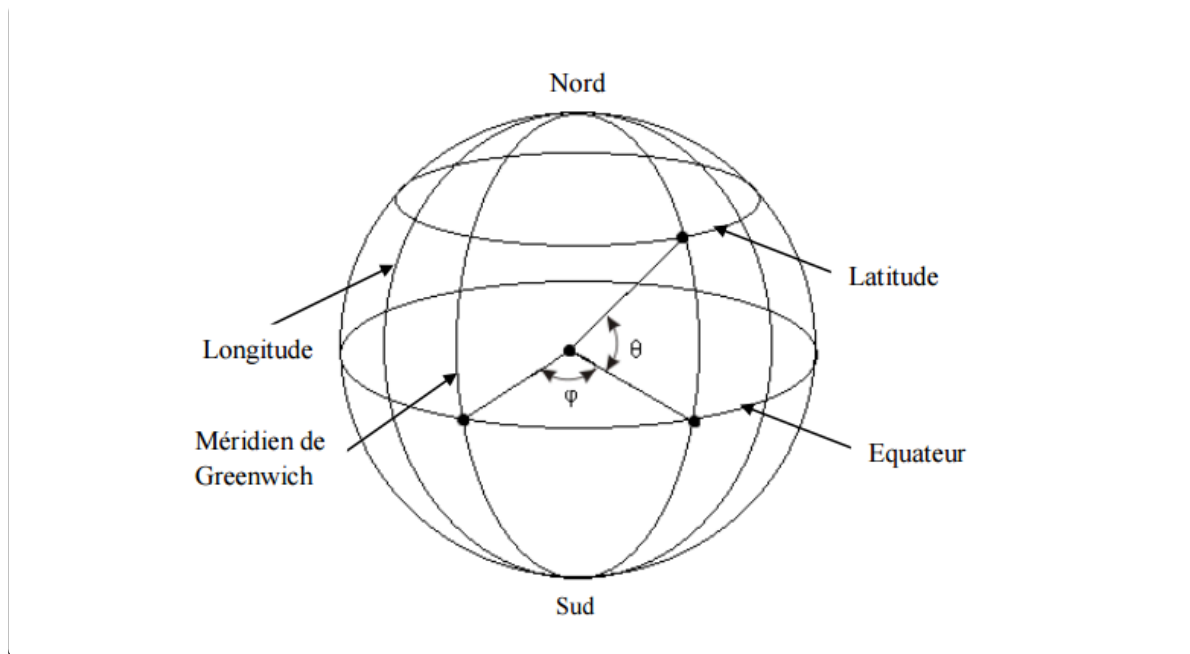


Image 1 Les coordonnées terrestres

3- La trajectoire apparente du soleil

La position du soleil dans la voûte céleste est repérée à tout instant de la journée par deux systèmes de coordonnées:

3-A- Les coordonnées équatoriales

Les coordonnées équatoriales sont indépendantes de la position de l'observateur sur la terre, mais elles sont liées à l'heure de l'observation. La position du soleil est exprimée par deux angles qui sont :

- La déclinaison δ

C'est l'angle que forme la direction du soleil et le plan équatorial. La déclinaison varie de façon sinusoïdale au cours de l'année : elle vaut 0 aux

Chapitre II : Gisement solaire

équinoxes et atteint ses deux valeurs extrêmes au solstice d'hiver ($-23^{\circ},27'$) et au solstice d'été ($+23^{\circ},27'$). Plusieurs expressions ont été développées pour évaluer la déclinaison, la plus simple est celle utilisée par Cooper :

$$\delta = 23.45 \sin \frac{360}{365} (j + 284)$$

- L'angle horaire ω (ah)

L'angle horaire mesure le mouvement du soleil par rapport à midi qui est l'instant où le

soleil passe au plan méridien du lieu zénith. Cet angle est formé entre la projection du soleil sur le plan équatorial à un moment donné et la projection du Soleil sur ce même plan au midi vrai. L'angle horaire est donné par la relation suivante:

$$\omega = 15(TSV - 12)$$

- Où TSV est le temps solaire vrai qui sera décrit dans les paragraphes suivants. (Fariza)

3-B- Les coordonnées horizontales

Le soleil est repéré par les grandeurs suivantes :

- l'azimut ψ

L'azimut est l'angle entre le plan vertical contenant le rayon solaire et la direction sud.

Il se compte de 0° à 360° à partir du sud dans le sens rétrograde. La relation qui donne l'azimut est donnée par :

- L'angle de la hauteur solaire γ (hs)

Chapitre II : Gisement solaire

C'est l'angle compris entre la direction du soleil et le plan horizontal. γ varie de 0° à 90° vers le zénith et de 0° vers -90° vers le nadir. L'angle de la hauteur solaire est donné par :

$$\sin \gamma = \sin \theta \sin \delta + \cos \theta \cos \delta \cos \omega$$

- La distance zénithale z

C'est l'angle entre la direction du soleil et la verticale du lieu (zénith). L'angle z est complémentaire de γ

$$\cos z = \sin \delta \sin \theta + \cos \delta \cos \theta \cos \omega$$

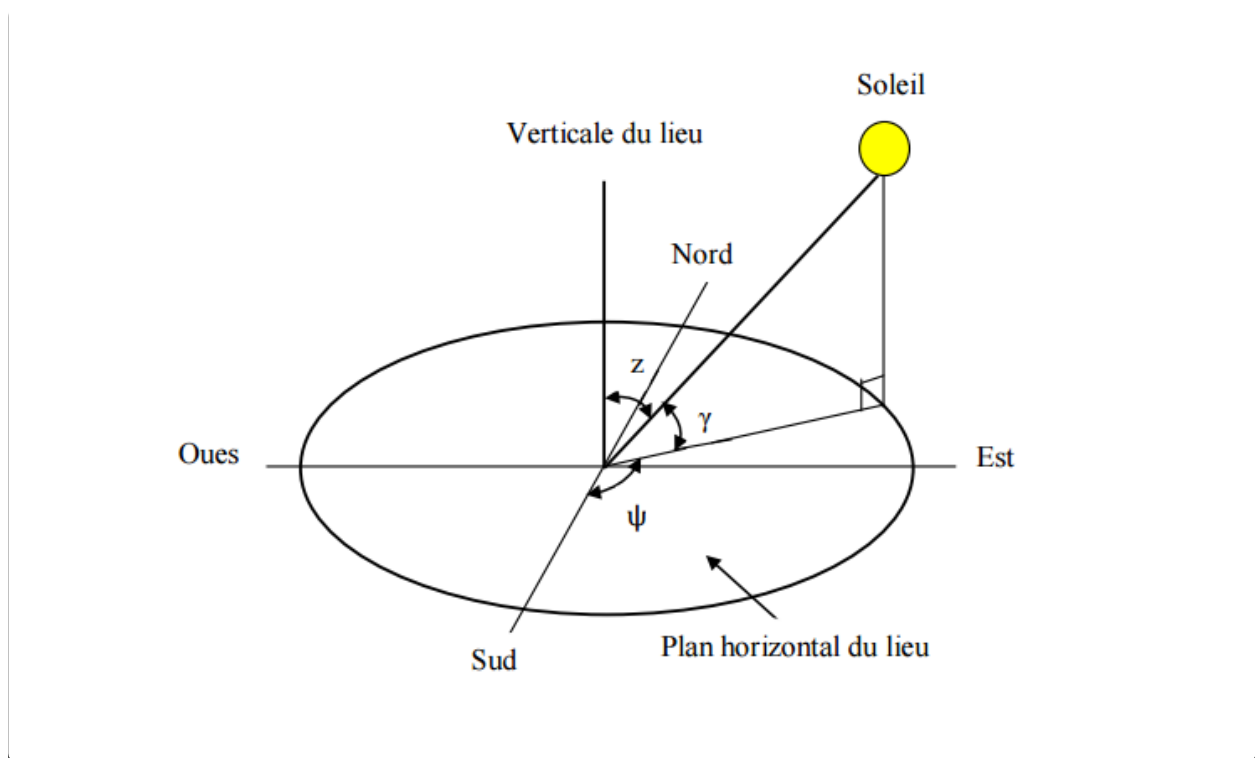


Image 2 Coordonnées solaire selon le repaire horizontal

4- Le rayonnement solaire

4-1- Le rayonnement solaire à la traversée de l'atmosphère

Le rayonnement solaire se compose de radiations électromagnétiques émises par le soleil, dont le spectre s'étend des plus petites longueurs d'ondes (rayons gamma) vers les grandes ondes radioélectriques. Les parties de ce spectre qui jouent un rôle dans l'interaction du rayonnement solaire avec l'environnement terrestre sont essentiellement les bandes infrarouge, visible et ultraviolette, ainsi que la gamme radioélectrique et celles des microondes. La distribution spectrale de ce rayonnement est donnée par là .

Le rayonnement solaire reçu au sommet de l'atmosphère, dans un plan perpendiculaire aux rayons solaires et pour une distance terre-soleil égale à sa valeur moyenne, est appelée la constante solaire et vaut 1367 W/m^2 . Lorsque ce rayonnement traverse l'atmosphère pour atteindre la surface terrestre, il est fortement atténué en raison des phénomènes d'absorption et de diffusion par les différents constituants de celle-ci. (Fariza)

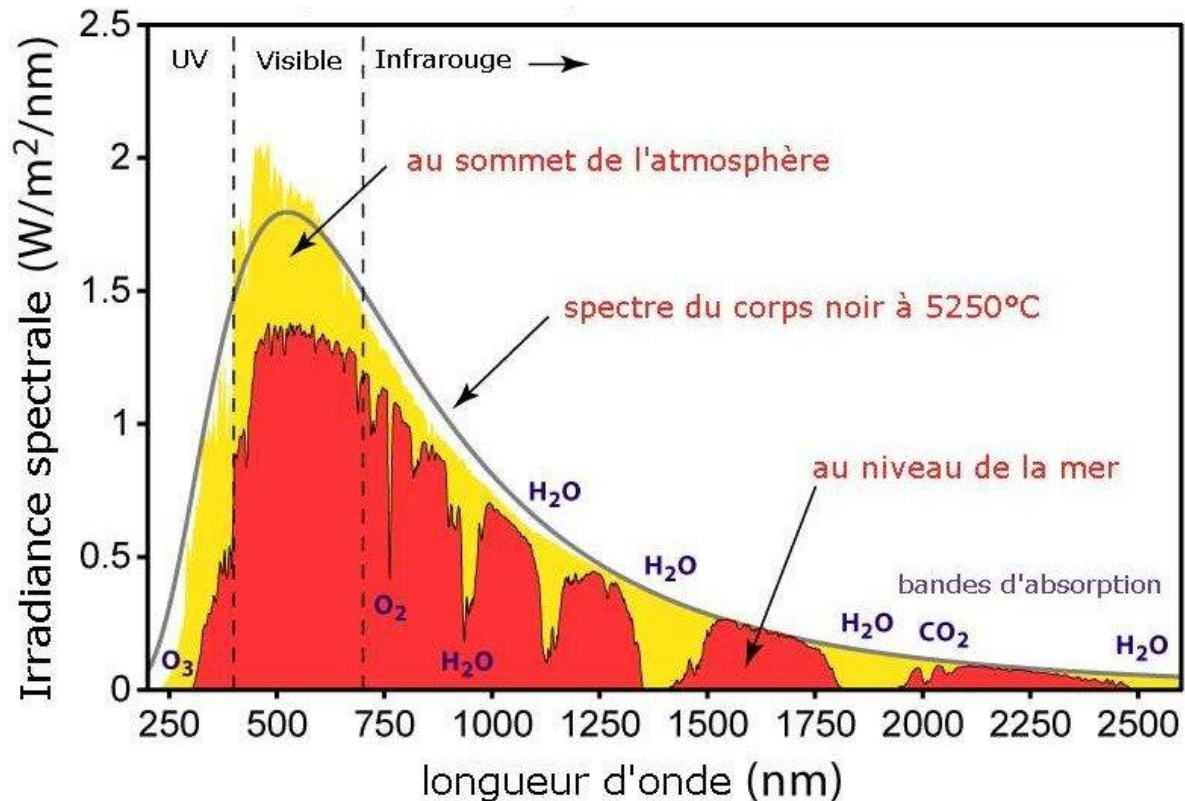


Figure 2 Distribution spectrale de rayonnement solaire

5- Les composants du l'irradiation solaire

Le rayonnement solaire est une énergie produite par le Soleil à la suite de réactions de fusion thermonucléaire qui dégage une très grande quantité d'énergie, source de la plupart des énergies disponibles sur Terre et exploitable pour la production d'électricité. L'énergie solaire se propage dans l'espace sous forme de « grains », quanta d'énergie ou photons ; elle est sans cesse renouvelée.

Le rayonnement solaire au niveau de sol est constitué principalement du rayonnement direct I_b , provenant directement du soleil, légèrement affaibli par diffusion ou absorption lors de sa traversée de l'atmosphère, et du rayonnement diffus I_d provenant de toute la voûte céleste par suite de la diffusion du rayonnement direct par les molécules et les aérosols. Ainsi le rayonnement global reçu au sol I_G , est la somme de ces deux composantes :

$$IG = Ib + Id = Ib \cos z + Id = Ib \sin \gamma + Id$$

Avec z l'angle zénithal et γ la hauteur angulaire. (Fariza)

5-1- Rayonnement direct

Le rayonnement solaire direct se définit comme étant le rayonnement provenant du seul disque solaire. Il est donc nul lorsque le soleil est occulté par les nuages. C'est ce type de rayonnement qui est utilisé dans les systèmes à concentration (centrales solaires thermodynamiques : tour, Fresnel, parabolique...) (<https://www.exoco-lmd.com>, n.d.)

5-2- Rayonnement diffus

Le rayonnement diffus est le rayonnement émis par des obstacles (nuages et bâtiments) et provient de toutes les directions. La part du rayonnement diffus n'est pas négligeable et peut atteindre 50% du rayonnement global (selon la situation géographique du lieu). (<https://www.exoco-lmd.com>, n.d.)

5-3- Rayonnement réfléchi (albédo)

C'est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige, etc...). (<https://www.exoco-lmd.com>, n.d.)

5-4 Rayonnement global

C'est la somme du rayonnement direct et diffus, c'est celui-ci qui est utilisé pour faire fonctionner les panneaux solaires thermique et photovoltaïque. (<https://www.exoco-lmd.com>, n.d.)

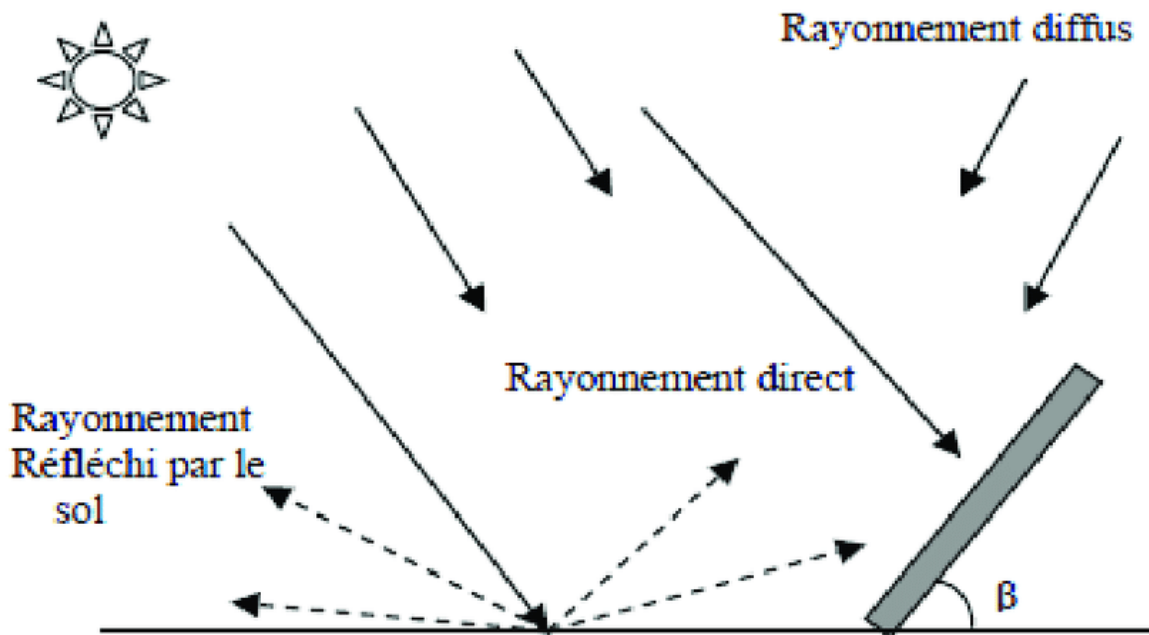


Figure 3 Les composants de rayonnement solaire

6- Gisement solaire en algerie

L'Algérie, compte tenu de sa position géographique, dispose de l'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut même atteindre 3900 heures notamment dans les hauts plateaux et le Sahara.

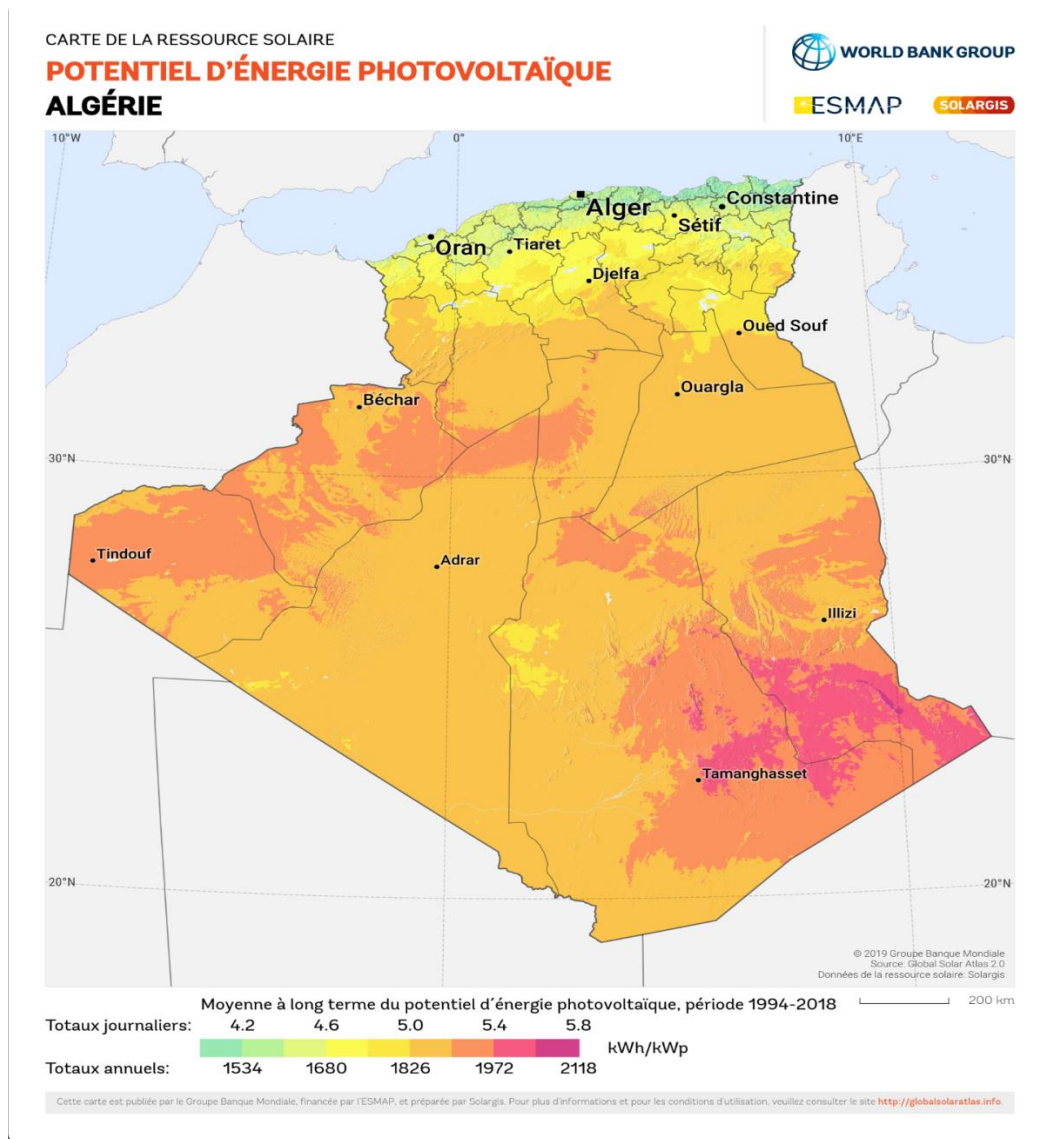
Ainsi, sur l'ensemble du territoire national, l'énergie solaire globale reçue par jour sur une surface horizontale d'un mètre carré varie entre 5,1 KWh (~1860 KWh par an et par m²) au Nord et 6,6 KWh (~2410 KWh par an et par m²) dans le Grand Sud.

Quant à la radiation solaire incidente provenant du disque solaire et atteignant directement la surface terrestre, sans avoir été dispersée par l'atmosphère, qui reste une donnée de base pour le solaire thermique à concentration (CSP), elle peut atteindre 5.5 KWh (~2007 KWh par an et par m²) (Alger) jusqu'à 7.5 KWh

Chapitre II : Gisement solaire

(2738 KWh par an et par m²) (Illizi) par jour et par mètre carré.

(<https://portail.cder.dz/>)



Carte 1 Potentiel de l'énergie photovoltaïque en algérie

L'Algérie bénéficie de conditions idéales pour l'exploitation de l'énergie solaire grâce à son ensoleillement abondant. Voici un aperçu détaillé du potentiel solaire du pays, généralement illustré par une carte spécifique qui montre la répartition géographique de l'ensoleillement et de la capacité de production d'énergie solaire.

L'Algérie bénéficie de conditions idéales pour l'exploitation de l'énergie solaire grâce à son ensoleillement abondant. généralement illustré par une carte spécifique qui montre la répartition géographique de l'ensoleillement et de la capacité de production d'énergie solaire.

6-1- Zones à Haut Potentiel

- **Région Saharienne** : Le sud de l'Algérie, incluant le Sahara, est particulièrement riche en ensoleillement, recevant plus de 3 000 heures de soleil par an.
- **Hauts Plateaux** : Cette région, située au centre du pays, bénéficie également d'un ensoleillement significatif.

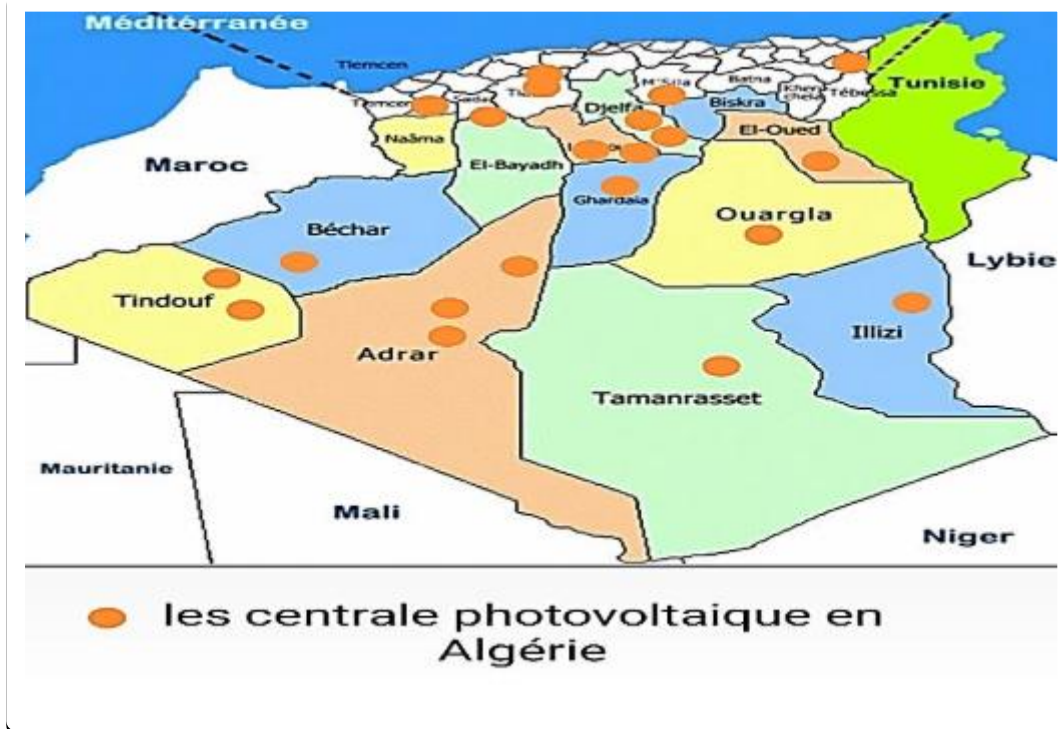
6-2- Interprétation de la Carte

Couleurs Rouges/Oranges : Indiquent des zones avec le plus haut potentiel solaire, généralement trouvées dans le sud et le centre du pays.

Couleurs Jaunes : Zones avec un bon potentiel mais légèrement inférieur aux zones rouges. Couleurs Vertes : Zones avec un potentiel solaire plus faible, principalement dans le nord du pays.

7- Les centrales photovoltaïques en Algérie :

De par sa position géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde (5 milliards GWH/an), avec une durée d'ensoleillement sur le Sahara et les Hauts plateaux pouvant atteindre les 3.900 heures/ an, selon les spécialistes. Le principe d'obtention d'énergie électrique à partir du photovoltaïque s'appelle l'effet photoélectrique, qui consiste en l'émission d'électrons par un matériau soumis à un léger choc. Cette production d'électricité peut ensuite être stockée dans des batteries ou convertie par un onduleur et distribuée au réseau.



Carte 2 La distrubition des centrales photovoltaiques en algérie

- L'unité des Hauts Plateaux Est : elle comporte les centrales suivantes; M'sila, El Hadjira, Oued Nechou, Batna, Djelfa et Souk Ahras. Elle présente une puissance totale de 121,1 MW
- L'unité des Hauts Plateaux Ouest : elle comporte les contralessuivantes; Laghouat, S.B Abbes, Naama, Saida et El Bayadh. Elle présente une puissance totale de 145 MW.
- L'unité du Sud : elle comporte les contralessuivantes; Adrar, Kabertène, Tindouf Djanet, ZouietKounta, In Salah, Timimoune, Tamanrasset, Reggane, Aoulef. Elle présente une puissance totale de 78 MW.

8- La centrale photovoltaïque d'Ain Skhouna

La centrale photovoltaïque d'Ain Skhouna 30MWc a été installée en 2015, est située dans la Willaya de Saida à une distance 80 km de la capitale de wilaya et à 150 km au sud de la willaya de Tiaret. Ce mégaprojet couvre une superficie de 42 ha pour un coût de réalisation estimé à 50 millions d'euros, soit l'équivalent à l'époque de 480 millions de dinars. Elle a été réalisée par Shariket Khahrabawa Taket Moutadjadida (SKTM), le schéma générale de cette centrale elle s'inscrit dans le cadre du programme national des énergies renouvelables. Cette centrale

Chapitre II : Gisement solaire

injecte sa puissance produite directement dans le réseau national 60KV. Elle a été réalisée par les opérateurs Allemand, groupe BELECTRIC. Avec sa capacité de 30 mégawatts, cette centrale solaire photovoltaïque pour la production d'énergie électrique est la première du genre dans la région sud-ouest et dont la réalisation a nécessité la mobilisation d'un investissement de près de 3,9 milliards de dinars.

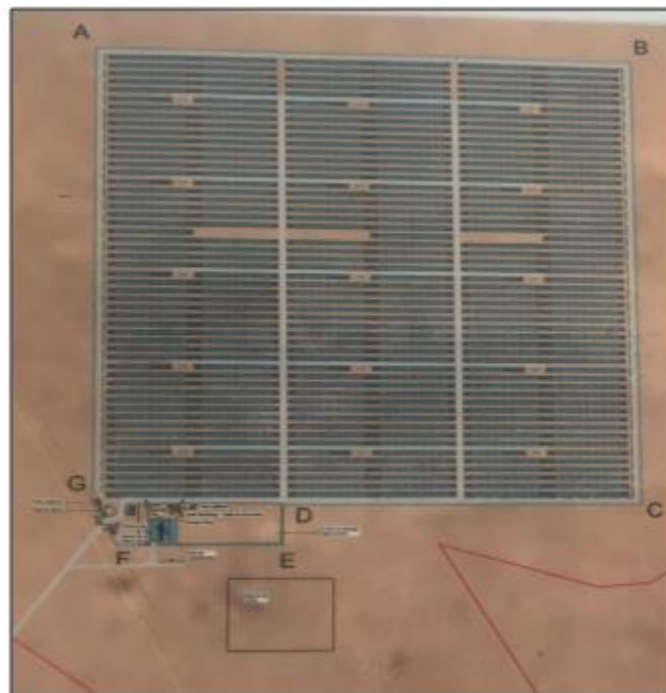


Image 3 Le schéma générale de centrale photovoltaïque Ain skhona de saida

8-1-Les champs solaires PV

Tous les champs solaires de la centrale d'Ain Skhouna occupent une superficie de 42.3 ha avec 119520 panneaux photovoltaïques (CS6P-250P-silicium polycristallin) installés comme illustré sur la Figure II.2. Cette centrale se compose de deux champs (appelé aussi boule) ; Saida 1(Boucle 1) et Saida 2 (Boucle 2) avec une puissance de 15.936 MWc et 13.944MWc respectivement. Le champ Saida 1(Boucle 1) comporte 8 sous champ (Skide) et le champ Saida2 (Boucle 2) 7 sous champ photovoltaïques, ce qui fait un total de 15 sous champ.



Image 4 Les champs Photovoltaïque de centrale Ain sekhona

Conclusion

Le rayonnement solaire en Algérie est extrêmement élevé, ce qui offre une grande opportunité pour le développement de projets d'énergie solaire. l'Algérie, grâce à son fort potentiel de rayonnement solaire, est en excellente position pour développer une infrastructure solaire robuste. Cela permettra non seulement de répondre aux besoins énergétiques nationaux de manière durable, mais aussi de réduire la dépendance aux combustibles fossiles et de réduire les émissions de carbone. Le gouvernement algérien semble déterminé à renforcer cette tendance à travers de futurs plans d'augmentation de la production d'énergie solaire.

Chapitre III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

Introduction

Les systèmes d'information géographique (SIG) et l'analyse multicritère (amc) jouent un rôle essentiel dans la sélection des sites les mieux adaptés aux centrales solaires. La combinaison de ces deux outils permet d'analyser un large éventail de critères géographiques, environnementaux et économiques pour assurer une sélection optimale des sites.

La sélection des sites les plus appropriés pour l'installation de centrales solaires nécessite une prise en compte minutieuse de divers facteurs géographiques, environnementaux et économiques. Les systèmes d'information géographique (SIG) et l'analyse multicritère (Amc) sont des outils efficaces qui aident à atteindre cet objectif.

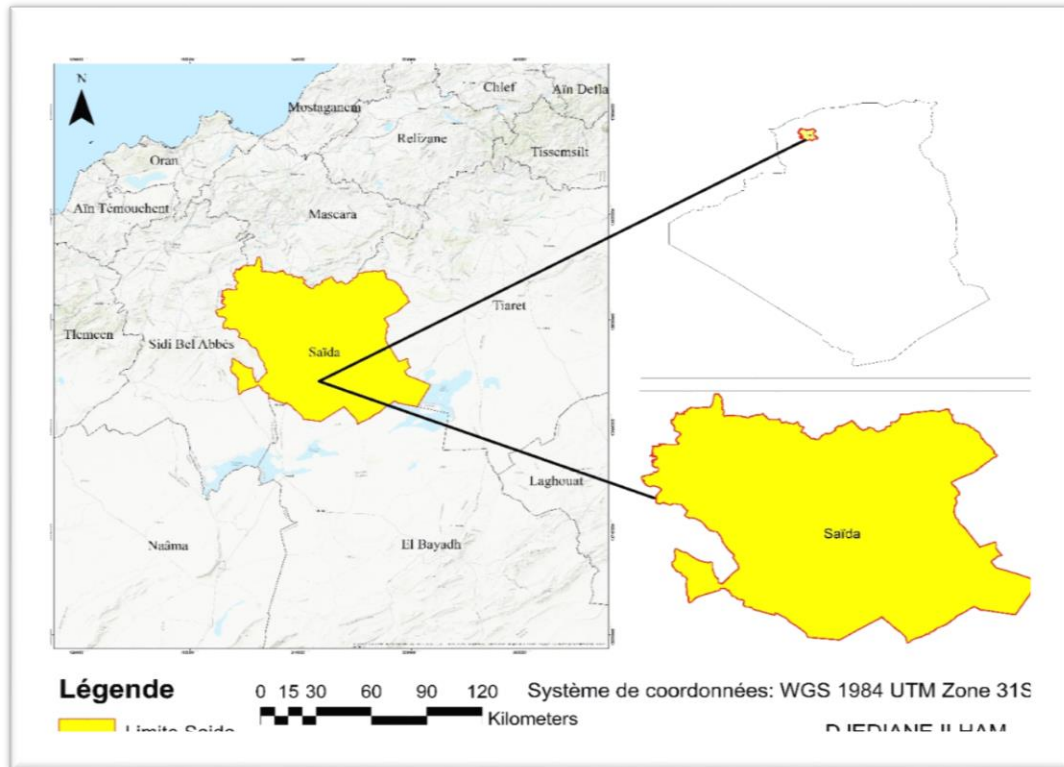
1- Situation géographique de la wilaya de Saïda

La situation de la wilaya de Saïda : La wilaya de Saïda couvre une superficie totale de 6765 km², localisée au Nord-ouest de l'Algérie, elle est limitée :

- au Nord par la wilaya de Mascara
- au Sud par celle d'El Bayadh
- à l'Est par la wilaya de Tiaret
- à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbés .

La wilaya de Saïda est constituée de six daïras et de seize communes, qualifiée de territoire hybride, ni franchement steppique, ni franchement tellien (ANAT, 2008).

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 3 La localisation de la wilaya de saïda

4-1 La pente

Cinq classes de pentes ont été prises en considération comme référence pour caractériser le relief (D.G.F, 2007) :

La classe de pente 0-5 % caractérise l'ensemble des fonds de vallées, les plaines et les plateaux. Cette classe témoigne la stabilité des terrains avec aucun risque d'érosion très faible.

Elle couvre une superficie de 460900 ha soit 67 % de la superficie totale de la wilaya. Elle est présente essentiellement dans les communes steppiques (Sidi Ahmed, Maamora et Ain Skhouna) et dans les zones céréalières telles que Moulay Larbi, Hassasna, Ouled Brahim, Tircine et Ain El Hadjar. La classe de pente 5-10 % caractérise les terrains de plateau ou de bas piedmonts de collines, elle occupe une superficie de 129100 ha soit 17 % de la superficie totale. Elle caractérise principalement la topographie des communes de Youb, Sidi Boubkeur, Doui Thabet, Hounet, Ouled Khaled, Saïda et Ain El Hadjar.

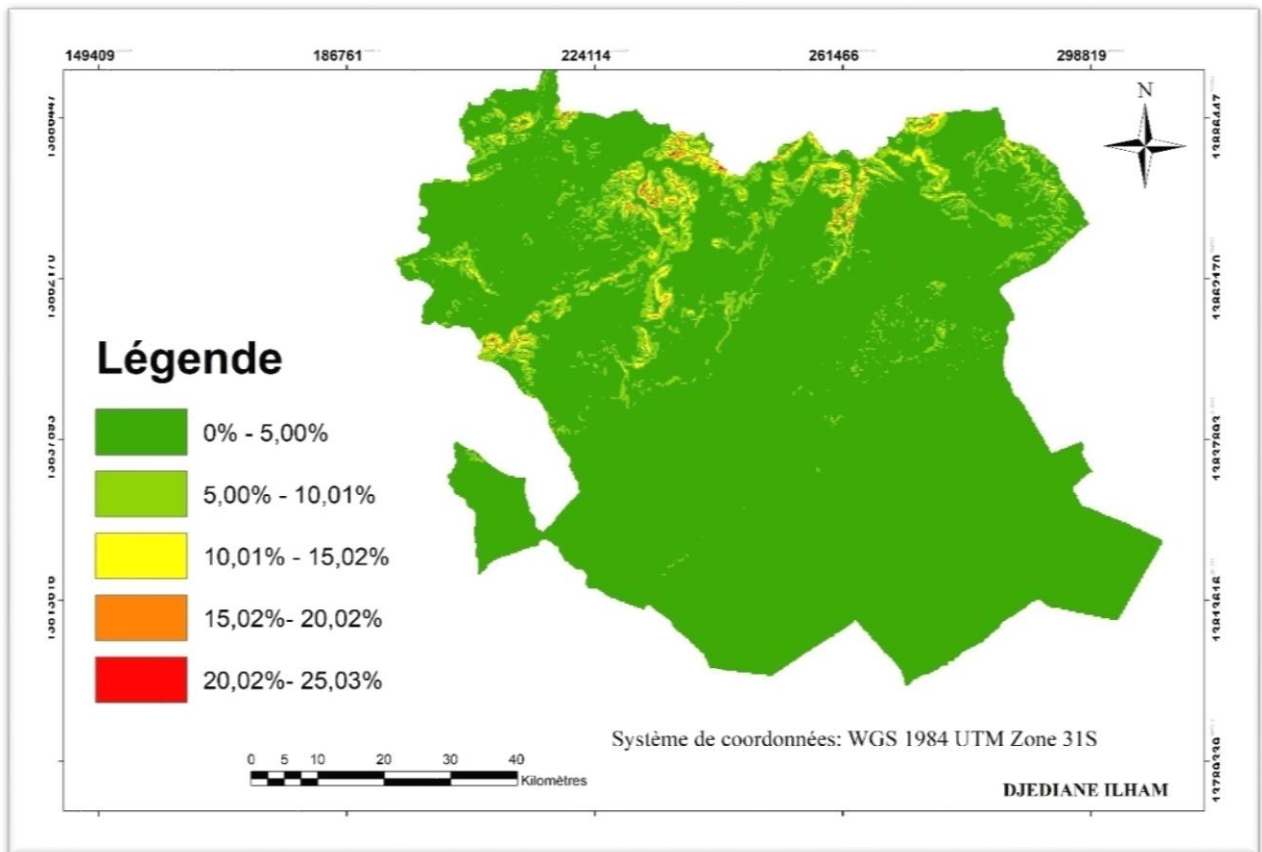
CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

La classe de pentes 10-15 % caractérise le plus souvent les zones de piedmonts qui sont le prolongement des massifs montagneux de la wilaya. Ce sont généralement des terrains de parcours et des terrains forestiers (maquis clairs). Ces terrains qui ont une déclivité de 10 à 15 % s'étendent sur presque 41920 ha soit 10 % de la superficie totale de la wilaya et occupent surtout les communes de Saida, Doui Thabet, Hounet, Sidi Amar, Ouled Khaled et Ain El Hadjar.

La classe de pentes 15-25 % caractérise les hauts piémonts des massifs montagneux de la wilaya. La classe plus de 25% est également présente. Ces deux classes de pentes occupent respectivement 30590 ha et 12560 (4% et 2%) soit au total 39 570 ha ce qui représentent 6% de la superficie totale de la wilaya. Ces terrains sont généralement boisés et s'étendent sur l'ensemble des massifs de la wilaya.

D'une manière générale, la topographie générale de la wilaya est presque plaine car les classes de pentes inférieures à 10 % occupent environ 84 % de la superficie totale de la wilaya. Le reste soit 16 % du territoire de la wilaya 104 520 ha ont une déclivité bien marquée avec cependant une classe intermédiaire 10-25 % relativement importante (D.G.F, 2007 et D.S.A, 2008).

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

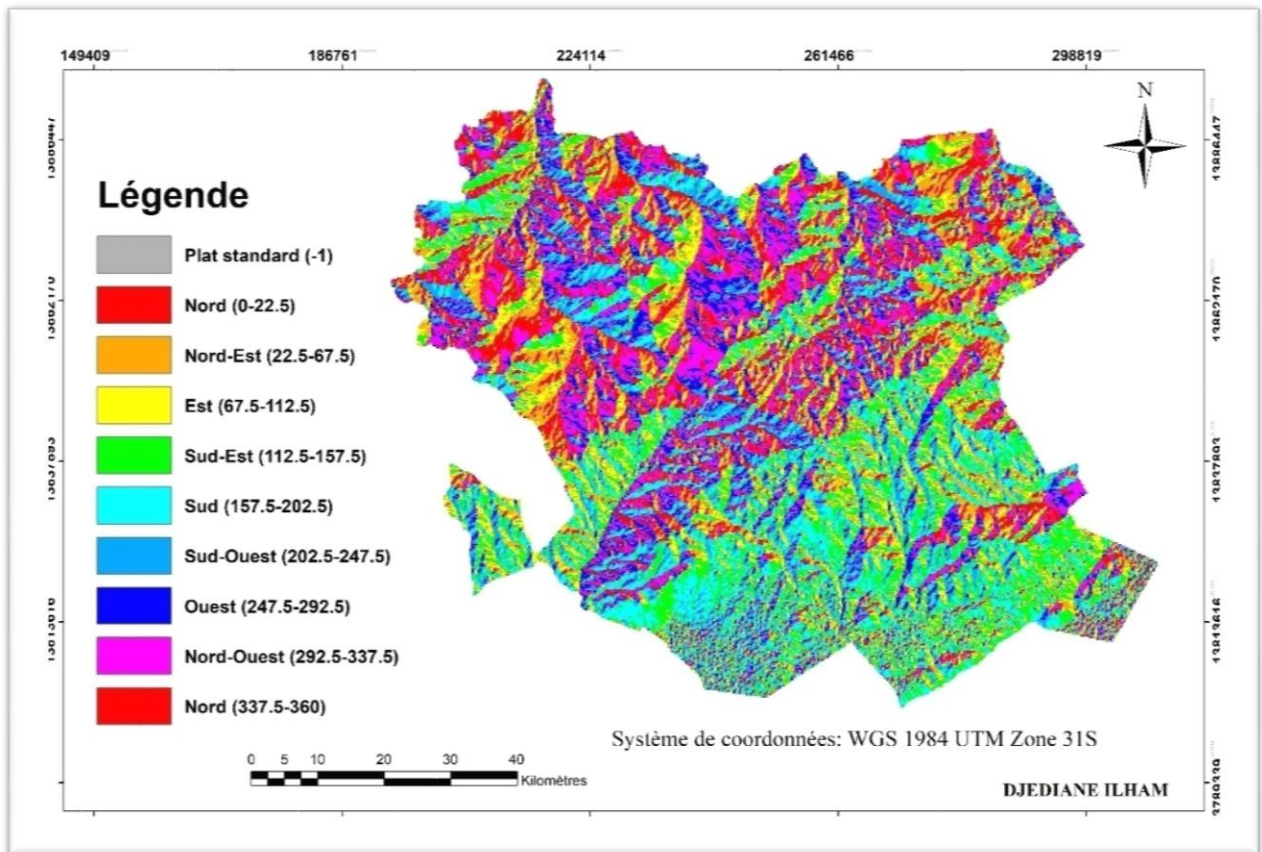


Carte 4 La pente de saïda

4-2- Exposition

L'exposition correspond à l'angle que fait la normale à la surface par rapport à une direction donnée (Nord géographique). Cette orientation des versants a un effet sur la végétation par l'intermédiaire de l'ensoleillement et l'humidité. La carte d'exposition a été obtenue à partir du modèle numérique du terrain (M.N.T). Ce paramètre joue un rôle très important dans plusieurs domaines d'étude (la distribution de précipitation, la phytogéographie...etc.). L'exposition Nord peut avoir une quantité très importante d'humidité vue qu'elle reçoit l'aire de la mer. Tandis que la partie orientée vers le sud et l'Est reçoit une quantité importante d'ensoleillement. Ces deux facteurs (Ensoleillement, humidité) sont parmi les paramètres déterminant le type de végétation du territoire de la wilaya de Saïda.

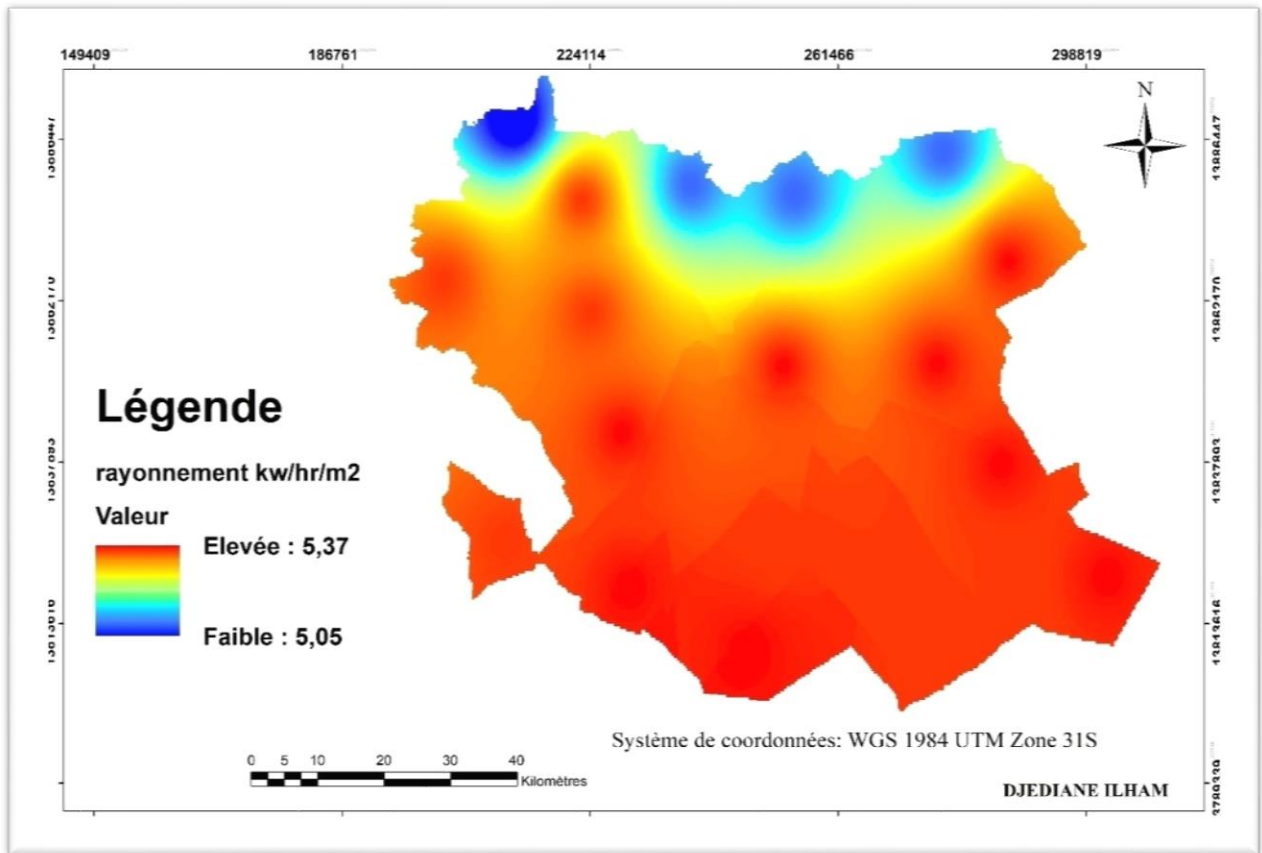
CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 5 Exposition de saïda

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

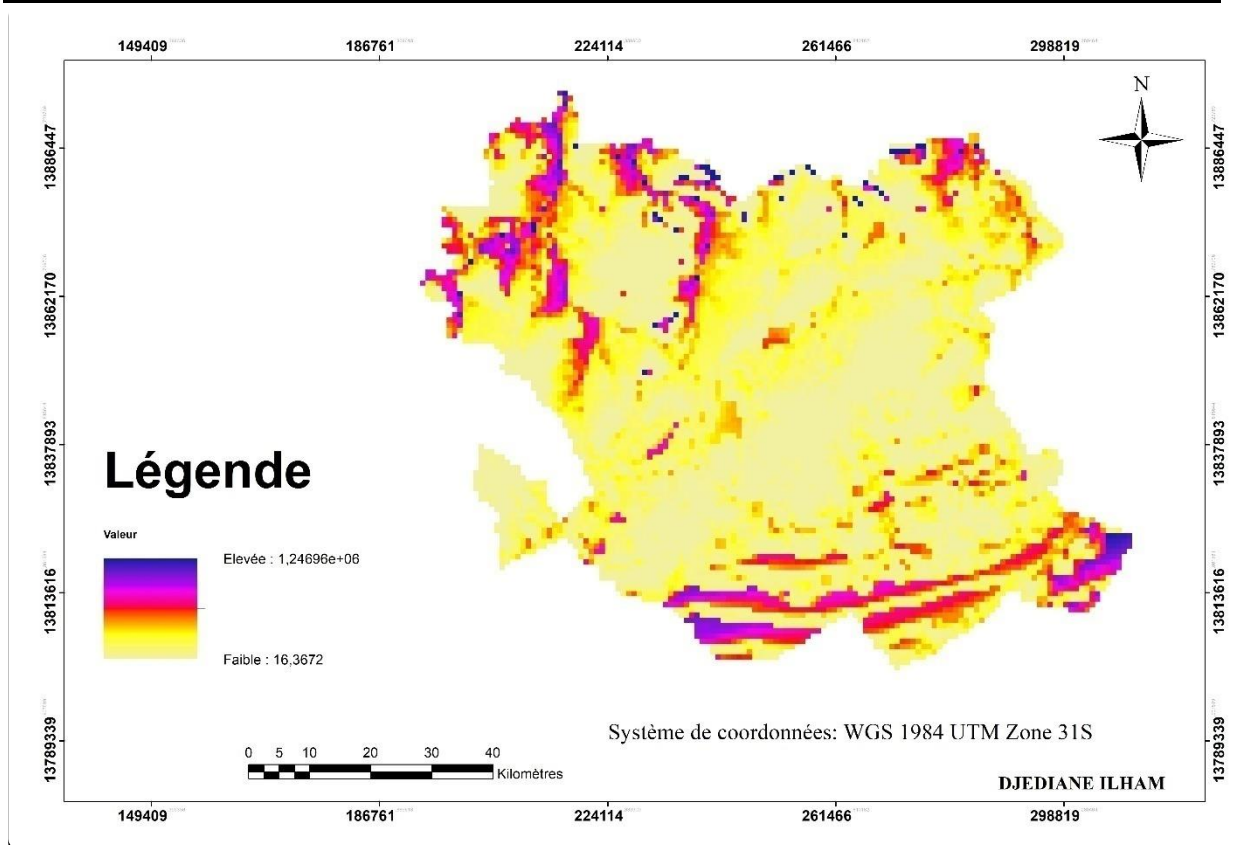
Le rayonnement solaire dans la wilaya Saïda



Carte 6 la contitue de rayonnement solaire Saïda

D'après les données sur le rayonnement solaire que nous avons obtenues, il a été constaté que le rayonnement solaire annuel moyen dans la région heureuse se situe entre 5 et 5,35 kWh par mètre carré

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 7 Rayonnement solaire Zonal

Cette carte représente les quantités de rayonnement tombant sur la région de Saïda, où l'on constate que les plus grandes quantités se trouvent à l'extrême sud de Saïda et sur les pentes exposées au soleil du côté nord.

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

1- La méthode utilisée pour la modélisation

2- Déterminer les critères en fonction des études antérieures et des recherches d'experts ainsi qu'en fonction de la disponibilité des données

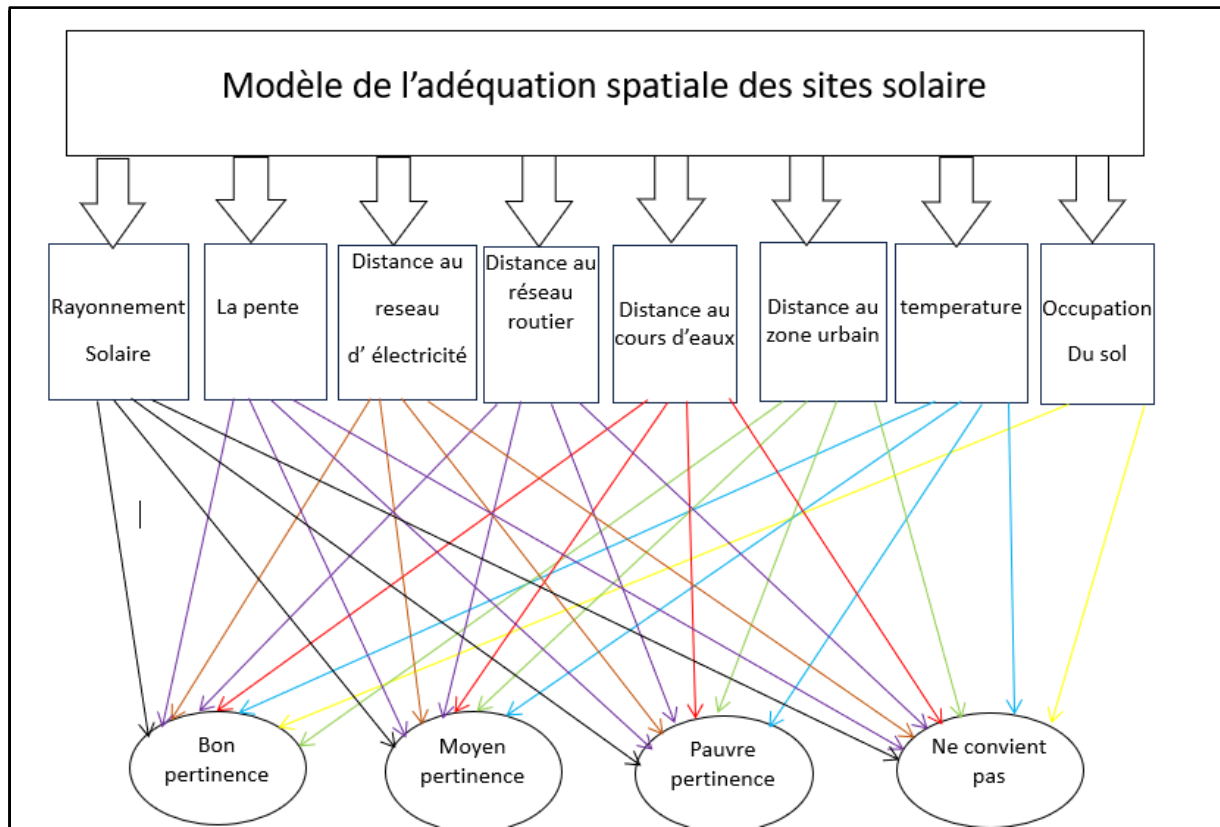


Figure 4 Schéma expriment les critères de modélisation spatiale solaire

1-2- Sources de données des critères de modélisation spatiale

Les critères d'adéquation spatiale pour les emplacements des centrales solaires ont été sélectionnés en s'appuyant sur des sources d'experts dans le domaine des systèmes d'information géographique spécialisés dans les énergies renouvelables. L'étude s'est appuyée sur plusieurs sources pour obtenir les données primaires requises et les convertir en image numérique dans le cadre des systèmes d'information géographique, puis créer les bases de données nécessaires, où il a été possible d'identifier certains critères, dont le rayonnement solaire, la pente, Distance au réseau électrique et au réseau routier, Distance des cours d'eau, Distance des zones urbaines, Température maximale, occupation du sol. Ce sont 08 critères importants pour choisir les sites les plus appropriés pour la construction de la centrale solaire.

- La première étape : consiste à collecter des sources de données provenant de plusieurs sites. Données sur le rayonnement solaire et la température provenant de www.earthexplorer.usgs.gov, Modèle numérique d'élévation

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

de www.earthdata.nasa.gov. Images satellitaires de landcover de Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover TimeseriesDownloaderRéseau routier, réseau électrique cours d'eaux de Qgis-QuickOSM

- Avant de procéder à l'application de fonctions aux données ou plutôt aux couches pour la modélisation et l'analyse spatiale, nous avons changé la projection de référence de WGS à UTM à l'aide de projeter, puis nous avons changé les couches vectrices vers Raster puis standardisé la taille de la cellule du réseau pour chaque critère afin de faciliter le calcul et la superposition des couches.

1-3- Traitement des données

Les premières étapes du traitement des données ont consisté à atteindre un ensemble de normes devant être disponibles dans les sites spatiaux les plus appropriés pour les projets de collecte d'énergie solaire Dans ce contexte, un certain nombre d'études et de recherches liées à ce sujet ont été lues et les normes appliquées dans chaque étude ont été étudiées pour atteindre les normes les plus appropriées et la valeur du rayonnement solaire qui atteint la région est le premier critère de collecte de l'énergie solaire, puis vient le critère de la pente de la terre, qui affecte également les panneaux solaires Distance du réseau électrique et Le réseau routier est un critère important, car plus cette distance est grande, plus la quantité d'énergie perdue lors du processus de transfert de l'électricité est importante et plus le coût de son transport est élevé, et c'est aussi la distance des cours d'eau , des zones urbaines et des terres agricoles, car elle est considérée comme l'une des restrictions à éviter, ainsi que le choix d'une norme à basse température pour éviter de détériorer les cellules des panneaux solaires. Les étapes du traitement des données ont consisté à dériver une couche de maillage pour chaque norme à partir des normes représentant la classification des valeurs de la norme en catégories

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

pour faciliter la présentation et l'analyse. Appliquez ensuite les pondérations pour chaque critère, puis extrayez le modèle d'ajustement final.

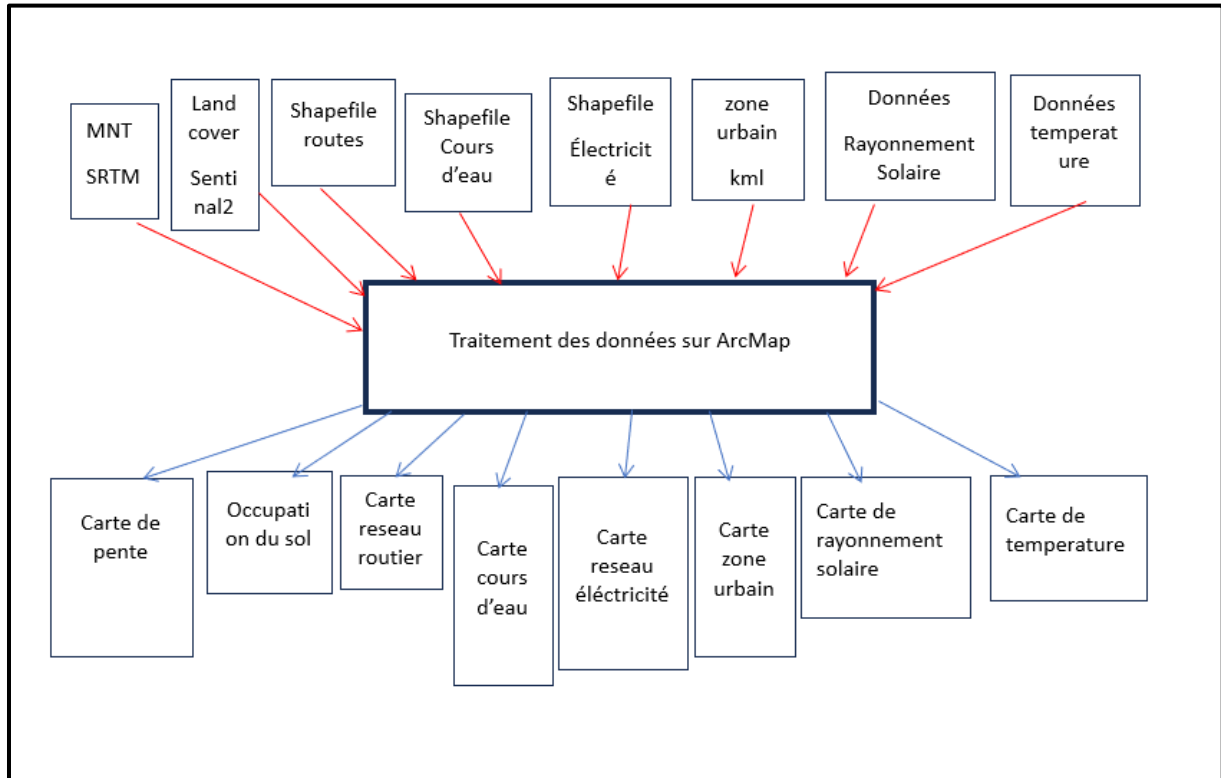


Figure 5 Méthodologie de préparation de la base de données utilisé

1-4- calculer les poids des criteres en utilisant le site AHP-OS

Language: English Deutsch Español Português Türkçe

AHP Criteria
Select number and names of criteria, then start pairwise comparisons to calculate priorities using the Analytic Hierarchy Process.
Select number of criteria:
Input number and names (2 - 20) [6] [Go] OK

Pairwise Comparison
28 pairwise comparison(s). Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.
With respect to *AHP priorities*, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

A - sort AHP priorities - or B?		Equal	How much more?								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	rayonnement solaire	○ pente	○ 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ 7	○ 8	○ 9
2	rayonnement solaire	○ distance au reseaux electrique	○ 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ 7	○ 8	○ 9
3	rayonnement solaire	○ distance au reseaux routiers	○ 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ 7	○ 8	○ 9
4	rayonnement solaire	○ distance au cours d'eau	○ 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ 7	○ 8	○ 9
5	rayonnement solaire	○ distance au agglomeration urbain	○ 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ 7	○ 8	○ 9
6	rayonnement solaire	○ pente	○ 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ 7	○ 8	○ 9

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

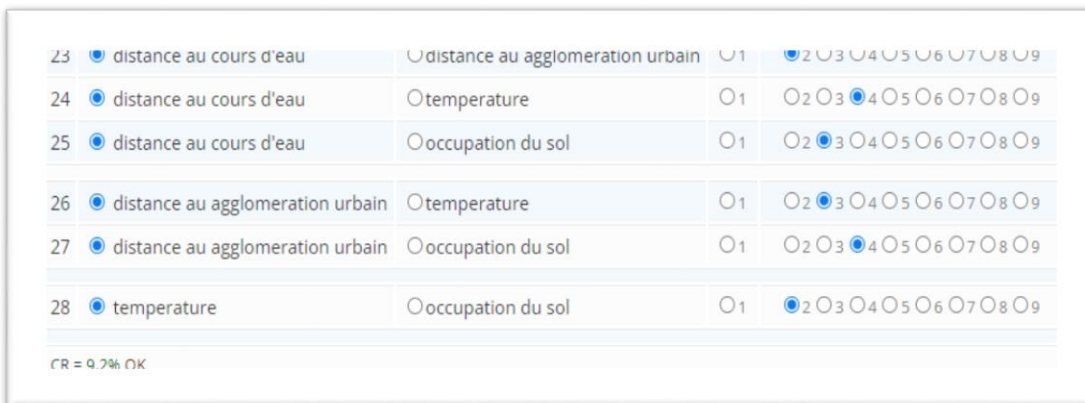
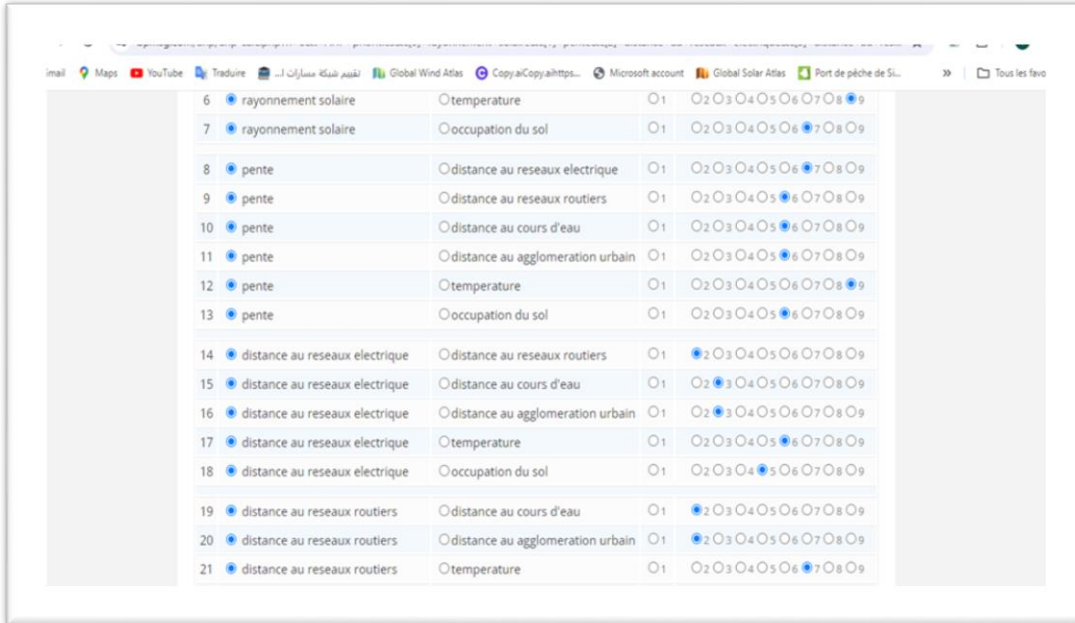


Image 5 Capture d'écran la comparaison entre les critères sur le site AHP-OS

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

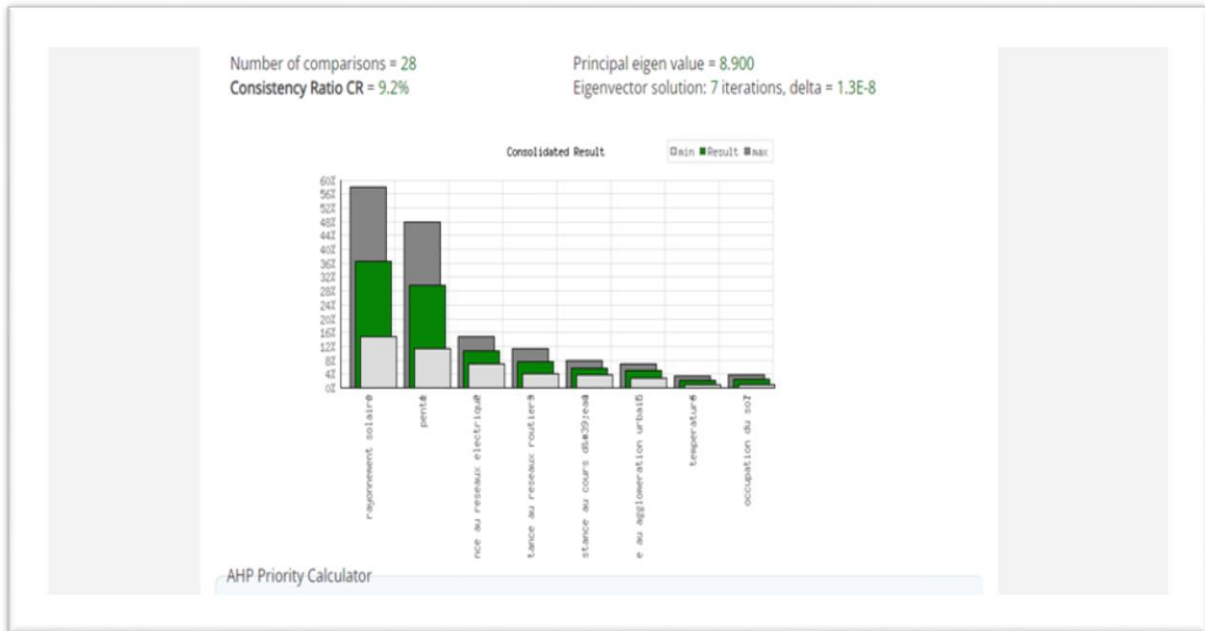


Image 6 Le résultat de calcul

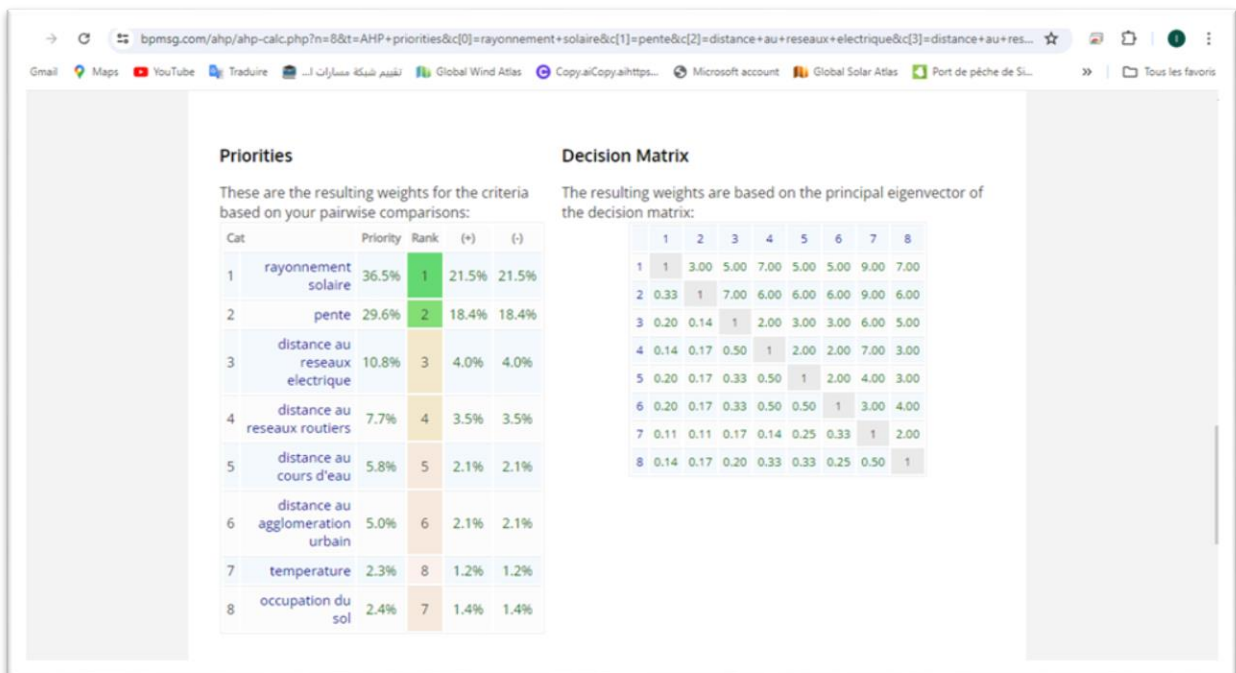


Image 7 La matrice et le pourcentage de calcul des poids des critères

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

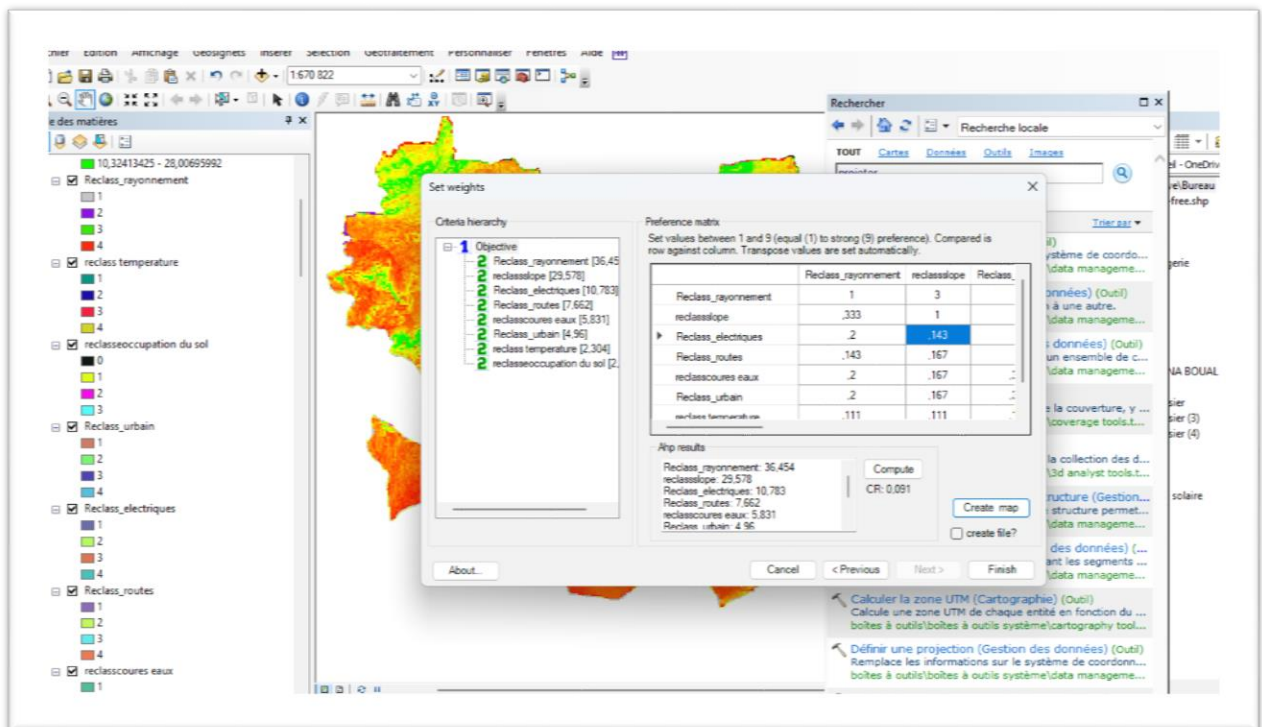
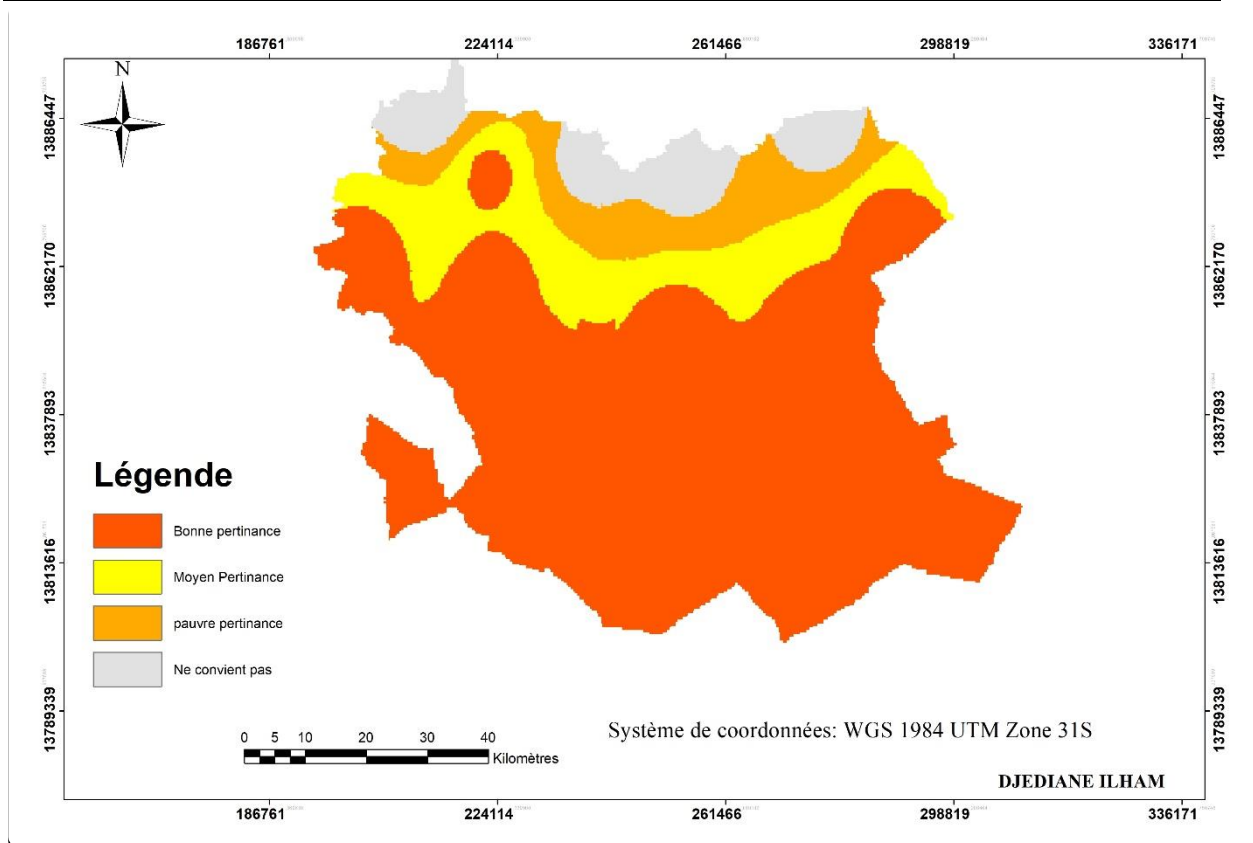


Image 8 Intégration de l'extension AHP sur Arcmap

- Dans cette étape J'ai intégré l'extension AHP à Arcmap, puis j'ai entré les poids, puis calculé Cr, puis sur la base de cette valeur, le programme a créé une carte d'adéquation spatiale.

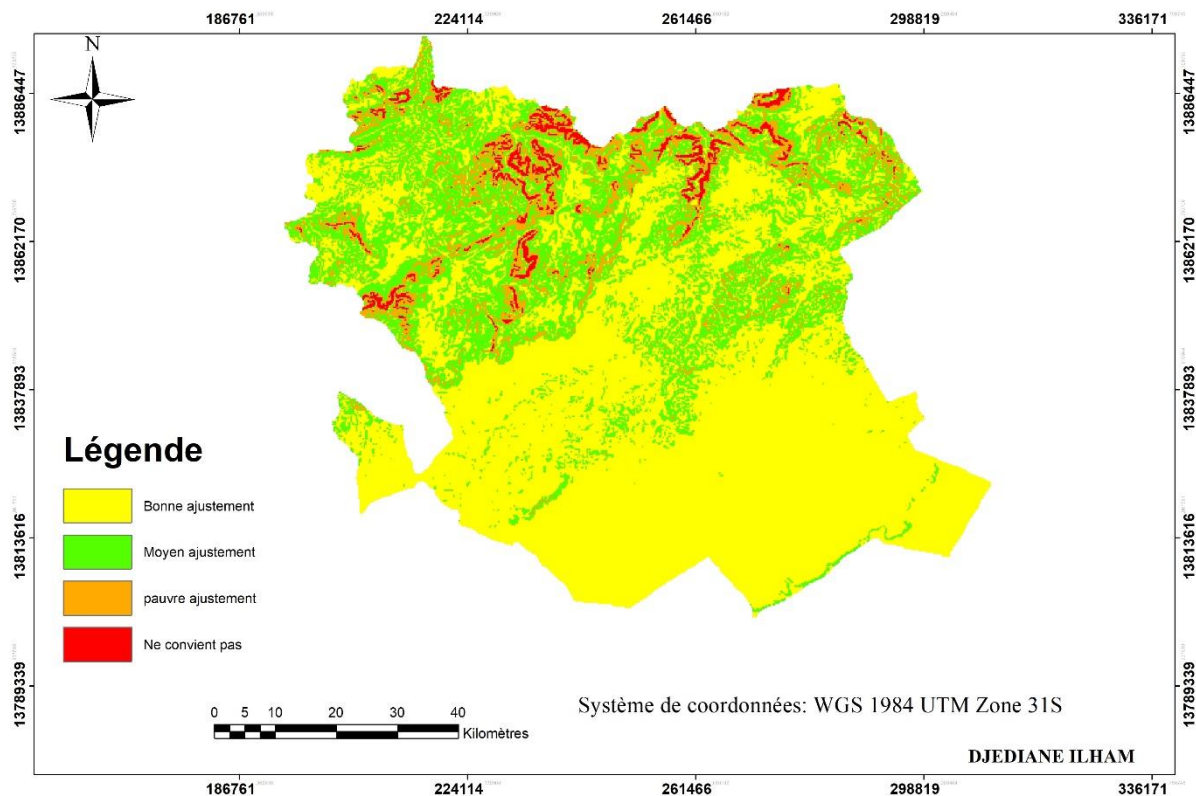
CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 8 Adéquation spatiale de rayonnement solaire

- La majorité de la région est représentée en rouge foncé, indiquant une bonne performance en termes de rayonnement solaire.
- Les zones en orange montrent une performance moyenne, qui sont principalement situées autour des zones rouges.
- Les zones en jaune, qui indiquent une faible performance, sont moins étendues et se trouvent principalement dans les zones plus au nord de la carte.
- Il y a peu ou pas de zones en gris, suggérant que presque toute la région convient au rayonnement solaire dans une certaine mesure.

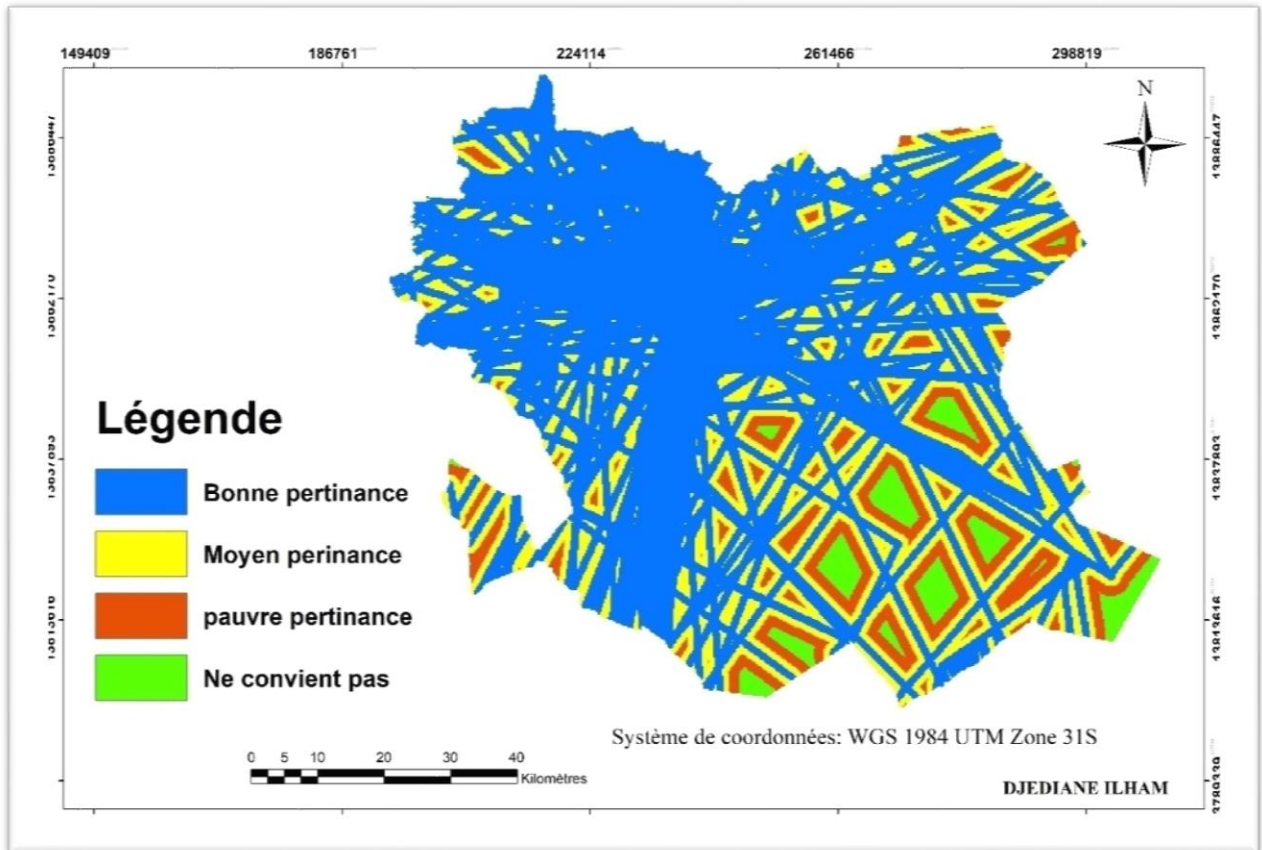
CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 9 Adéquation spatiale de pente

Grâce à la carte d'adéquation en fonction du degré de pente, nous constatons que les zones les plus appropriées sont les zones situées au sud, car le degré de pente ne dépasse pas 5 degrés .

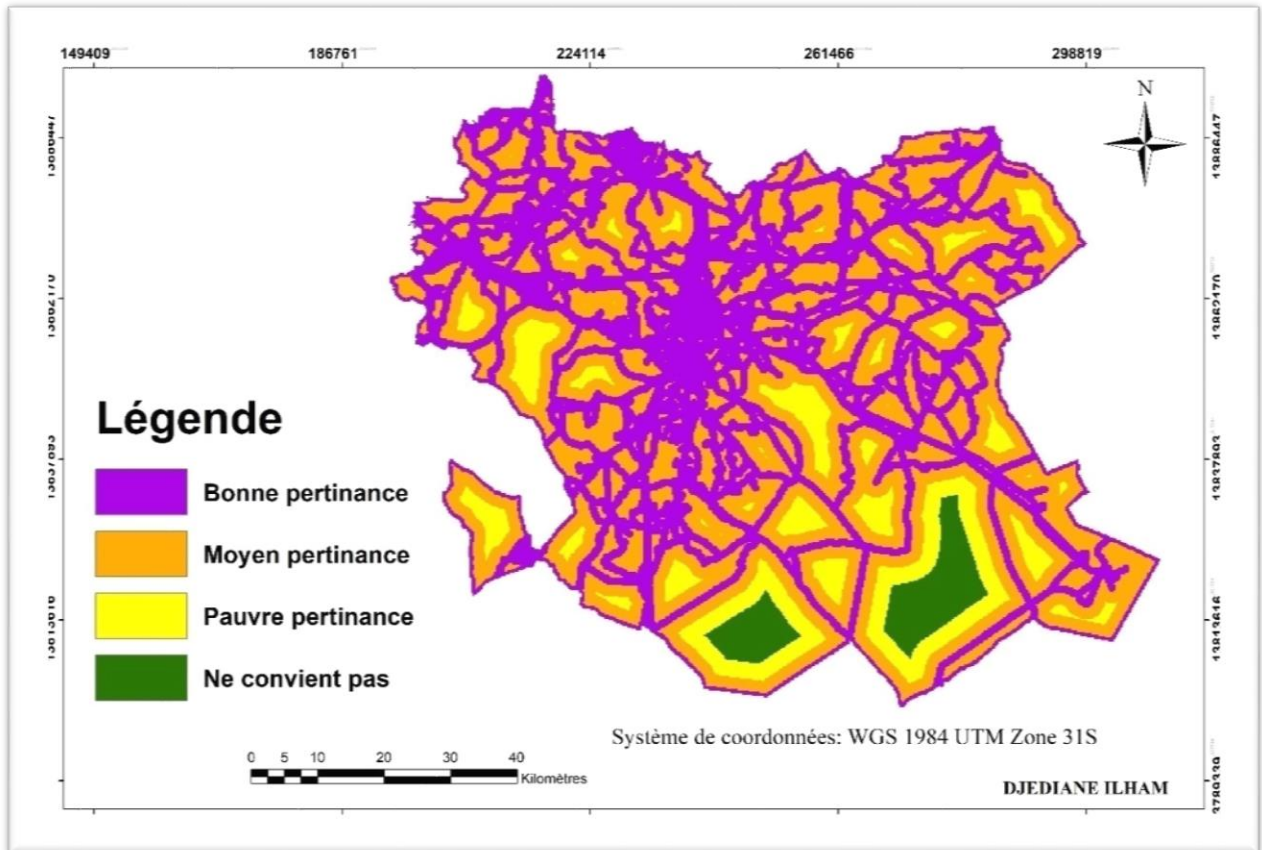
CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 10 Distance au réseau électrique

- À travers la carte du degré d'adéquation au critère de distance au réseau électrique, nous constatons que les sites à haute adéquation sont ceux qui ne sont pas loin de 5 kilomètres des lignes de distribution d'électricité, car ils sont concentrés dans le côté sud-ouest, tandis que le côté sud-est est d'adéquation moyenne, car il est à plus de 5 km du réseau électrique, nous constatons donc que le réseau électrique est très dense du côté nord.

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

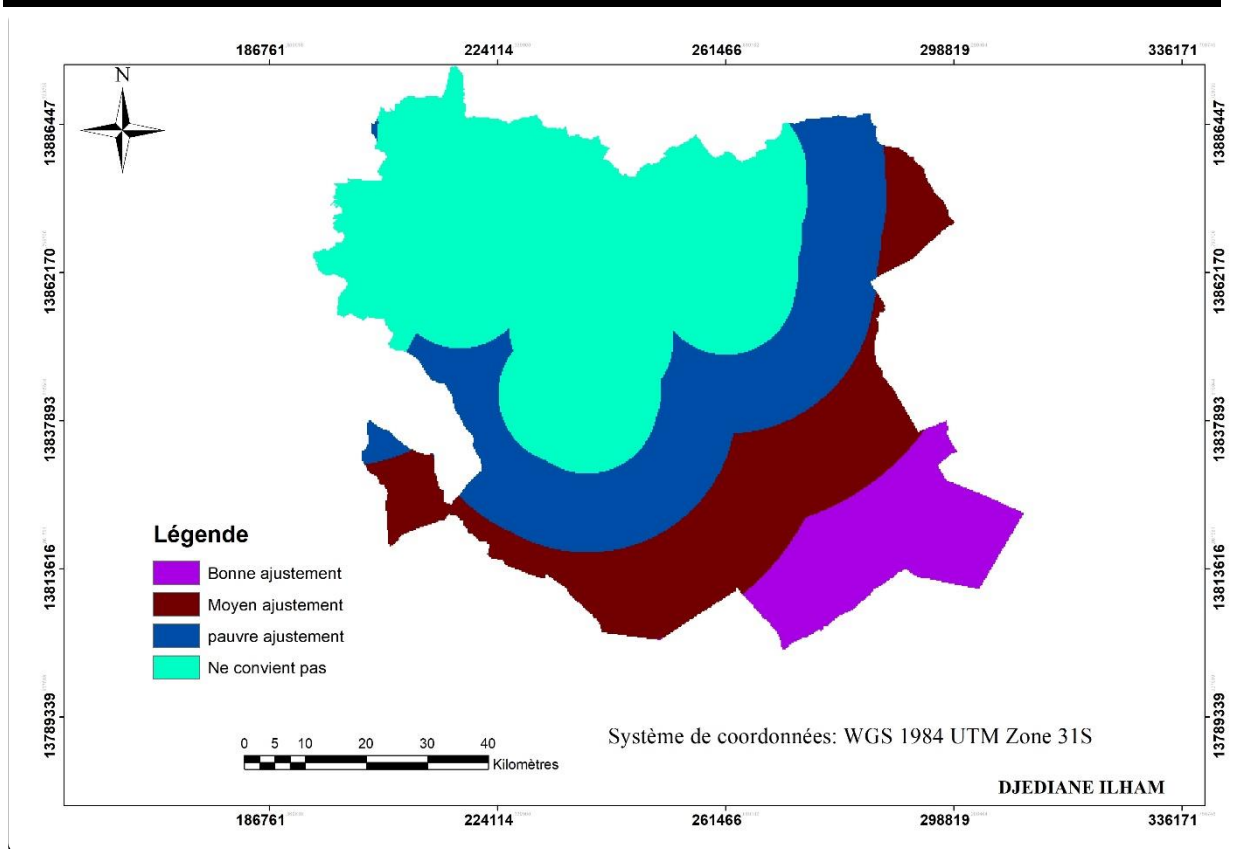


Carte 11 Distance au réseau routier

- Quant au critère d'adéquation spatiale en termes de distribution du réseau routier, il couvre tous les aspects et sa densité diminue à mesure que l'on se dirige vers le sud.

L'étude de réseau routier est un facteur qui facilite la construction de centrales solaires, car la proximité de celles-ci nous permet de transférer l'électricité en douceur et l'équipement des stations et éviter les frais de transport .

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 12 Distance au cours d'eau

- Les zones en violet, qui indiquent un bon ajustement, sont principalement situées au sud-est de la région. Ces zones sont idéales pour l'installation de sites solaires en termes de distance par rapport aux cours d'eau.

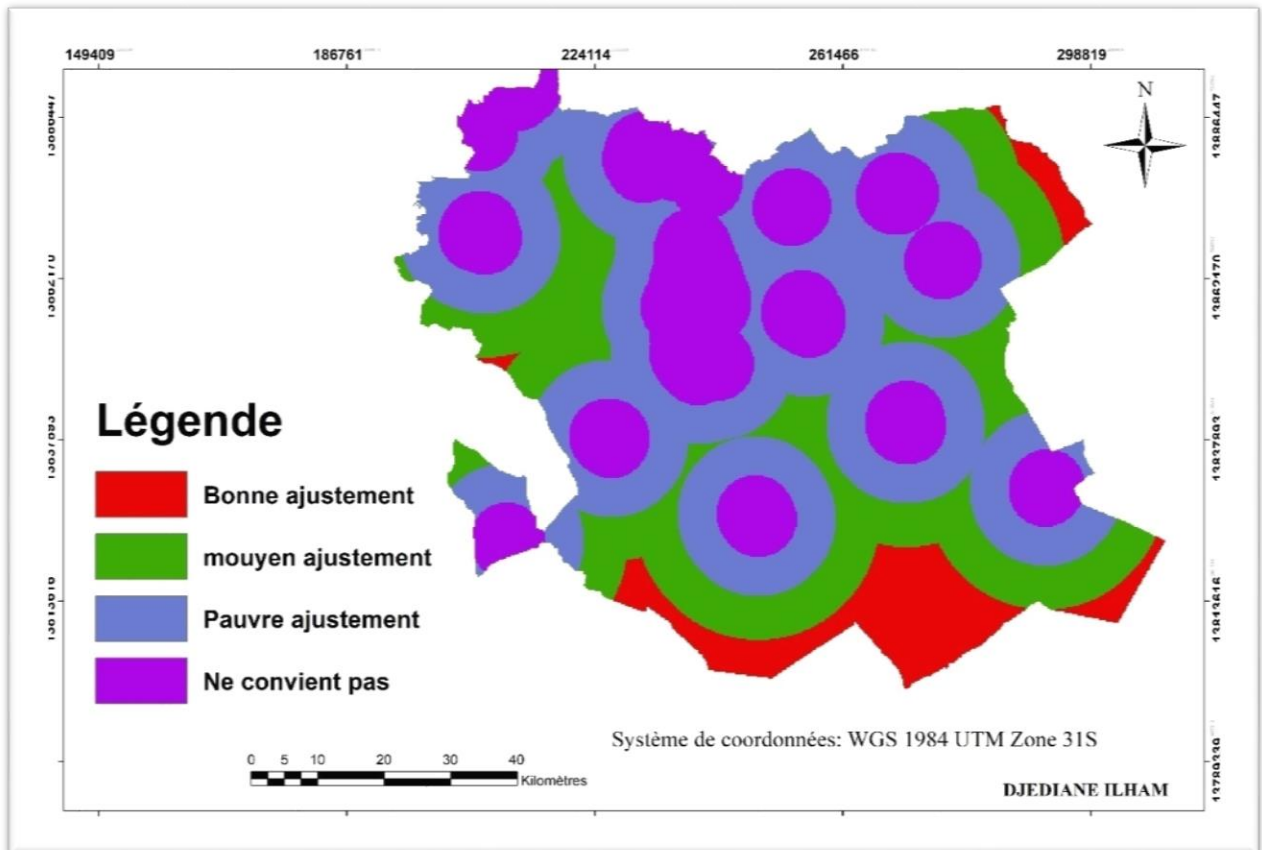
- Les zones en bleu foncé montrent un ajustement moyen et sont principalement situées dans la partie centrale de la région. Ces zones sont également favorables, mais moins idéales que les zones violettes.

- Les zones en marron, représentant un pauvre ajustement, se trouvent principalement dans le sud-ouest et à quelques autres endroits dispersés. Ces zones ne sont pas très favorables pour l'installation de sites solaires en raison de leur proximité avec les cours d'eau.

- Les zones en bleu indiquent les zones qui ne conviennent pas pour l'installation de sites solaires en termes de distance aux cours d'eau. Elles sont principalement situées dans la partie nord de la région.

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

Les cours d'eau sont des obstacles à la mise en place d'une centrale solaire à la suite d'inondations qui peuvent entraîner la destruction de la station, et d'autre part, elles peuvent émettre de l'humidité qui peut détruire les panneaux solaires.

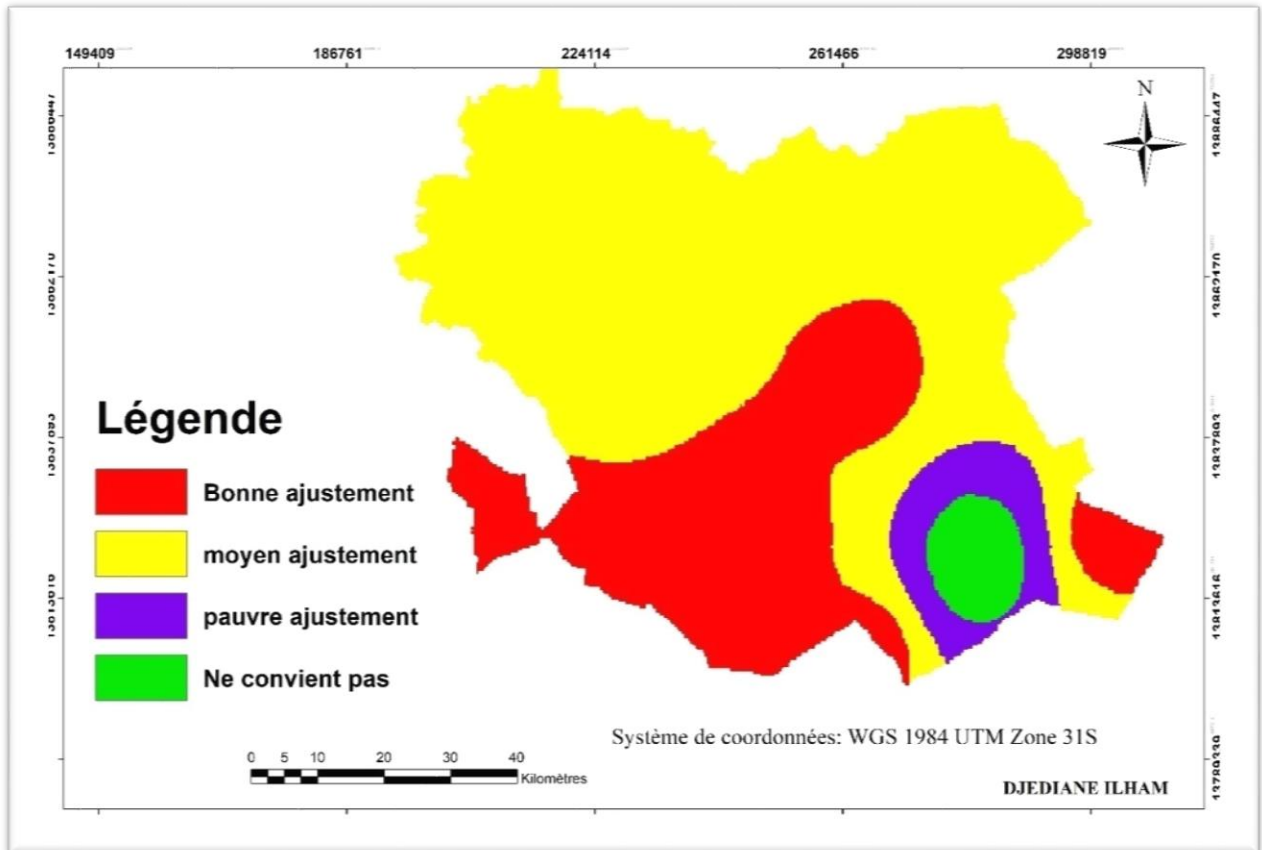


Carte 13 Distance au zones urains

à travers la carte de la distance du réseau urbain que nous remarquons que les zones les plus appropriées sont celles qui sont à 500 m des zones urbaines, les plus appropriées en rouge, puis en deuxième lieu, les zones en vert, qui sont situées à l'extrême sud et dans le nord-est

L'objectif de la création de cette carte est d'éviter la construction de centrales solaires avec les limites des agglomérations urbains, car cela limite l'extension urbaine .

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

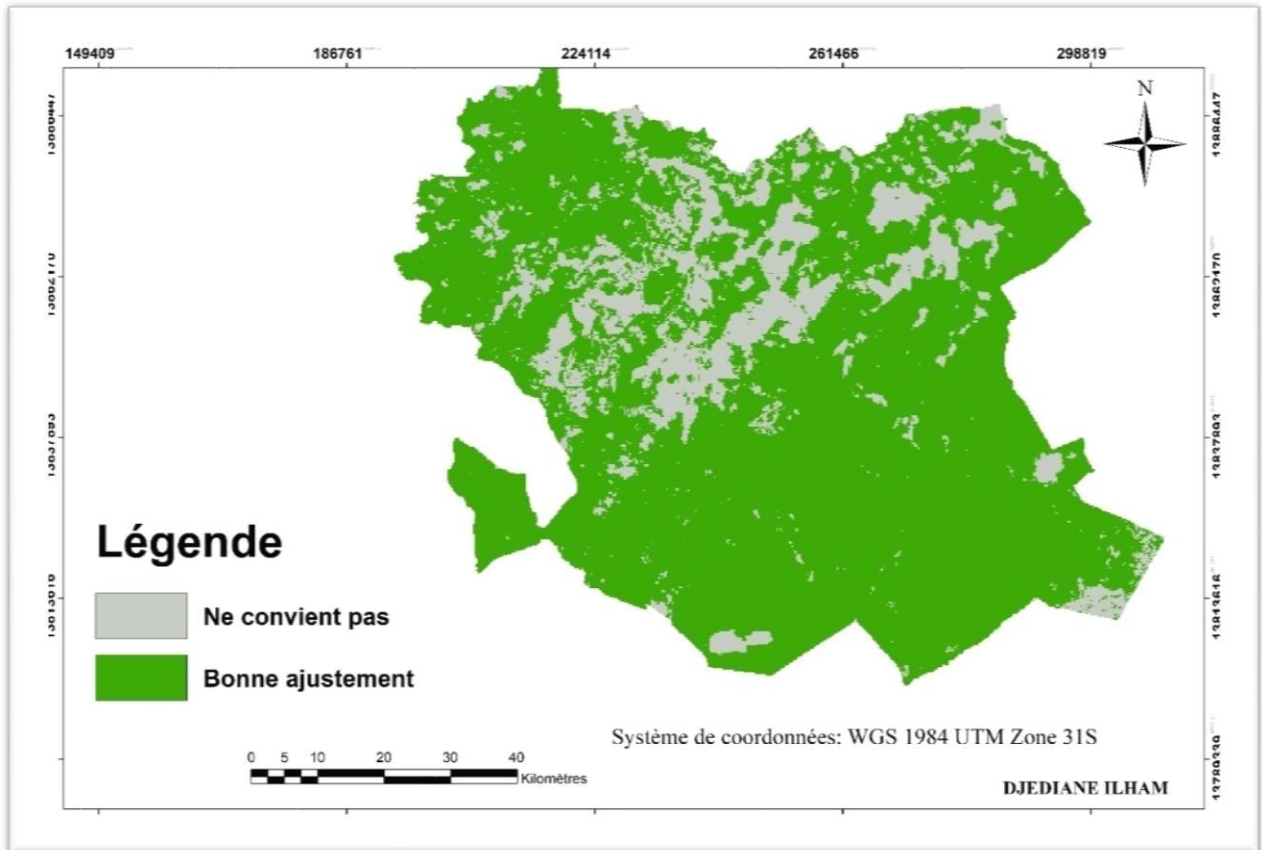


Carte 14 Adéquation au température

Cette carte représente les degrés d'adéquation à la température, où nous constatons que les zones les plus appropriées sont les zones situées au sud-ouest et à l'extrême sud-est. Elle est suivie par les zones du nord avec une adéquation moyenne.

La raison de la création de cette carte est de connaître la valeur maximale de la température car si elle dépasse 40 degrés, les noyaux des panneaux solaires peuvent être endommagés, donc si la température augmente, les panneaux solaires doivent être fabriqués dans un matériau capable de résister à des températures élevées.

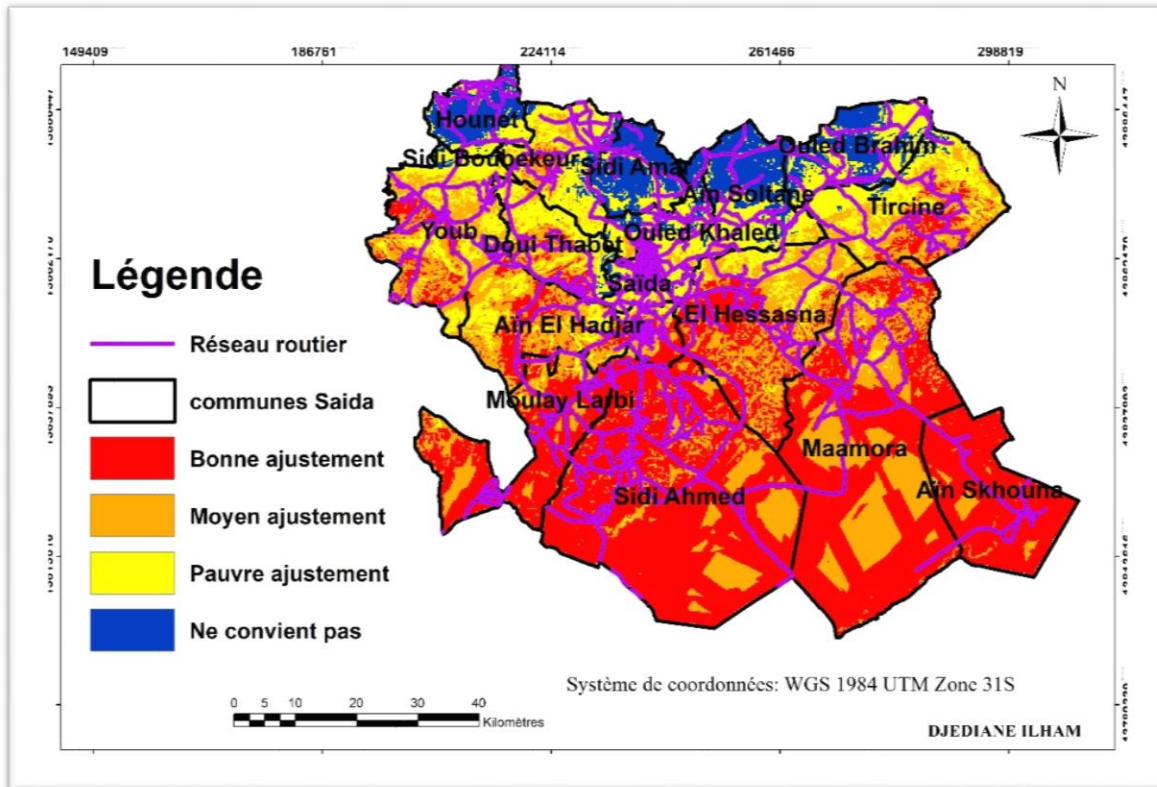
CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 15 Adéquation de l'occupation du sol

Carte d'adéquation par utilisation des terres, où nous l'avons divisée en deux catégories, une catégorie inappropriée en gris, où elle représente les terres agricoles, les forêts, l'urbanisation et l'eau, et une catégorie d'adéquation en vert, où les zones de pâturage et les zones stériles sont représentées

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère



Carte 16 Adéquation spatiale des centrales photovoltaïques

La carte finale du modèle d'adéquation indique que la région sud surtout sur la commune de Sidi AMED et la commune de Maamora et Ain sekhona sont adaptées aux centrales solaires en ce sens qu'elle a un rayonnement solaire élevé ainsi qu'une bonne pente ainsi que la proximité du réseau électrique et routier. Quant aux zones du nord ils représentent des zones en jaunes et bleues, elles ne sont pas adaptées à l'établissement d'une centrale solaire en raison de la forte pente et de la présence de certaines restrictions telles que les zones urbaines et les cours d'eaux.

CHAPITRE III L'aspect applicatif utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritère

Conclusion

De ce chapitre, nous concluons que les facteurs les plus contrôlants dans la modélisation de l'adéquation spatiale des sites d'énergie solaire sont le rayonnement solaire et les facteurs de gradient. Sans des quantités abondantes de rayonnement solaire et sans que la Terre soit plate, elle ne conviendrait pas à une centrale solaire car elle serait inefficace. De plus, le facteur de proximité avec le réseau électrique est important dans le transport de cette énergie. Par conséquent, si les autorités compétentes veulent établir une autre centrale solaire, elles doivent l'établir dans le sud car elle présente les facteurs de rayonnement solaire et le degré de pente moins de 05 degré.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'énergie solaire est l'une des énergies renouvelables les plus importantes dans le développement et la fourniture du réseau électrique car elle contribue à la réduction des moyens de fournir de l'énergie électrique traditionnelle et vulgaire reconnue, et ainsi toute zone à fort rayonnement solaire peut établir des centrales solaires, y compris contribuer au développement durable de celles-ci et de l'ensemble de la wilaya, ainsi que cette étude visait à évaluer l'adéquation spatiale des sites de centrales solaires dans la wilaya de Saïda grâce à l'utilisation de systèmes d'information géographique et adoptés Méthode de prise de décision spatiale multicritère utilisant une analyse hiérarchique pondérée et utilisant huit critères en examinant des avis d'experts, des articles sur ce sujet et en fonction de la possibilité d'obtenir des informations et des données liées à ce sujet où nous sommes arrivés à la conclusion que les endroits les plus appropriés pour l'implantation de centrales solaires sont les régions sud de la wilaya parce que le rayonnement solaire tombe dessus de manière significative, contrairement à d'autres zones du côté nord comme nous l'a montré la carte du rayonnement solaire zonal. D'autre part, il faut tenir compte du fait que la zone dans laquelle la centrale solaire sera établie est reliée au réseau routier et à une centrale électrique, comme il y'a des zones dans la wilaya de Saïda qui ne sont pas reliée au réseau électrique, en raison de l'inégalité entre les régions du nord et les région du sud, le réseau électrique couvre presque la commune de Saïda et les communes voisines, les zones qui ne sont pas raccordées au réseau électrique doivent être couvertes pour faciliter le transport de l'électricité. Quant aux obstacles qui peuvent entraver la construction de centrales solaires, sont les cours d'eau, les zones urbaines et les espaces agricoles, les utilisation des terres doivent être prises en compte et vérifiées sur le terrain.

Conclusion générale

Grâce à cette étude, nous avons conclu que le rayonnement solaire est le principal moteur de la mise en place de stations solaires, en plus de cette pente est un facteur important pour le placement des panneaux solaires, car le rayonnement tombe à un angle qui doit être pris en compte. Quant à l'objectif ultime de l'étude de cette zone, elle a besoin de tels projets pour développer son réseau électrique et éviter les pannes fréquentes ainsi qu'à l'avenir, elle peut devenir un pôle de distribution d'électricité vers les autres wilayas voisins.

Cependant, cette étude reste incomplète en raison de l'absence de certains critères, mais elle est en mesure d'orienter les décideurs pour distinguer les sites les plus appropriés pour la construction d'une centrale solaire qui augmente la couverture électrique dans toutes les zones de la wilaya qui n'ont pas accès à l'électricité et réduit les coupures fréquentes.

Références

Babe, & Mema, H. (2018 /2019). Mémoire Etude de la centrale photovoltaïque de skhouna(saida).

BENATIALLAH, D. (2019). These de doctorat ,Détermination du gisement solaire par imagerie satellitaire avec intégration dans un système d'information géographique pour le sud de l'algerie .

Fariza, M. (s.d.). Mémoire de magister, Détermination du gisement solaire par traitement d'images MSG.

<https://connaissancedesenergies.org/>. (s.d.).

<https://energy.gov.dz/>. (s.d.).

<https://pastel.hal.science/>. (s.d.).

<https://portail.cder.dz/>. (s.d.).

<https://pwg.gsfc.nasa.gov/Education/Fwsun.html>. (s.d.).

<https://www cea.fr/page/matiere-univers>. (s.d.).

<https://www.ecologie.gouv.fr/>. (s.d.).

<https://www.esri.com/fr-fr/what-is-gis/overview>. (s.d.).

<https://www.esrifrance.fr/>. (s.d.).

<https://infodoc.agroparistech.fr/>. (s.d.).

KHEDIRI Chaouki, K. (2022-2023). Mémoire, L'utilisation des techniques d'aide à la décision pour gestion des risques.

Melle.Nourelhouda, H. M. (éàéé-éàé"). Mémoire, Modélisation et simulation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique situé au sud d'algerie.

الإطار القانوني و الإجراءات التحفيزية لتطوير قطاع الطاقات المتجددة. الطاهر, ع. ع. (s.d.).

(<https://www.exoco-lmd.com>, n.d.)

1-Definition de la geomatique

La géomatique est une discipline regroupant les pratiques, méthodes et technologies qui permettent de collecter, analyser et diffuser des données géographiques. L'objectif final de la géomatique est la représentation spatiale des données récoltées pour identifier, représenter et démontrer les résultats d'analyses statistiques. De ce fait, la géomatique apporte un nouvel axe d'analyse à vos données qui, jusqu'à présent, n'étaient analysées qu'en deux dimensions. Logiquement, le terme géomatique provient de la contraction des termes géographie et informatique. La géomatique permet donc de tirer le meilleur parti de chacun de ces deux domaines. (<https://www.esrifrance.fr/>, n.d.)

1-2- Application de la geomatique

Cette discipline est appliquée à de nombreux domaines tels que l'aménagement du territoire, la prévention des risques naturels ou encore la gestion des ressources naturelles et de l'urbanisme. Cependant, l'utilisation de la géomatique se généralise de plus en plus dans les secteurs de l'économie et du marketing. En effet, la représentation spatiale des données facilite les études de marché et donc l'identification des tendances ou l'analyse de la concurrence dans des secteurs géographiques donnés.

La géomatique étant liée à l'informatique, son application passe par l'utilisation d'outils informatiques que l'on nomme les SIG. (<https://www.esrifrance.fr/>, n.d.)

1-3-Histoire des SIG

En cinquante ans, les SIG sont passés de simple concept à science. L'évolution phénoménale des SIG, outil rudimentaire à l'origine devenu puissante plateforme moderne permettant de comprendre et cartographier notre monde, est jalonnée de plusieurs étapes majeures.

- **Débuts des SIG 1960**

Le domaine des systèmes d'information géographique (SIG) a vu le jour dans les années 60 avec l'émergence des ordinateurs et les premiers concepts de

géographie quantitative et informatique. Les premiers travaux sur les SIG ont inclus des recherches importantes menées par la communauté universitaire. Plus tard, le National Center for Geographic Information and Analysis, dirigé par Michael Goodchild, a structuré la recherche autour de thèmes scientifiques géographiques clés, comme la visualisation et l'analyse spatiale. Ces efforts ont enclenché une révolution quantitative dans le monde des sciences géographiques et jeté les bases des SIG.

- **Premier SIG 1963**

Les travaux précurseurs de Roger Tomlinson pour initier, planifier et développer le système d'information géographique du Canada donnent naissance au premier SIG informatisé du monde en 1963. Le gouvernement canadien mandate Tomlinson pour créer un inventaire gérable des ressources naturelles du pays. Celui-ci a alors l'idée de recourir à des ordinateurs pour fusionner les données des ressources naturelles de toutes les provinces. Il conceptualise l'informatique automatisée permettant de stocker et traiter de grosses quantités de données et permet ainsi au Canada de lancer son programme de gestion d'utilisation du sol national. Il donne en outre son nom au SIG.

- **Laboratoire de Harvard 1965**

En 1964, alors qu'il travaille à la Northwestern University, Howard Fisher crée l'un des premiers programmes logiciels de cartographie informatisée appelé SYMAP. En 1965, il crée le Harvard Laboratory for Computer Graphics. Ce laboratoire, dans lequel certains des premiers logiciels de cartographie informatisée voient le jour, devient un centre de recherche en visualisation et analyse spatiale. Nombreux sont les premiers concepts de SIG et de ses applications qui sont conçus au laboratoire par un groupe talentueux de géographes, cartographes, informaticiens et experts d'autres domaines.

- **Fondation d'Esri 1969**

En 1969, Jack Dangermond, membre du laboratoire de Harvard, et son épouse Laura fondent Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri). Cette société de conseils met en application la cartographie informatisée et l'analyse spatiale pour aider les cartographes de l'utilisation du sol et les gestionnaires des ressources des terres à prendre des décisions éclairées. Les premiers travaux de la société apportent la preuve de la valeur des SIG dans la résolution des problèmes. Esri développe ensuite de nombreuses méthodes d'analyse spatiale et de cartographie SIG utilisées actuellement. Ces résultats suscitent un plus grand intérêt pour les outils logiciels et les flux de travail de la société, devenus aujourd'hui des normes en matière de SIG.

- **Commercialisation des SIG 1981**

Avec le développement de plus en plus puissant de l'informatique, Esri améliore ses outils logiciels. Des projets sur la résolution de problèmes concrets poussent la société à innover et à développer des approches et des outils SIG robustes pouvant être plus largement utilisés. Le travail d'Esri obtient la reconnaissance de la communauté universitaire comme nouvelle façon de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale. Devant la nécessité d'analyser de plus en plus de projets avec toujours plus d'efficacité, Esri développe ARC/INFO, le premier produit SIG commercial. Cette technologie, sortie en 1981, marque la transformation d'Esri en éditeur de logiciels.

- **Les SIG aujourd'hui**

Les SIG offrent aux gens la possibilité de créer leurs propres couches de cartes numériques pour résoudre des problèmes concrets. Les SIG sont également devenus un moyen de collaborer sur des données et de les partager, inspirant une vision vite devenue réalité : une base de données SIG superposée, permanente et interopérable du monde, sur à peu près tous les sujets. Aujourd'hui, ces

centaines de milliers d'organisations partagent leurs travaux et créent des milliards de cartes chaque jour pour raconter des histoires et révéler des modèles, des tendances et des relations sur tout.

- **Le futur des SIG**

La transition sur le Web et l'environnement informatique cloud d'une part, et l'intégration de données en temps réel avec l'Internet des objets d'autre part, ont permis de généraliser les SIG à tous les domaines de l'activité humaine ou presque, et d'en faire un système nerveux de la planète. Alors que notre monde doit affronter les problèmes liés à l'accroissement de sa population, à la destruction de la nature et à la pollution, les SIG vont jouer un rôle de plus en plus important dans notre façon de les comprendre et d'y répondre et fournir des solutions de communication grâce à un langage commun, la cartographie.

- **Qu'est-ce qu'un SIG ?**

Un système spatial qui crée, gère, analyse et cartographie tous les types de données.

Un système d'information géographique (SIG) est un système qui crée, gère, analyse et cartographie tous les types de données. Le SIG connecte des données à une carte et intègre aux données de localisation (où se trouvent les choses) tous types d'informations descriptives (à quoi ressemblent les choses à cet endroit). Cela constitue la base de la cartographie et de l'analyse utilisées en sciences et dans presque tous les secteurs. Le SIG aide les utilisateurs à comprendre des modèles, des relations et un contexte géographique. Une meilleure communication, une efficacité accrue et l'amélioration de la gestion et de la prise de décision figurent au nombre des avantages qu'il présente.

- **Comment utilisé un SIG ?**

Des centaines de milliers d'organisations, quelle que soit leur sphère d'activité, tirent parti de l'incroyable potentiel du SIG pour créer des cartes qui leur permettent de communiquer un message, d'effectuer des analyses, de partager des informations et de résoudre des problèmes complexes dans le monde entier. Ce phénomène est en train de changer la face du monde.

- **Identifier les problèmes**

Mettez en relief des problèmes géographiques. Dans ce récit, les cartes et les visualisations relient les inégalités environnementales actuelles aux pratiques de redlining.

- **Surveiller les changements**

Effectuez une visualisation des modifications et communiquez-les. Ce récit utilise des cartes pour montrer l'impact des êtres humains sur le réchauffement climatique et partage ce qu'il est possible de faire pour créer un avenir plus durable.

- **Gérer les événements et intervenir**

SIG offre une gestion en temps réel des situations. La carte de ce récit permet de mieux comprendre la propagation de la COVID-19 et l'impact mondial de la pandémie.

- **Effectuer des prévisions**

Les cartes de ce récit montrent comment les communautés vivant sur les côtes sont impactées par l'élévation du niveau de la mer et explorent les données qui peuvent aider à prévoir les inondations et à s'y préparer.

- Définir des priorités

En analysant l'état des sols, les agriculteurs peuvent déterminer quand et où planter certaines cultures afin d'optimiser le rendement tout en minimisant l'impact environnemental.

- Comprendre les tendances

Visualisez des données avec le SIG afin d'obtenir des informations qui pourraient être manquées dans une feuille de calcul. Ce récit utilise des cartes pour analyser les populations d'oiseaux et les itinéraires de migration.

- Comment un SIG fonctionne-t-il ?

La technologie SIG applique la science géographique en utilisant des outils pour comprendre et collaborer. Elle aide les gens à atteindre un but commun : obtenir des informations intelligentes exploitables à partir de tous les types de données.

o Cartes

Les cartes sont les conteneurs géographiques des analyses et des couches de données que vous voulez utiliser. Les cartes SIG sont simples à partager et à intégrer dans des applications. Elles sont accessibles par pratiquement n'importe qui, n'importe où.

o Données

Les SIG intègrent différentes sortes de couches de données à l'aide de la localisation spatiale. La plupart des données contiennent un composant géographique. Les données SIG incluent des imageries, des entités et des fonds de carte associés à des feuilles de calcul et des tables.

○ **Analyse**

L'analyse spatiale permet d'évaluer l'adéquation et les capacités, d'estimer et de prédire, d'interpréter et de comprendre, et bien plus encore, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour vos analyses et vos prises de décision.

○ **Applications**

Ces applications offrent des expériences centrées sur les utilisateurs afin que le travail soit fait et que les SIG deviennent une réalité pour tout le monde. Les applications SIG fonctionnent sur pratiquement tous les appareils : téléphones portables, tablettes, navigateurs Web et ordinateurs de bureau.

(<https://www.esri.com/fr-fr/what-is-gis/overview>)

1-4- Le rôle des SIG dans la géomatique

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) tiennent une place centrale dans la géomatique puisqu'ils sont les outils informatiques permettant la représentation et l'analyse des données. De plus, près de 80% des données en entreprise ont un caractère géographique (adresse des clients et des fournisseurs, coordonnées des points de vente, réseau...). De ce fait, la dimension géographique des données est trop souvent sous-exploité alors qu'elle est un véritable avantage concurrentiel et un outil idéal d'aide à la prise de décision. (<https://www.esrifrance.fr/>)

2- Apport du SIG dans le développement de projets photovoltaïques

Comme nous avons pu le voir durant ce chapitre, l'importance du système d'information géographique dans la gestion de projets photovoltaïques ne peut être sous-estimée. Le SIG est le pivot central qui intègre, stocke, analyse et gère les données spatiales essentielles pour chaque étape du cycle de vie d'un projet solaire. Il offre un certain nombre d'avantages inestimables pour une meilleure gestion des données et le traitement de l'information en interne. Centralisation des données : Le SIG permet de centraliser toutes les données géospatiales relatives au projet photovoltaïque. Cela inclut des informations telles que les données topographiques, les données météorologiques, les données sur les

terrains, les emplacements des panneaux solaires, les réseaux électriques, les routes d'accès, Cette discipline est appliquée à de nombreux domaines tels que l'aménagement du territoire, la prévention des risques naturels ou encore la gestion des ressources naturelles et de l'urbanisme. Cependant, l'utilisation de la géomatique se généralise de plus en plus dans les secteurs de l'économie et du marketing.

En effet, la représentation spatiale des données facilite les études de marché et donc l'identification des tendances ou l'analyse de la concurrence dans des secteur géographiques donnés.

La géomatique étant lié à l'informatique, son application passe par l'utilisation d'outils informatiques que l'on nomme les SIG. (<https://www.esrifrance.fr/>). Analyse spatiale (<https://pastel.hal.science/>)avancée : Le SIG offre des outils puissants pour effectuer des analyses spatiales avancées. Il permet de superposer différentes couches de données pour obtenir des informations précises sur les relations spatiales. Par exemple, il peut être utilisé pour évaluer l'impact des ombres portées sur la production d'énergie ou pour identifier les zones à haut potentiel solaire.

- **Prise de décision éclairée** :Les décisions relatives à la planification, à la conception et à la gestion des projets photovoltaïques reposent sur une base de données solide et fiable. Le SIG fournit une plateforme permettant aux gestionnaires de prendre des décisions en s'appuyant sur des données actualisées et précises.
- **Suivi en temps réel** :Il est possible de suivre en temps réel l'évolution des projets photovoltaïques. Cela inclut la surveillance de la production d'énergie, la maintenance prédictive, la gestion des actifs. Les données sont constamment mises à jour, ce qui permet une réactivité accrue en cas

de problèmes. Communication interne optimisée : Le SIG facilite la communication et la collaboration au sein de l'équipe projet. Tous les membres de l'équipe ont accès aux mêmes données actualisées, ce qui évite les erreurs de communication et les retards dans la prise de décision. Ci-dessous le système permettant de centraliser les données géographiques dans un serveur cartographique et ainsi les traiter et les afficher sur le serveur web et ainsi l'application « Maps », application cartographique utilisée en interne. (<https://infodoc.agroparistech.fr/>, n.d.)

3- Définition sur l'analyse multicritère

L'analyse spatiale multicritère est l'une des méthodes les plus connues dans le processus de prise de décision spatiale. C'est une composante essentielle de la science moderne impliquée dans le processus de prise de décision.

Il fournit une variété de variables et de critères pertinents pour le phénomène, une méthode qui correspond à la nature de la pensée humaine qui tend à choisir entre plusieurs alternatives différentes.

Ces alternatives appellent le décideur à envisager différents scénarios, en fonction des ressources financières disponibles, du potentiel humain et des conditions naturelles qui correspondent à la nature de chaque région. (Cherif, 4 novembre 2016)



Image 9 Phase d'analyse de planification énergétique

3-1- La méthode AHP

Cette méthode appartient à l'approche d'agrégation complète. La méthode « Analytic Hierarchy Process », dite AHP, est une approche analytique multicritère d'aide à la décision développée par Saaty en 1980 qui permet de décomposer un problème complexe en ses composantes, pour ensuite les présenter sous la forme d'une hiérarchie. Dans la structure hiérarchique, les actions occupent le dernier niveau de la hiérarchie, mais elles sont traitées exactement comme les éléments des autres niveaux à l'aide de comparaisons par paire. (KHEDIRI Chaouki, 19/06/2016)

AHP est une méthodologie rigoureuse qui se divise en une série d'étapes importantes : construction de la hiérarchie, établissement des priorités et vérification de la cohérence logique de l'analyse. En d'autre terme le processus de la méthode AHP est composé des étapes suivantes (KHEDIRI Chaouki, 19/06/2016) :

- Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique (niveaux).
- Effectuer les combinaisons binaires.
- Synthétiser les priorités (vecteur propre).
- Cohérence des jugements et établir les priorités finales.

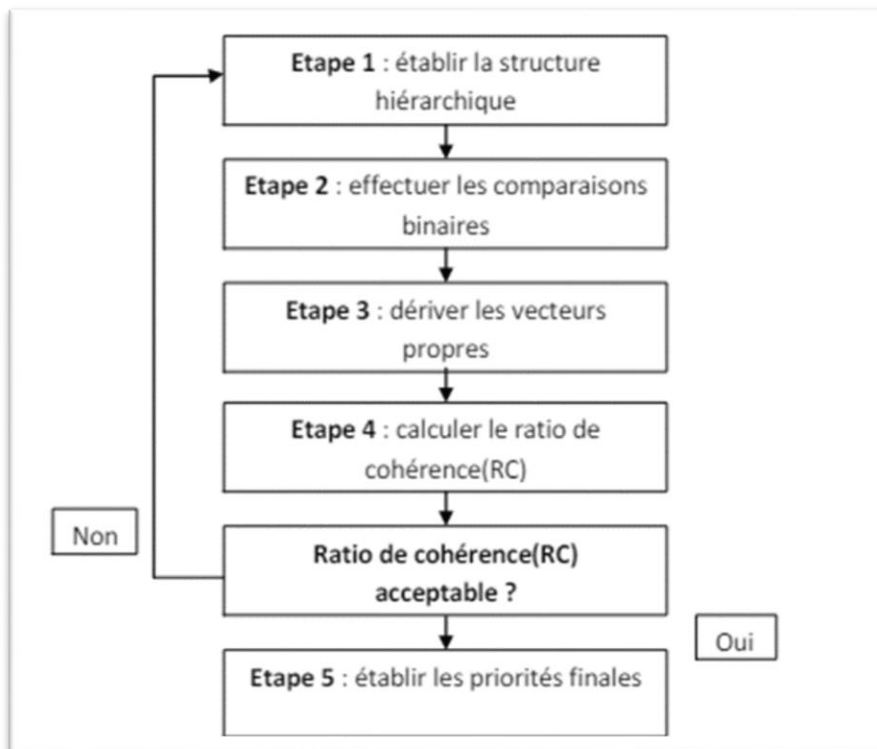


Figure 6 Les étapes de AHP

3-2- Structure hiérarchique

Décrit et définit le problème sous forme hiérarchie bien construite et bien comprise.

▪ **Combinaisons binaires**

- Comparer l'importance relative de tous les éléments appartenant à un même niveau de la hiérarchie pris deux par deux, par rapport à l'élément du niveau immédiatement supérieur.
- Configurer une matrice carrée réciproque formée par les évaluations des rapports des poids ($K \times K$), K étant le nombre d'éléments comparés. On obtient de cette façon : a_{ij} avec $a_{jj}=1$ et $a_{ji}=1/a_{ij}$ (valeur réciproque).
- Pour chaque comparaison on doit choisir le critère le plus important et exprimer son jugement quant à son importance.
- Par exemple, on pourrait dire que le prix est plus important que le niveau de fiabilité.
- La mesure pour déterminer l'importance relative pourrait être exprimée par échelle de 1 à 9:

Extrêmement plus important 9 ou 8. Très fortement plus important 7 ou 6.

Fortement plus important 5 ou 4. Modérément plus important 3 ou 2. Importance égale 1 (KHEDIRI Chaouki, 19/06/2016) .

Synthèse Cette étape consiste à calculer la priorité de chaque critère en relation avec sa contribution vers l'atteinte de l'objectif. La procédure mathématique est assez complexe et se résume en trois étapes:

- On fait la somme des valeurs de chaque colonne.
- On divise chaque élément de la matrice par le total de sa colonne (normalisation).
- On calcule la moyenne des éléments de chaque rangée de la matrice. Ces moyennes donnent un estimé des priorités du critère (vecteur propre). (KHEDIRI Chaouki, 19/06/2016)

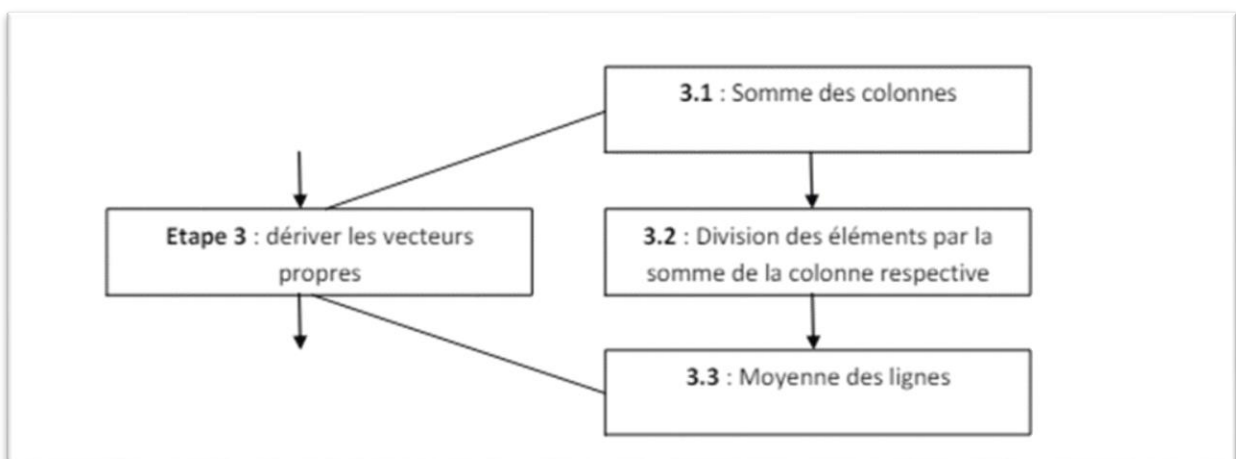


Figure 7 étapes pour dériver les vacteurs propres

- **Cohérence et priorités finales**

Annexes

La méthode AHP nécessite que les préférences soient exprimées avec cohérence. Par exemple si A, comparé à B, a une évaluation de 3, et si B, lorsque comparé à C, a une évaluation de 2, une cohérence parfaite donnerait une évaluation de $2 \times 3 = 6$ à la paire A versus C.

Une évaluation de 4 ou 5 indiquerait un niveau d'incohérence. Pour vérifier le degré de cohérence, un ratio est calculé. La méthode est telle qu'un ratio plus grand que 0,10 indique un niveau trop élevée d'incohérence.

*Les réponses obtenues présentent souvent un certain degré d'incohérence.

*AHP n'exige pas que les jugements soient cohérents ni transitifs,

*On définit un indice de cohérence (IC) : $IC = (I_{max} - K) / (K - 1)$ K : nombre d'éléments comparés

*Plus l'indice de cohérence devient grand et plus les jugements de l'utilisateur sont incohérents et vice versa IC est ensuite comparé à des valeurs critiques obtenues par simulation.

*On définit, de façon empirique (par expérimentation), un ratio de cohérence comme le rapport de l'indice de cohérence calculé sur la matrice correspondant aux jugements du décideur et de l'indice aléatoire (IA) d'une matrice de même dimension.

*Le ratio de cohérence est donné par la formule suivante : $RC = IC / IA$ RC : est le ratio de cohérence IA : est un indice aléatoire IC : est l'indice de cohérence La table suivante détermine l'indice aléatoire. (KHEDIRI Chaouki, 19/06/2016)

Indice aléatoire

Tableau 2 Indices aléatoires

Nombre de critères	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

*La cohérence globale d'appréciation est évaluée au moyen de ce ratio de cohérence RC.

*La valeur de ce dernier doit être au plus égale à 10%.

*Dans le cas où cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions.

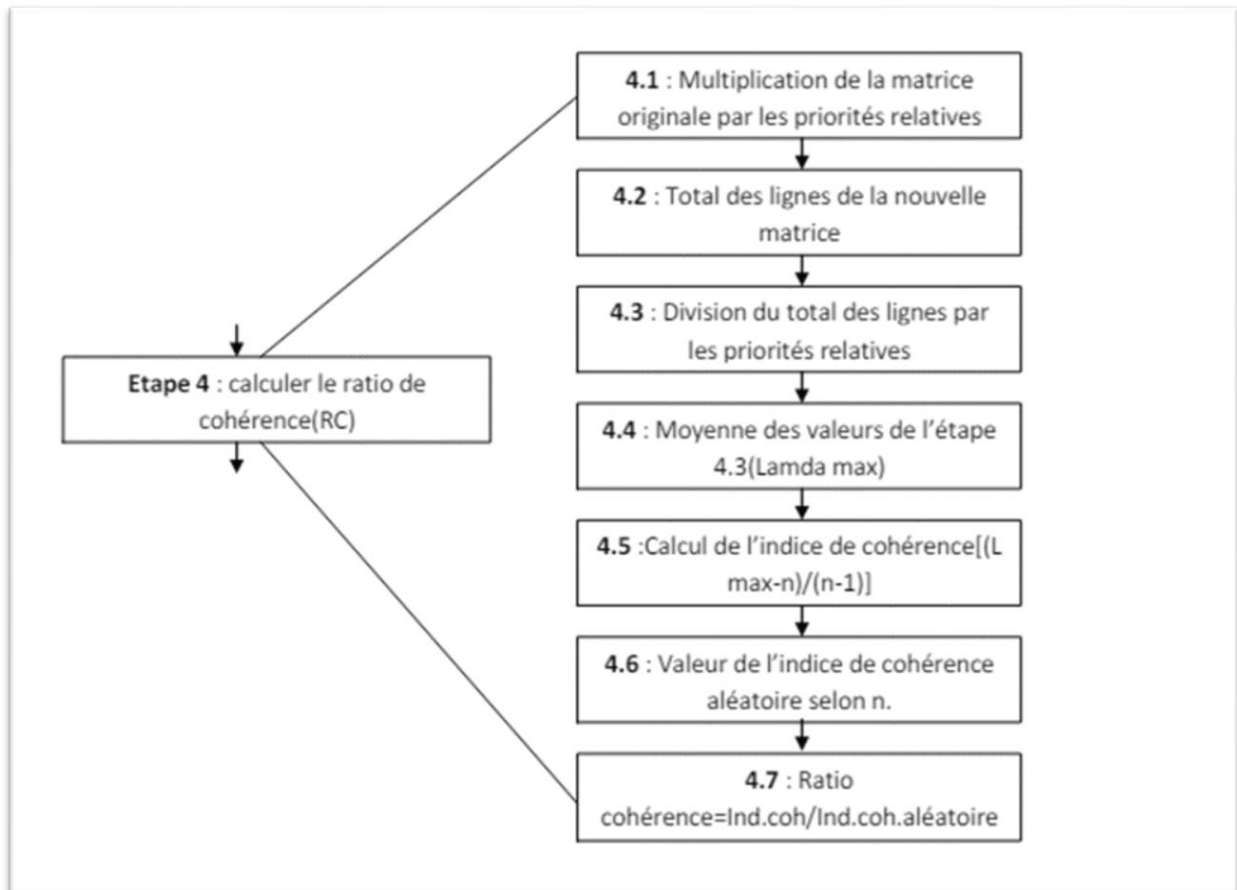


Figure 8 étapes pour calculer l'indice de cohérence

▪ **Avantage de la méthode AHP**

Les avantages de la méthode AHP peuvent être résumés dans ce qui suit :

- Sa capacité de structurer un problème complexe, multicritère, multi personne et multi période de façon hiérarchique,
- La comparaison binaire des éléments (alternatives, critères et sous critères),
- Et la facilité de son support informatique, le logiciel Expert Choice.
- Permet une analyse de sensibilité rapide : - Les critères peuvent avoir des importances variables. - Le nombre de critères et sous-critères n'est pas limité.

(KHEDIRI Chaouki, 19/06/2016)

Résumé

À l'heure actuelle, il est devenu nécessaire pour l'État de s'orienter vers le développement durable en ce qui concerne les énergies renouvelables, car elles constituent une excellente source pour fournir de grandes quantités d'électricité et répondre aux besoins croissants des consommateurs, et l'énergie solaire est la meilleure source disponible et en grande quantité de rayonnement, ce qui la rend capable de fournir davantage de centrales solaires. À cet égard, nous avons mené une étude expérimentale sur les lieux d'implantation possibles de ces centrales dans la wilaya de Saïda, où nous avons adopté une approche appliquée basée sur l'analyse spatiale multicritère par l'utilisation de AHP Intégré avec SIG.

ملخص

في الوقت الحاضر، أصبح من الضروري أن تتجه الدولة نحو التنمية المستدامة عندما يتعلق الأمر بالطاقة المتجددة، فهي مصدر ممتاز لتوفير كميات كبيرة من الكهرباء وتلبية الاحتياجات المتزايدة للمستهلكين، كما أن الطاقة الشمسية هي أفضل مصدر متاح وبكميات كبيرة من الإشعاع الشمسي، مما يجعلها قادرة على توفير المزيد من محطات الطاقة الشمسية. وفي هذا الصدد، أجرينا دراسة تجريبية على المواقع المحتملة لهذه المحطات في ولاية سعيدة، حيث اعتمدنا نهجا تطبيقيا يعتمد على التحليل المكاني متعدد المعايير باستعمال التحليل الهرمي الموزون متكامل مع نظم المعلومات الجغرافية.

Abstract

At present, it has become necessary for the state to move towards sustainable development when it comes to renewable energy, as it is an excellent source to provide large amounts of electricity and meet the growing needs of consumers, and solar energy is the best available source and in large amounts of radiation, making it capable of providing more solar power plants. In this regard, we conducted an experimental study on the possible locations of these plants in Saida State, where we adopted an applied approach based on multi-criteria spatial analysis using weighted hierarchical analysis Integrated with GIS.

Mots-clés : Energie solaire, Rayonnement solaire, Analyse multicritères, Analyse hiérarchique pondérée, SIG, Saïda