

# Table des matières

Glossaire des acronymes.....	IV
Table des Figures .....	VI
Liste des Tableaux.....	XI
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I Energie Solaire</b>	
I.1 Introduction.....	6
I.2 Le rayonnement solaire.....	6
I.2.1 La constante solaire.....	8
I.2.2 La masse d'air.....	8
I.2.3 Bilan énergétique du système terre / atmosphère.....	8
I.2.4 Nuages.....	10
I.2.5 Caractéristiques physiques.....	10
I.2.5.1 Trajectoire terre – soleil.....	10
I.2.5.2 Facteur de correction de la distance terre-soleil.....	11
I.2.6 La Position du soleil.....	12
I.2.6.1 Coordonnées équatoriales.....	12
I.2.6.2 Coordonnées Horizontales.....	12
I.3 Le rayonnement solaire au sol.....	17
I.3.1 Rayonnement solaire direct normal $I_N$ .....	17
I.3.2 Rayonnement solaire diffus $D$ .....	17
I.3.3 Rayonnement réfléchi $d_{re}$ .....	18
I.3.4 Rayonnement solaire global $G_h$ .....	18
I.3.4.1 Rayonnement global sur une surface horizontale $G_h$ .....	18
I.3.4.2 Rayonnement global sur une surface inclinée.....	19
I.4 Rayonnement solaire et production photovoltaïque.....	19
I.4.1 L'effet photoélectrique.....	20
I.4.1.1 Génération de l'énergie électrique à partir du rayonnement solaire....	20
I.4.1.2 Systèmes photovoltaïques.....	21
I.4.1.3 l'énergie solaire thermique.....	22
I.5 Applications des prédictions d'irradiation et d'énergie photovoltaïque.....	23
I.6 Conclusion.....	24
<b>Chapitre II Etat de l'art de la prédiction de l'irradiation solaire</b>	
II.1 Introduction.....	25
II.2 Définition d'une série temporelle.....	25
II.3 Approche stochastique du signal.....	26
II.4 Fondamentaux pour la prévision du GHI.....	27
II.4.1 Modèles ciel clair.....	27
II.4.2 Indice de ciel clair $K_c$ .....	28
II.4.3 Modèle de référence : la Persistance.....	28
II.5 Méthodes de prédiction des séries temporelles .....	29
II.6 Classification de la prédiction de rayonnement solaire.....	30
II.6.1 Classification de la prédiction de rayonnement solaire en fonction de l'horizon de prédiction.....	30
II.6.1.1 Prédications à court terme.....	31

II.6.1.2 Prédiction à moyen terme.....	31
II.6.1.3 Prédiction à long terme.....	31
II.6.2 Classification de la prédiction de rayonnement solaire basée sur la base de données historique.....	32
II.6.3 Classification de la prédiction de rayonnement solaire basée sur des méthodes de prédiction.....	33
II.6.3.1 Méthodes Régressives.....	33
II.6.3.2 Méthode de régression.....	34
II.6.3.3 Méthode de lissage exponentiel.....	34
II.6.3.4 Méthode physique.....	35
II.6.3.5 Méthode d'intelligence artificielle.....	35
II.6.3.6 Modèles hybrides.....	39
II.7 Prédiction d'ensemble .....	41
II.7.1 Prédiction d'ensemble compétitif.....	41
II.7.1.1 Diversité des données.....	42
II.7.1.2 Diversité de paramètres .....	43
II.7.2 Prédiction d'ensemble coopérative.....	43
II.7.2.1 Prétraitement.....	44
II.7.2.2 Post-traitement .....	45
II.8 Conclusion.....	45

## **Chapitre III Approche d'ensembles multi-modèles pour la prédiction de l'irradiation solaire**

III.1 Introduction.....	47
III.2 Méthodologie proposée.....	48
III.2.1 Modélisation d'ensemble.....	49
III.2.2 Méthodes individuelles.....	50
III.2.2.1 Modèle autorégressifs.....	50
III.2.2.2 Modèles à base de réseaux de neurones artificiels (RNA).....	51
III.2.2.3 Modèles à noyau.....	55
III.2.3 Méthodes de combinaison.....	57
III. 2.3.1 Moyen simple, SA.....	58
III. 2.3.2 Méthode basée sur l'erreur, EB.....	58
III.2.3.3 Régression par moindres carrés, LSR.....	59
III.2.3.4 Méthode de pondération différentielle, DW.....	59
III.2.3.5 La méthode Outperformance, OP.....	60
III.2.4 Stratégie de classification.....	60
III.3 Sources de données.....	62
III.4 Estimation de l'erreur de prédiction.....	63
III.5 Résultats et discussion.....	64
III.5.1. Résultats obtenus avec des prédictors autorégressifs.....	64
III.5.2. Résultats obtenus avec les prédictors neuronaux.....	65
III.5.3. Résultats obtenus avec les prédictors SVM.....	68
III.5.4. Résultats obtenus avec un ensemble de prédictions hybride.....	68
III.5.5. Résultats obtenus avec la sélection des variables.....	70
III.5.6 Test d'hypothèse.....	75
III.6 Conclusion.....	76

## Chapitre IV Estimation des paramètres du modèle autorégressif ARMA par les algorithmes génétiques

IV.1 Introduction.....	77
IV.2 Principe de fonctionnement des algorithmes génétiques.....	77
IV.3. Vocabulaire des algorithmes génétiques.....	78
IV.4 Structure de l'algorithme génétique.....	78
IV.4.1 Le codage .....	80
IV.4.1.1 Codage binaire.....	81
IV.4.1.2 Codage réel.....	81
IV.4.2 Création de la population.....	82
IV.4.3 Évaluation de la population.....	82
IV.5 Les mécanismes d'un AG.....	82
IV.5.1 La sélection.....	83
IV.5.2 Fonction d'adaptation.....	84
IV.5.3 Le croisement.....	84
IV.5.3.1 Croisement en un point.....	84
IV.5.3.2 Croisement deux points.....	84
IV.5.3.3 Croisement uniforme.....	84
IV.5.4 Mutation.....	85
IV.5.4.1 Mutation à valeurs réelles.....	85
IV.5.4.2 Mutation binaire.....	86
IV.5.5 Insertion .....	86
IV.5.6 Critère d'arrêt .....	86
IV.6 Influence des paramètres des AG .....	86
IV.6.1 La taille de la population N.....	86
IV.6.2 La longueur des individus S.....	87
IV.6.3 La probabilité de croisement $p_c$ .....	87
IV.6.4 La probabilité de mutation $p_m$ .....	87
IV.7 Optimisation des modèles ARMA.....	87
IV.7.1 Formulation d'estimation des paramètres de l'ordre d'ARMA à l'aide d'AG.....	88
IV.8 Résultats d'identification.....	89
IV.8.1 Interprétation des résultats.....	80
IV.8.2 Interprétation des courbes.....	95
IV.9 Conclusion.....	96
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>97</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>99</b>