

Chapitre III

IMPLEMENTATION DES RESEAUX DE NEURONES POUR L'ESTIMATION DE L'IRRADIATION SOLAIRE

III.1 Introduction

L'objectif de notre travail de ce chapitre consiste d'utiliser un outil de modélisation mathématique pour prédire l'irradiation solaire. A cet effet, nous nous sommes intéressés à l'application des réseaux de neurones artificiels (RBF) pour trouver le modèle le plus performant permettant de prédire l'irradiation solaire globale moyenne journalière pour la région de Djelfa, à partir des données météorologiques. (Année, mois, jour, Pression, température moyenne, Humidité moyenne),

Une fois le meilleur modèle est choisit, il sera capable de prédire l'irradiation solaire globale journalière pour la région de Djelfa pour n'importe quel mois de n'importe quelle année en un temps vraiment très réduit, il suffit seulement de disposer des données correspondantes, utilisées comme variables d'entrées pour le modèle.

III.2 Problématique et objectif

Parmi plusieurs méthodes de prédiction modernes ont été développées ces dernières années, on trouve les méthodes qui sont basées sur les techniques de l'intelligence artificielles (IA) qui servent comme outil de base pour la prédiction. L'approche de prédiction par reconnaissance de formes est considérée comme une méthode moderne. Cette approche repose sur les méthodes prédictives, qui restent le but principal de la reconnaissance de formes. Ces techniques d'IA ont l'avantage de ne pas se baser sur les connaissances *a priori* des états de fonctionnement, mais plutôt sur une phase d'apprentissage. Une technique est très utilisée dans plusieurs domaines d'application est : la reconnaissance des formes par réseaux de neurones artificiels (RNA).

L'une des plus grandes applications des réseaux de neurones se situe dans le domaine de la prédiction. Les caractéristiques de généralisation, d'approximation, de simplicité d'implantation, et du temps de calcul relativement faible, des réseaux de neurones les rendent

un outil très pratique pour les tâches de prédiction par rapport aux outils conventionnels de prédiction.

L'objectif de notre travail consiste à développer un modèle neuronal de prévision de l'évolution de l'irradiation solaire à l'échelle journée pour la région de Djelfa en algerie.

La procédure de construction du réseau de neurones prédictive de l'irradiation solaire, et les résultats de l'application pour la région de Djelfa seront présentés dans la suite de ce chapitre.

III.3 Procédure de construction d'un réseau de neurones

La procédure de conception d'un réseau de neurone peut être résumée en six étapes :

.La collecte d'une base de données.

.La séparation de la base de données en trois sous ensembles (base d'apprentissage, base de Validation et base de test).

.Le choix de l'architecture du réseau de neurones (nombre de couches cachées, nombre de Neurones dans ces couches,...).

.Prétraitement des données.

.Entraînement du réseau de neurones sur les bases d'apprentissage et de validation.

.Mesure des performances du réseau de neurone sur la base de test.

III.4 Description des données d'entrée

Nous cherchons la prédiction de Rayonnement global. A partir de quelques données descriptives, en utilisant la technique dont on parle. Il y a six paramètres météorologiques d'entrée qui sont souvent utilisés .Ces paramètres sont comme suit :

1. Année ;

2. mois ;

3. jour;

4. Pression;

5. température moyenne;

6. Humidité moyenne



Figure(III.1) la région étudiée (Djelfa)

III.5 Collecte d'une base de données

L'objectif de cette étape est de rassembler un nombre de données suffisant pour construire une base représentative de données, qui servira à l'apprentissage et au test du réseau de neurones.

Cette base de données constitue l'entrée du réseau de neurones, et par conséquent c'est elle qui détermine à la fois la taille du réseau (et donc le temps de simulation), et les performances du système.

Pour notre application, nous avons utilisé les données météorologiques journalières fournies par région de wilaya de Djelfa sur un période de 90 jours l'année 2001. Le Tableau (II.1) renseigne sur les différents paramètres météorologiques de la ville de Djelfa.

Propriété	année	mois	jour	Pression	température moyenne	Humidité moyenne
Intervalle	2001	1 a 3	30	874,576	1,361	37,681
Min max				897,124	16,930	86,644

Tableau(III.1) Intervalles des paramètres météorologiques de la ville de Djelfa.

III.6 Choix de l'architecture du réseau

La définition de l'architecture du réseau est primordiale pour obtenir un système performant. Cela consiste à faire un compromis entre la complexité du réseau en réduisant le nombre de neurones de couche cachée, et sa performance.

Un réseau de neurone (RBF) à deux couches, ayant une fonction d'activation de type Gaussienne dans la première couche (couche cachée) et une fonction linéaire dans la couche de sortie permet d'approximer n'importe quelle fonction d'intérêt avec une précision arbitraire, à condition de disposer de suffisamment de neurones sur la couche cachée.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la structure du réseau dépend étroitement de la base de données, constituée de couples entrées /sortie choisis. Le nombre de nœuds d'entrées et de sorties sont généralement imposés par la fonction à approximer. Le premier est déterminé par le nombre de variables utilisées en entrée. Dans notre cas, ce nombre est 6.

Pour la couche de sortie, le nombre de neurones est déterminé par le nombre de sorties à approximer, c.à.d. la variable qu'on veut prédire. Pour notre application, on veut prédire l'irradiation solaire, donc on n'utilisera qu'un seul neurone dans la couche de sortie.

Le cas n'est pas si facile pour le nombre de neurones dans la couche cachée. Le nombre de poids ajustables est un des facteurs fondamentaux de la réussite d'une application.

En effet, avec un nombre limité de neurones, le réseau ne sera pas performant sur l'apprentissage, et avec un nombre de poids trop grand, le réseau risque de posséder de mauvaises propriétés de généralisation (phénomène du sur-apprentissage).

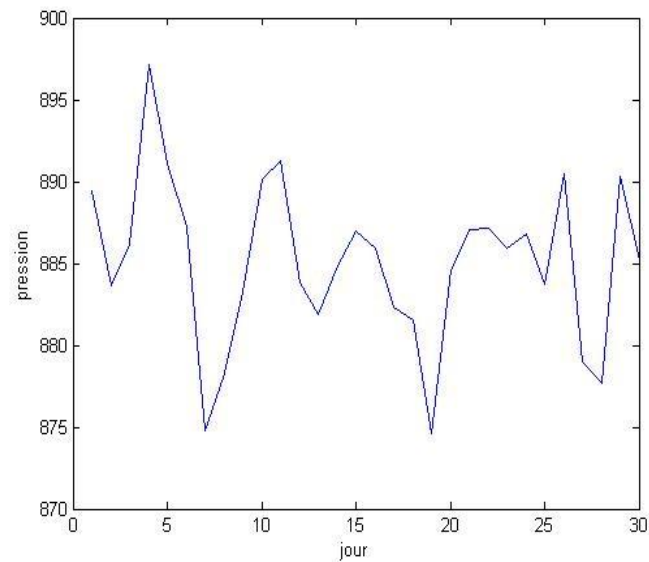
Dans la bibliographie, on a pu trouver certaines relations empiriques, qui lient le nombre de neurones de la couche cachée au nombre de nœuds d'entrée, ou au nombre de neurones de sortie et le nombre d'exemples dans la base d'apprentissage, mais la meilleure méthode est de construire plusieurs modèles (c.à.d.: différents neurones dans la couche cachée) et de choisir le modèle le mieux convenable pour l'application considérée .

Nous avons adopté une démarche qui consiste à faire la recherche de la configuration optimale en considérons l'ensemble de validations, ce qui fait que l'erreur de prédiction est calculé par rapport à l'ensemble de validation qui correspond à l'erreur minimal où la meilleur performance est mesurée.

Dans ce cas, nous partons d'une architecture à un neurone dans la couche cachée, et on augmente constamment ce nombre jusqu'à 50, puis on retient l'architecture qui donne le minimum de l'erreur sur la base de validation, et ce afin d'éviter le problème de sur-apprentissage.

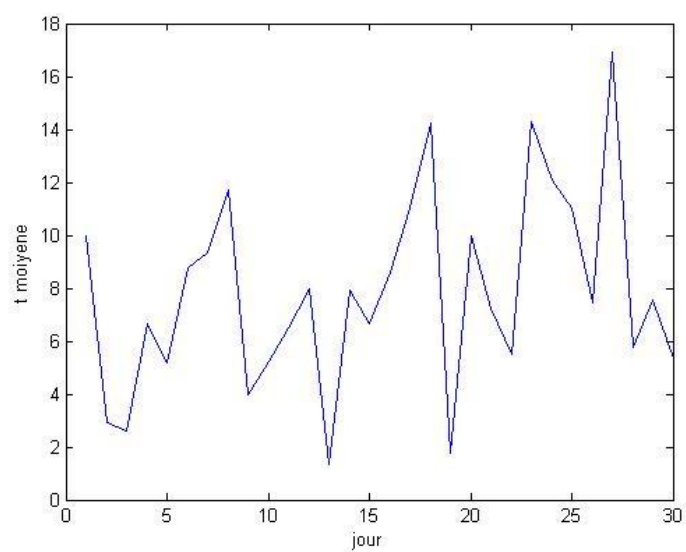
III.7 Les paramètres d'entrée

III.7 .1 La pression



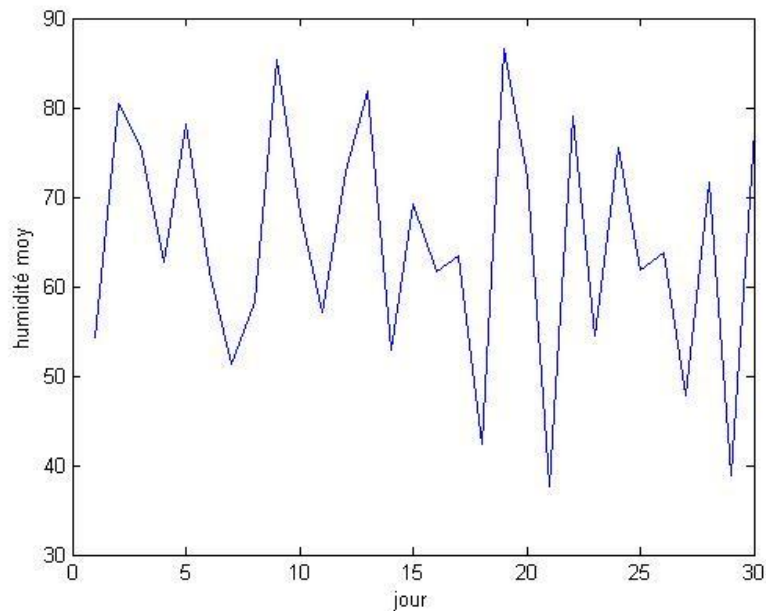
Figure(III.2) Evolution de la courbe de pression (Djelfa)

III.7 .2 La température moyenne



Figure(III.3) Evolution de la courbe de température moyenne (Djelfa)

III.7 .3 L'humidité moyenne



Figure(III.4) Evolution de la courbe de l'humidité moyenne (Djelfa)

III.8 la technique de travail

La méthode de reconnaissance de formes telle que le (RNA) appliquée à la régression, présente l'avantage de couvrir un grand nombre d'applications. Elles sont utilisées pour les systèmes de décision de haut niveau, et fondées sur l'analyse de données expérimentales.

III.8.1 La base de données

L'information la plus importante pour un système basé sur l'apprentissage, est la base d'entraînement ou d'apprentissage. Dans cette base de données, chaque exemple (vecteur descripteur). Pour cette application, l'algorithme d'apprentissage reçoit des exemples relatifs aux différents états.

III.8.2 Réseaux de Neurones Artificiels (RNA)

Les réseaux de neurones artificiels constituent une nouvelle méthode d'approximation de systèmes complexe, particulièrement utile lorsque ces systèmes sont difficiles à modéliser à l'aide des méthodes statistiques classiques. Les réseaux de neurones artificiels (RNA), sont des outils de l'intelligence artificielle, capables d'effectuer des opérations de régression et de classification. Leur principal avantage par rapport aux autres outils est leur capacité d'apprentissage et de généralisation. Ils peuvent également être implémentés en circuits électroniques, offrant ainsi la possibilité d'un traitement temps réel. Une classe de modèle de (RNA) appelée fonction radial de base (RBF) à ces dernière années, été privilégiée pour la prévision de phénomènes météorologiques. Les applications des modèles connexionnistes déjà réalisées dans le domaine hydrométéorologique concernent

III.9 mise en oeuvre de l'algorithme

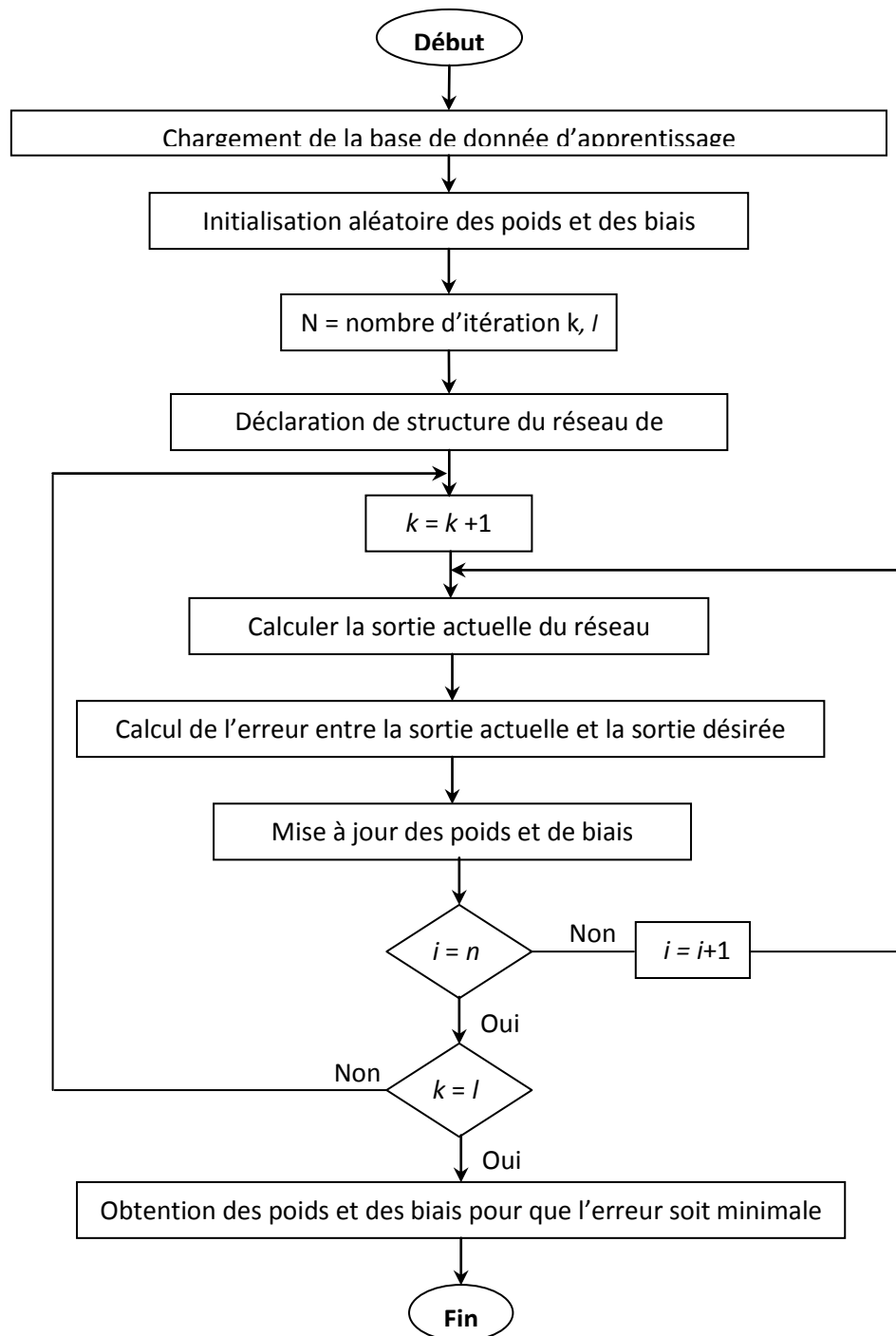
Le principe de l'apprentissage est l'optimisation d'une fonction de coût qui représente le but d'apprentissage. Les méthodes numériques utilisées sont le plus souvent des méthodes approchées basées sur des techniques de gradient (parce qu'on ne sait pas résoudre analytiquement un système d'équations non linéaires).

Les détails mathématiques de la phase d'apprentissage et de généralisation de réseau de neurone par l'algorithme de rétro propagation de l'erreur sont décrits dans le chapitre II.

III.9.1 Apprentissage

Le problème de l'apprentissage par réseau de neurones artificiels est un problème d'optimisation d'une fonction de coût, dans le cas d'un problème d'apprentissage supervisé. Elle consiste à choisir la meilleure configuration du réseau (nombre de neurones de couches cachées utilisées). Les données présentées aux entrées et aux sorties du réseau sont simulées (apprentissage) jusqu'à avoir une erreur acceptable. Il est préférable de normaliser ces données d'entrée pour un meilleur résultat.

La structure générale du programme d'apprentissage de l'algorithme de rétro- propagation de l'erreur suit les étapes suivantes :

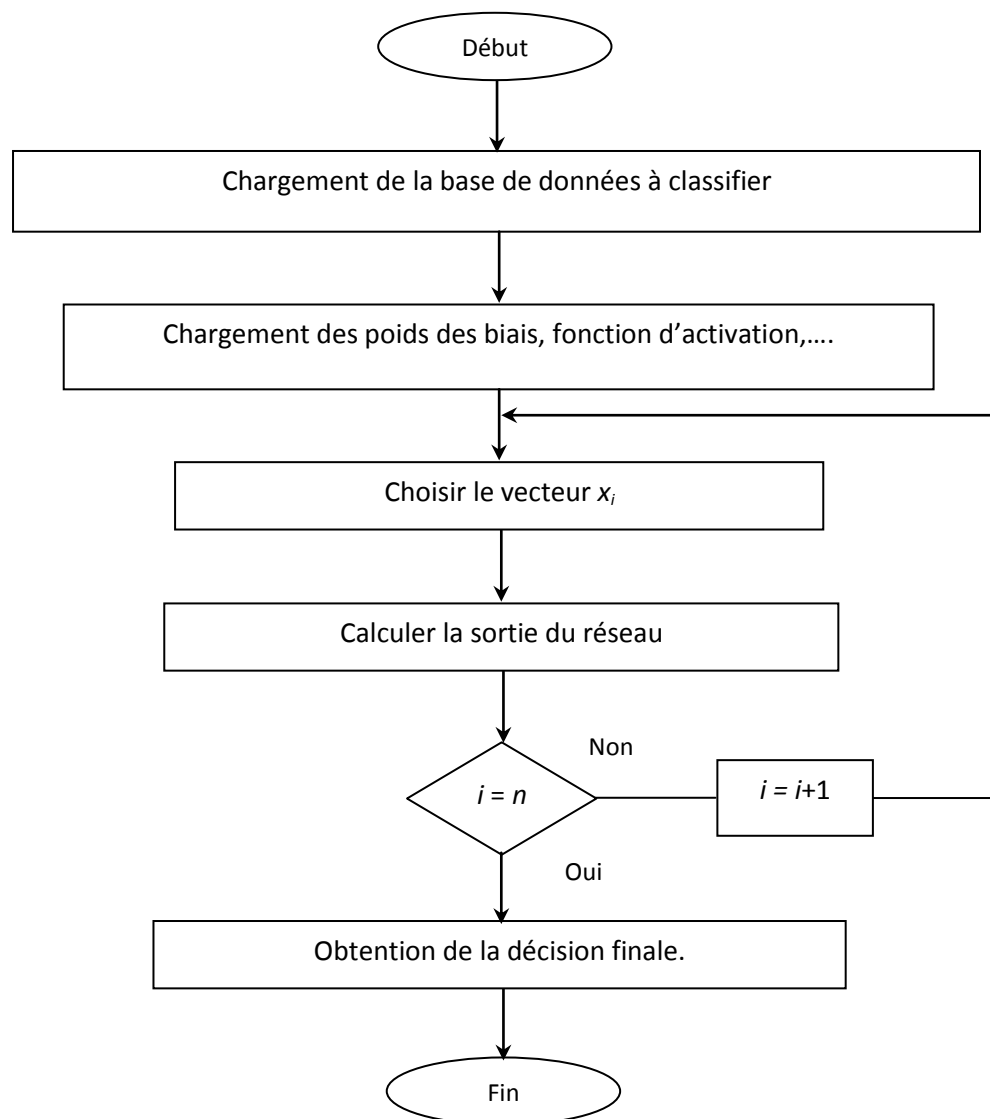


Figure(III.5) Structure générale du programme d'apprentissage par réseau de neurones

III.9.2 Généralisation

La validation de l'algorithme de généralisation s'appuie sur la programmation de la première étape de l'apprentissage qui est la propagation des vecteurs de test comme une entrée au réseau adopté. En fixant la structure du réseau et leurs paramètres (poids, biais, fonction d'activation, nombre de couches cachées, le nombre de neurones correspondant), une fois son apprentissage est achevé. Et puis en testant le réseau sur des données qui n'ont pas servi à l'apprentissage.

La structure générale du programme de généralisation (test) suit les étapes suivantes



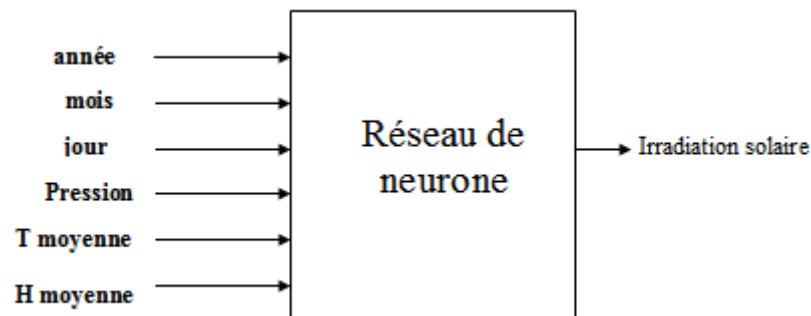
Figure(III.6) Structure générale du programme de généralisation

Dans la phase d'apprentissage par les RNAs, on découple la recherche de l'architecture de la détermination de ses paramètres ; il faut chercher les paramètres de plusieurs structures afin de choisir celle qui garantit le meilleur pouvoir de généralisation. Ceci implique la partition de la base de données en une base d'apprentissage et une base de test.

III.10 simulation

L'apprentissage est le processus d'ajustement des poids pour une erreur d'entraînement optimale. Le nombre de neurones d'entrée correspond au nombre des paramètres d'entrée.

Le modèle proposé dans notre cas est présenté dans la figure (III.7)



Figure(III.7) Schéma fonctionnel (prédiction)

III.10.1 RNA en mode régression

Il s'agit de développer un capteur logiciel à partir de réseaux de neurones artificiels. Il nous fournit les six données météorologiques de l'eau (année, mois, jour T°, H, P,). Pour déterminer le nombre de neurones de couche cachée, on a augmenté progressivement le nombre de neurones de la couche cachée correspondants jusqu'à atteindre la précision voulue. Nous avons utilisés la base de donnée réelle et normalisée de 30 vecteurs de dimension 6.

L'architecture du réseau de neurones dans notre cas possède les caractéristiques suivantes :

- ✓ Couche d'entrée: 06 neurones ;

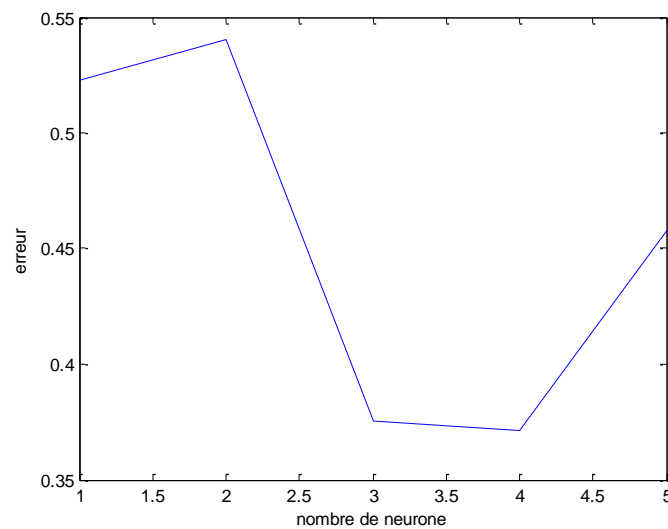
- ✓ Couche de sortie : un neurone ;
- ✓ La fonction d'activation: Linéaire.

La mise en œuvre de cette méthode est réalisée sous environnement MATLAB suivant les étapes indiquées auparavant.

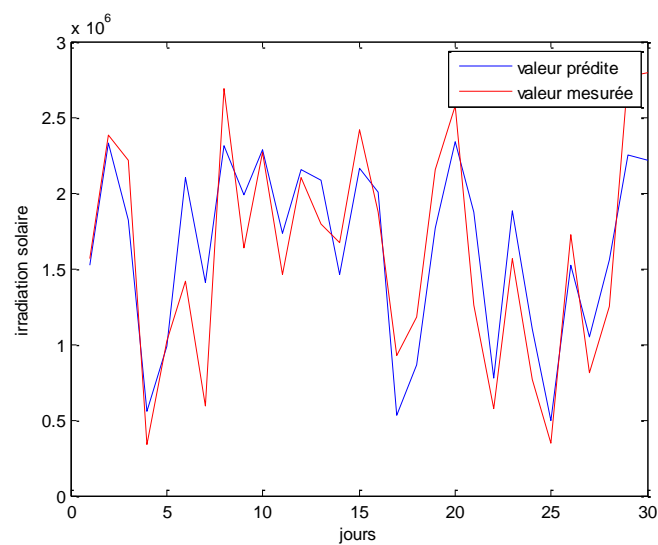
III.10.2 Résultats expérimentales

Espace de recherche

1) 1 à 5 neurones

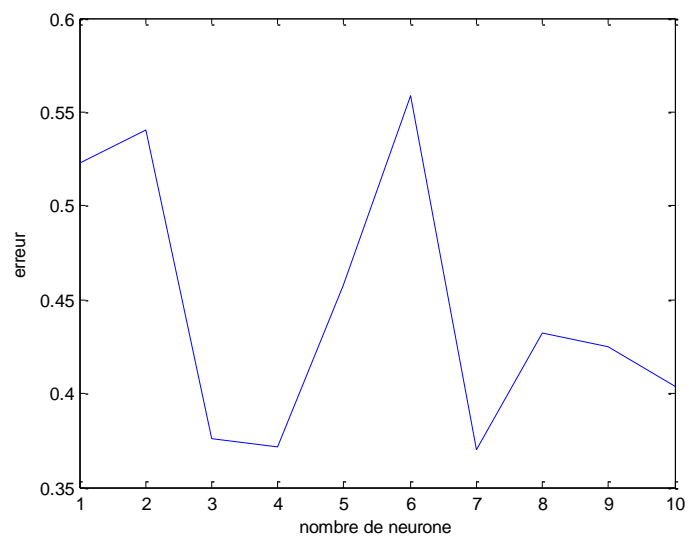


Figure(III.8) courbe de validation pour l'espace de recherche (1-5) neurones

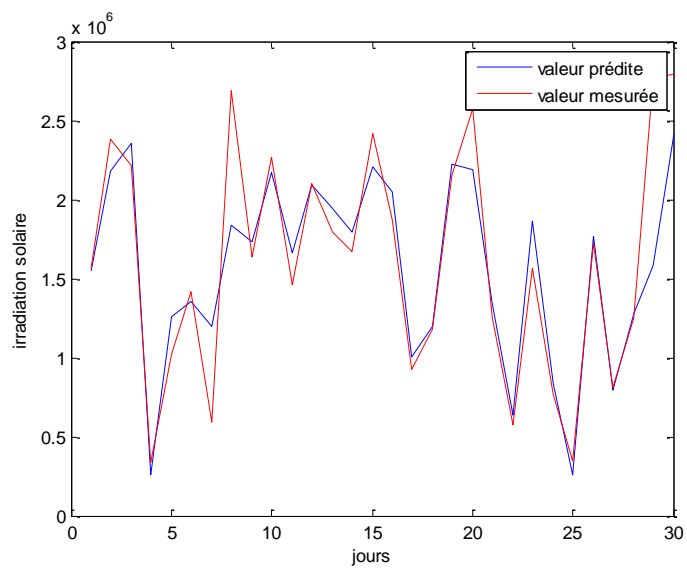


Figure(III.9) courbe de prédiction et courbe mesurée pour l'espace de recherche (1-5) neurones

2) 1 à 10 neurones

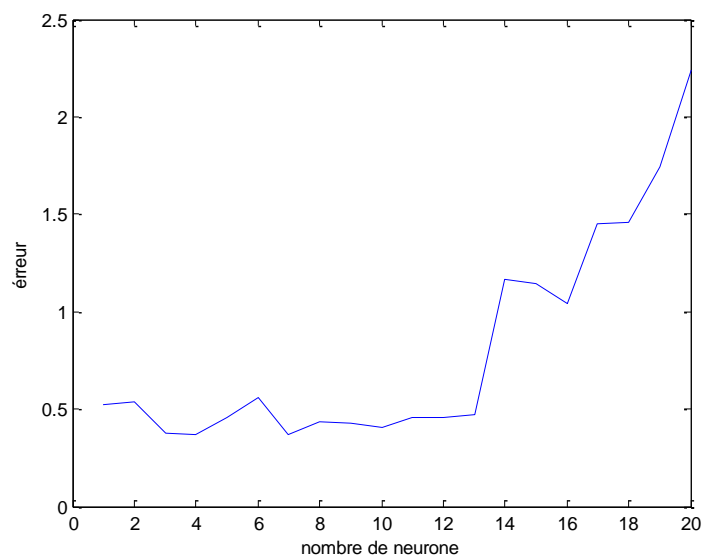


Figure(III.10) courbe de validation pour l'espace de recherche (1-10) neurones

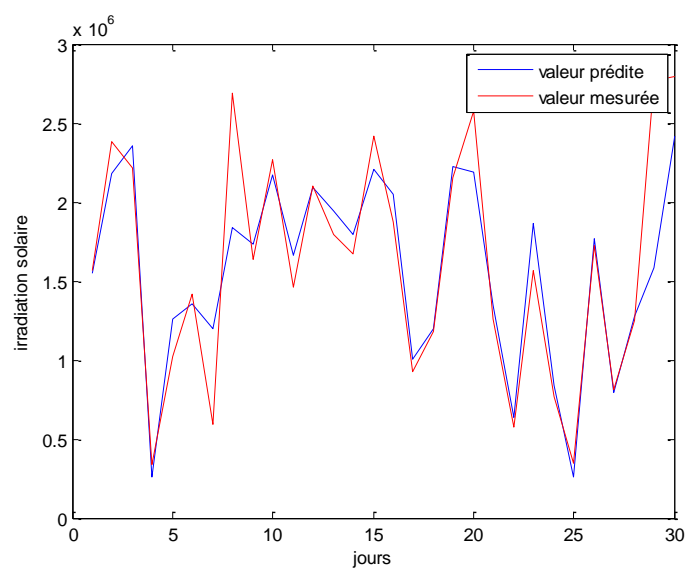


Figure(III.11) courbe de prédiction et courbe mesurée pour l'espace de recherche (1-10) neurones

3) 1 à 20 neurones

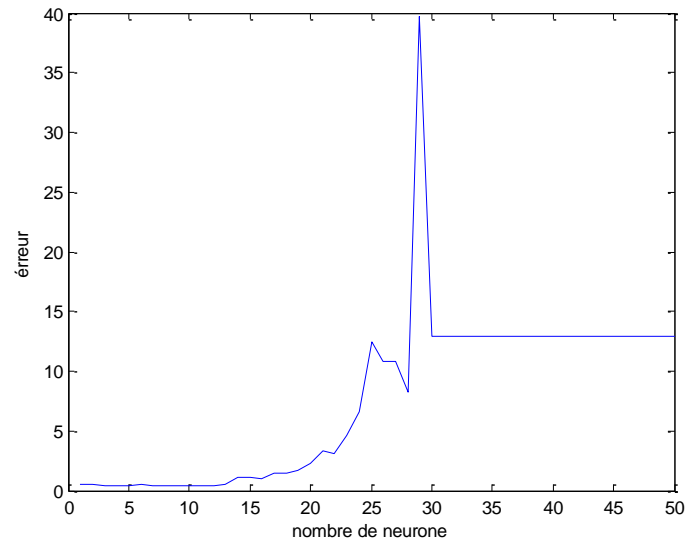


Figure(III.12) courbe de validation pour l'espace de recherche (1-20) neurones

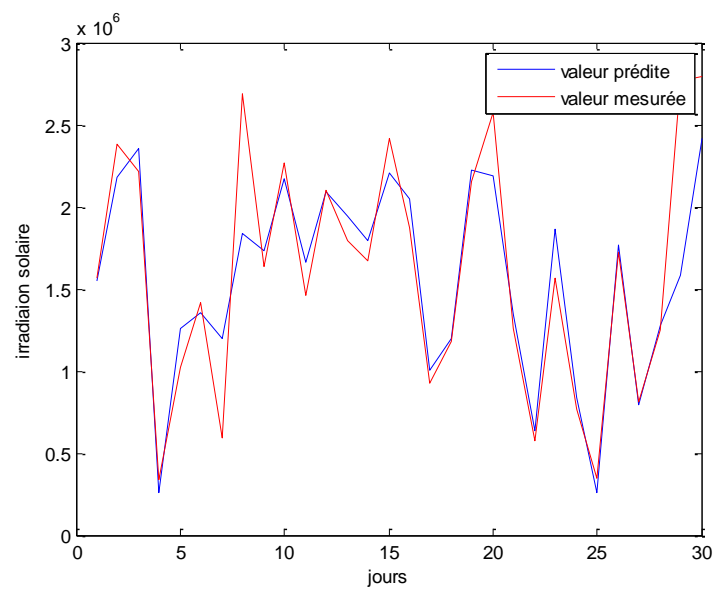


Figure(III.13) courbe de prédiction et courbe mesurée pour l'espace de recherche (1-20) neurones

4) 1 à 50 neurones



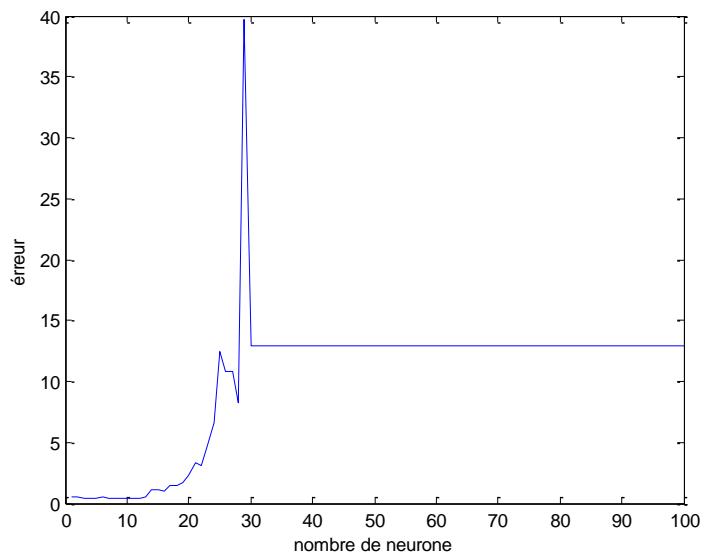
Figure(III.14) courbe de validation pour l'espace de recherche (1-50) neurones



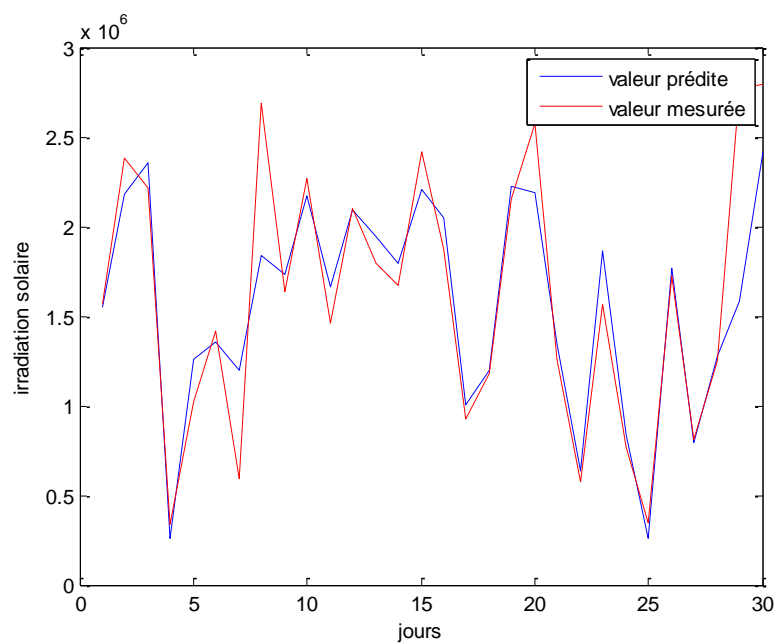
Figure(III.15) courbe de prédiction et courbe mesurée pour l'espace de recherche (1-50) neurones

On voit ici que le système suit bien la sortie mesurée et on remarque la même tendance d'erreur pour tous les points mesurés et estimés.

5) 1 à 100 neurones



Figure(III.16) courbe de validation pour l'espace de recherche (1-100) neurones

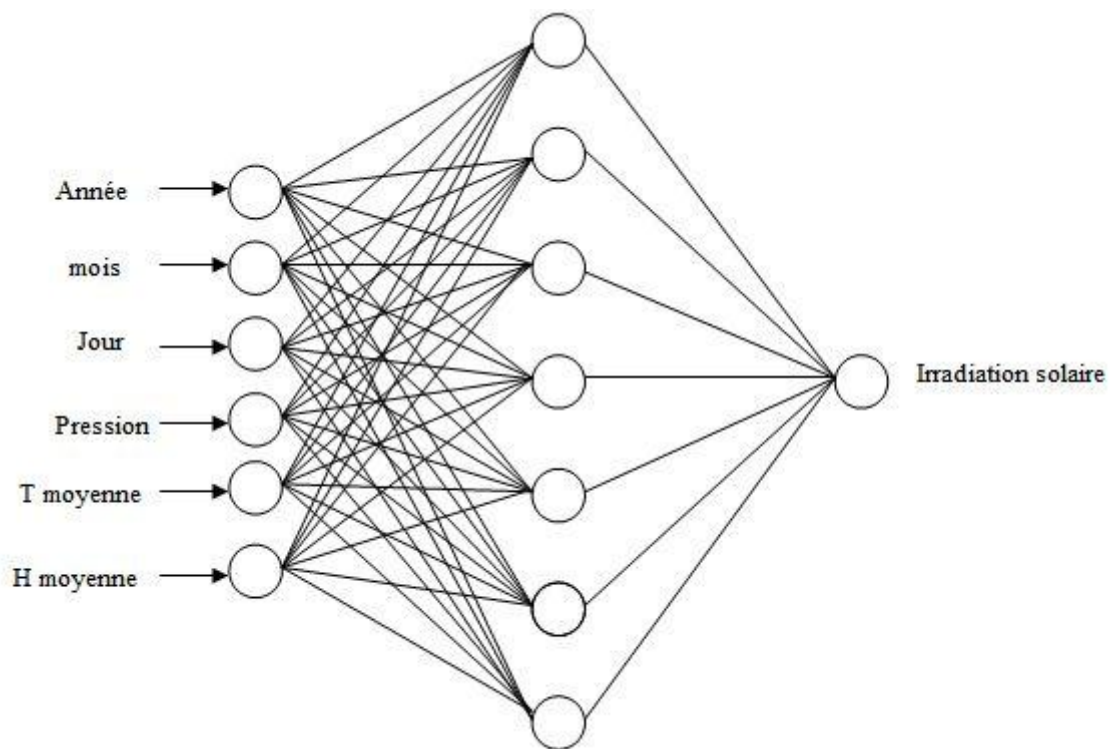


Figure(III.17) courbe de prédiction et courbe mesurée pour l'espace de recherche (1-100) neurones

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenu :

Base de données	NNCC	Nombre optimal de neurones	NMSE
Base réelle de 30 vecteurs	5	4	0.2897
	10	7	0.2443
	20	7	0.2443
	50	7	0.2443
	100	7	0.2443

Tableau(III.2) résultats de prédiction



Figure(III.18) architecture du RNA(RBF)

III.11 Conclusion

Ce troisième et dernier chapitre a fait l'objet d'une étude en simulation concernant la mise en œuvre de la technique d'apprentissage statistique RNAs appliquée dans le domaine de prédiction de l'irradiation solaire global. Plus particulièrement le réseau RBF a été implanté pour résoudre le problème de l'estimation de l'irradiation solaire dans la ville de Djelfa. Les résultats obtenus ont permis d'opter pour cette technique pour ses avantages adaptés au problème posé.