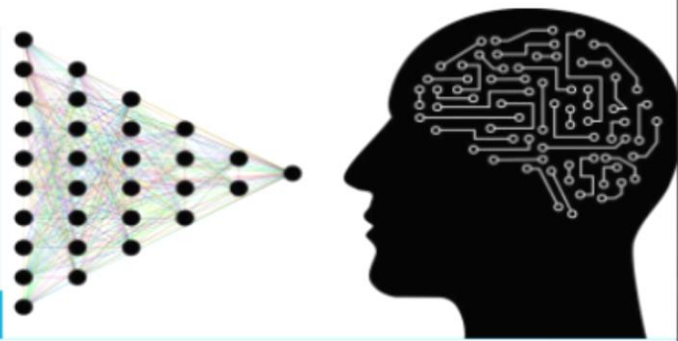




# Projet RNA

***Prédiction de l'énergie produite par les panneaux solaires et les éoliennes basées sur ELM et BP***

## Les Réseaux de Neurones



RÉALISÉ PAR :

- AHMED AHDIOUAD

ENCADRÉ PAR :

- PR. DOUNIA EL BOURAKADI

## 1/- L'éolienne

Une éolienne est une machine qui utilise l'énergie cinétique du vent pour produire de l'électricité. Elle se compose généralement d'une grande structure métallique comprenant des pales (ou des hélices) et un générateur électrique.

Lorsque le vent souffle, il fait tourner les pales de l'éolienne. Cette rotation entraîne un arbre principal qui est connecté à un générateur électrique. Le générateur convertit ensuite l'énergie mécanique en énergie électrique. L'électricité produite peut être utilisée directement pour alimenter des appareils électriques ou être stockée dans des batteries.



Les éoliennes sont utilisées dans les parcs éoliens, où plusieurs éoliennes sont regroupées pour former une ferme éolienne. Ces parcs éoliens sont généralement situés dans des zones où le vent est fort et constant, comme les côtes ou les régions montagneuses. Les éoliennes peuvent également être utilisées individuellement pour alimenter des bâtiments ou des installations isolées.

Les avantages des éoliennes incluent leur capacité à produire de l'électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable et propre, réduisant ainsi les émissions de gaz à effet de serre. Elles contribuent également à la diversification des sources d'énergie et à la réduction de la dépendance aux combustibles fossiles.

Sa puissance de sortie générée peut être considérée et calculée en fonction de la vitesse du vent comme suit :

$$P_{EO} = \begin{cases} 0 & \text{si } V < V_{min} \\ aV^2 + bV + c & \text{si } V_{min} \leq V < V_r \\ P_{EON} & \text{si } V > V_r \end{cases}$$

Avec :

**PEON** : La puissance de sortie nominale de l'éolienne.

**V** : La vitesse du vent.

**V min** : La vitesse du vent nécessaire pour le déclenchement de l'éolienne.

**V r** : La vitesse du vent nominale.

Dans ce projet on utilise le modèle d'éolienne AIR403. Selon les données du constructeur, ses caractéristiques sont les suivants :

$a = 3.4$ ;  $b = -12$  ;  $c = 9.2$ ;  $PEON = 130 \text{ W}$  ;  $V_{MIN} = 3.5 \text{ m/s}$  ;  $V_r = 17.5 \text{ m/s}$ .

On utilise les deux algorithmes d'apprentissage (Back propagation (BP) et Extreme Learning Machine (ELM)) pour faire la prédiction de la puissance éolienne produite en fonction d'une seule valeur de la vitesse de vent.

### ❖ Back propagation (BP) :

Etapes d'implémentation :

1. Importation des bibliothèques nécessaires
2. Définition des variables
3. Initialisation des matrices pour stocker les données
4. Chargement des données à partir de fichiers
5. Remplissage de la base de données `x_train` et `y_train`
6. Remplissage des données de test `x_test` et `y_test`
7. Instantiation, entraînement et évaluation du modèle MLPRegressor
8. Affichage des résultats
9. Prédiction des valeurs avec le modèle entraîné
10. Affichage des courbes et sauvegarde de la figure
11. Affichage du temps de convergence

### ❖ Extreme Learning Machine (ELM)

Etapes d'implémentation :

*Section 1 : Préparation des données*

- Les importations nécessaires sont effectuées, y compris les modules requis de `numpy`, `random`, `matplotlib.pyplot` et `time`.
- Les variables sont définies, notamment le nombre d'exemples (`N`), le nombre d'entrées (`n`), le nombre de sorties (`m`), le nombre de neurones cachés (`L`) et le nombre de données de test (`NTest`).
- Des matrices vides sont créées pour stocker les données d'entraînement et de test (`x_train`, `y_train`, `x_test`, `y_test`, `y_testCalcule`).
- Les données réelles de vitesse du vent sont chargées à partir d'un fichier texte (`data1`).

## Section 2 : Remplissage de la base de données

- Les boucles `while` remplissent les données d'entraînement (`x_train` et `y_train`) et les données de test (`x_test` et `y_test`) en utilisant des conditions basées sur les valeurs de vitesse du vent. Les valeurs de `vmin`, `vr`, `a`, `b`, `c`, et `PEON` sont utilisées pour déterminer les valeurs cibles (`y_train` et `y_test`) en fonction des valeurs réelles de vitesse du vent.

## Section 3 : Phase d'apprentissage

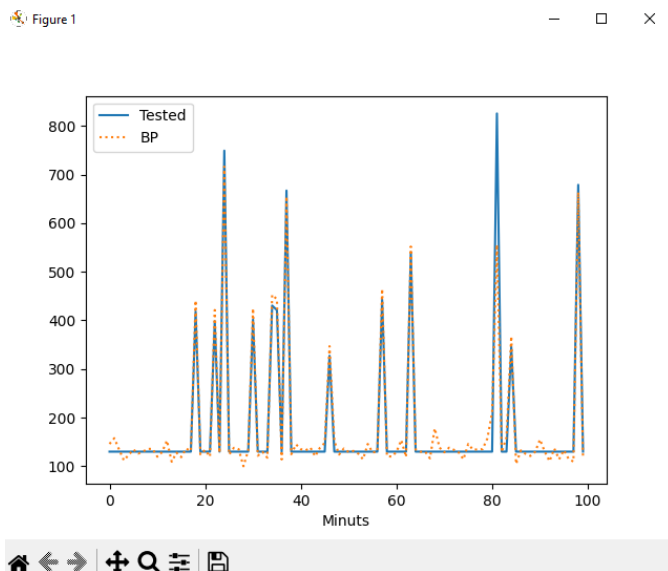
- Des matrices sont initialisées pour stocker les poids et les biais (`AI`, `BI`).
- Une boucle `for` est utilisée pour initialiser les poids `AI` et les biais `BI` avec des valeurs aléatoires entre 0 et 1.
- Une autre boucle `for` est utilisée pour calculer la matrice `H` d'apprentissage en utilisant les poids et les biais.
- La pseudo-inverse de Moore-Penrose (`Hmp`) de la matrice `H` est calculée.
- Les poids de sortie (`beta`) sont calculés en multipliant la pseudo-inverse `Hmp` par les valeurs cibles `y_train`.

## Section 4 : Phase de test et évaluation

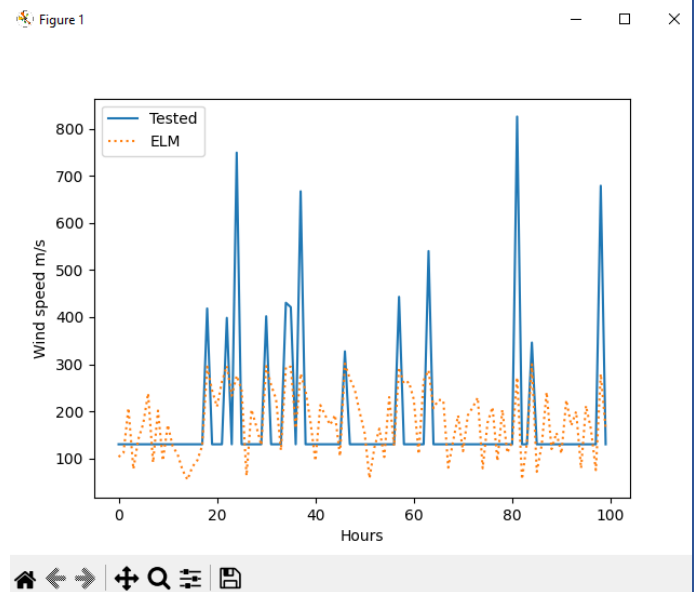
- Une boucle `for` est utilisée pour calculer la matrice `H` de test en utilisant les poids et les biais.
- Les valeurs prédites (`y_testCalcule`) sont calculées en multipliant la matrice `H` de test par les poids de sortie `beta`.
- Un graphique est tracé en utilisant les valeurs réelles (`y_test`) et les valeurs prédites (`y_testCalcule`).
- Les métriques d'évaluation, telles que l'erreur quadratique moyenne (MSE), le coefficient de détermination ( $R^2$ ), l'erreur absolue moyenne (MAE) et l'erreur absolue moyenne en pourcentage (MAPE), sont calculées en utilisant les valeurs réelles et prédites.
- Les résultats de l'évaluation du modèle sont affichés.

On obtient les courbes suivants :

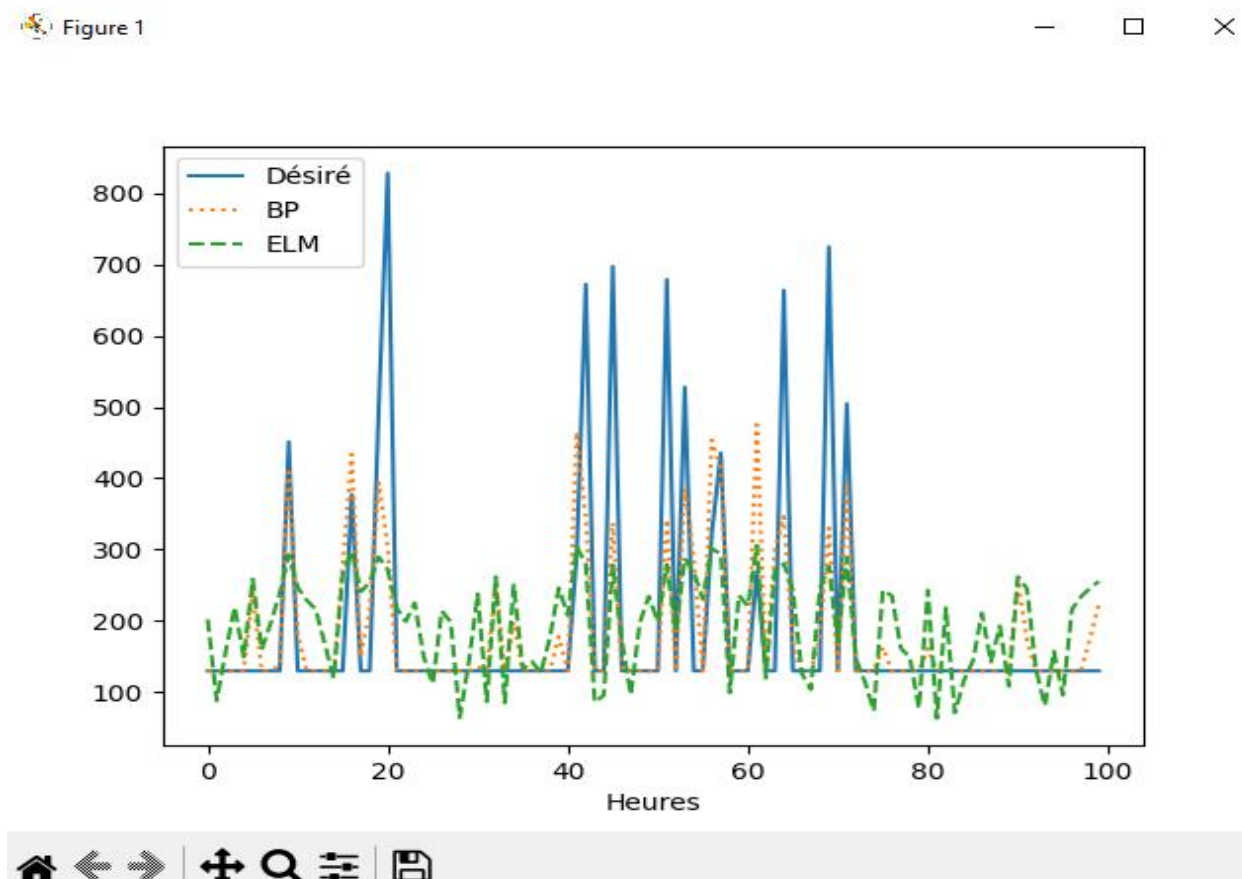
### La courbe prédite par BP



### La courbe prédite par ELM



### La courbe de comparaison :





### Les différentes mesures d'évaluation :

	BP	ELM
R-squared	0.52	0.24
MSE	11730.63	18646.57
MAE	47.02	93.43
MAPE	0.17	0.49
Convergence time	0.251957	0.029206

On peut aussi calculée la puissance de sortie de l'éolienne générée en fonction de la vitesse du vent comme suit :  $P_W = C \times \pi \times S \times V^3$

Avec

PW : La puissance de sortie de l'éolienne.

V : La vitesse du vent.

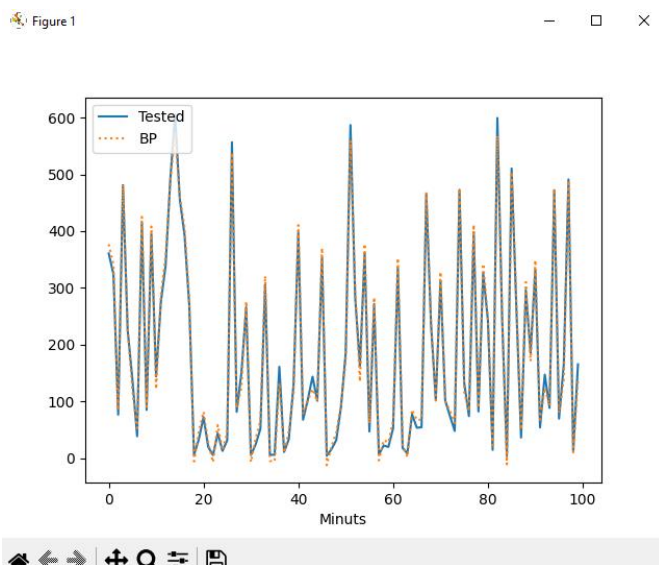
S : la surface balayée par l'éolienne (vaut 3).

C : Coefficient qui vaut dans ce projet 0.0003.

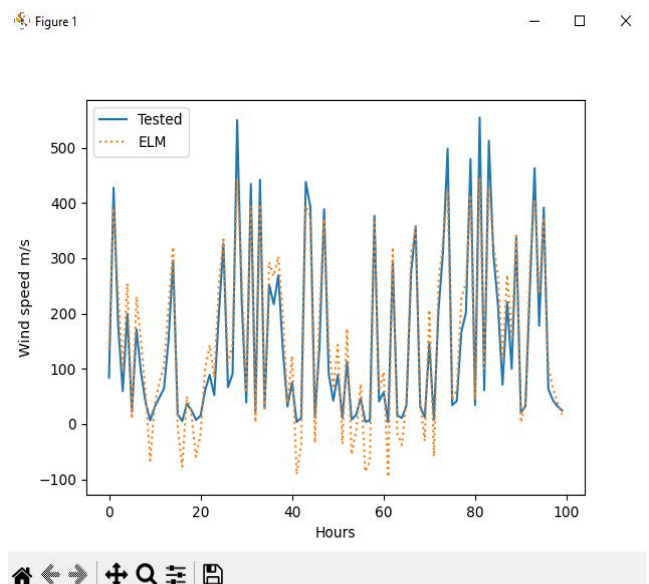
On utilise aussi les deux algorithmes d'apprentissage (Back propagation (BP) et Extreme Learning Machine (ELM)) pour faire la prédiction de la puissance éolienne produite en fonction d'une seule valeur de la vitesse de vent.

On obtient les courbes suivants :

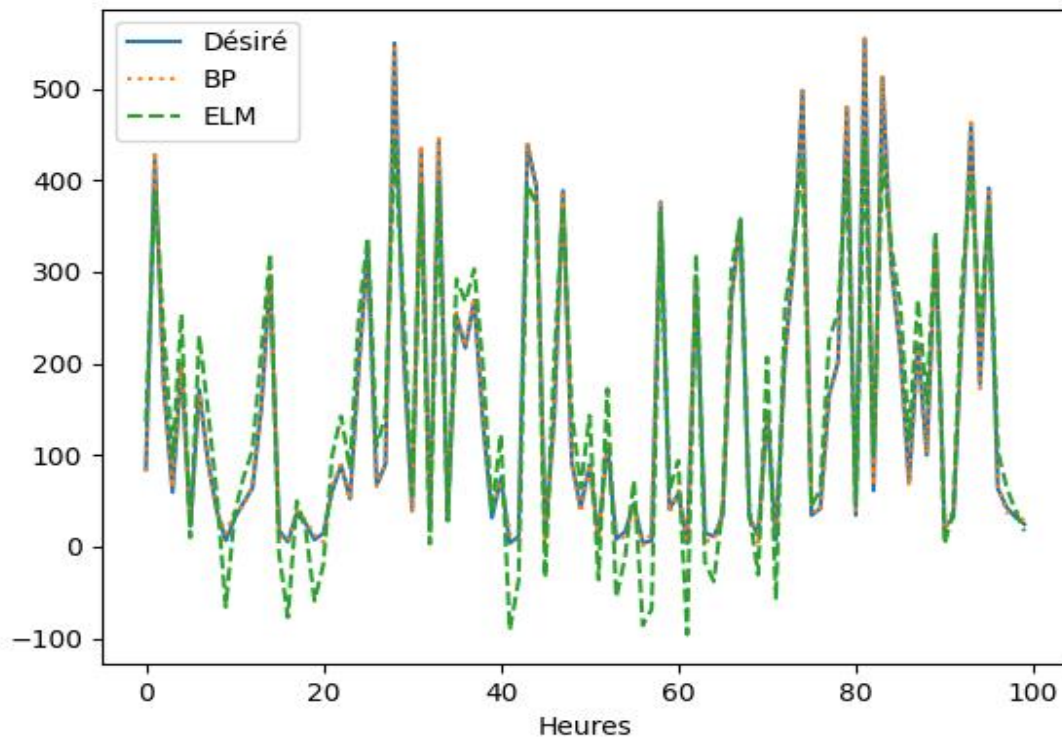
#### La courbe prédite par BP



#### La courbe prédite par ELM



### La courbe de comparaison :

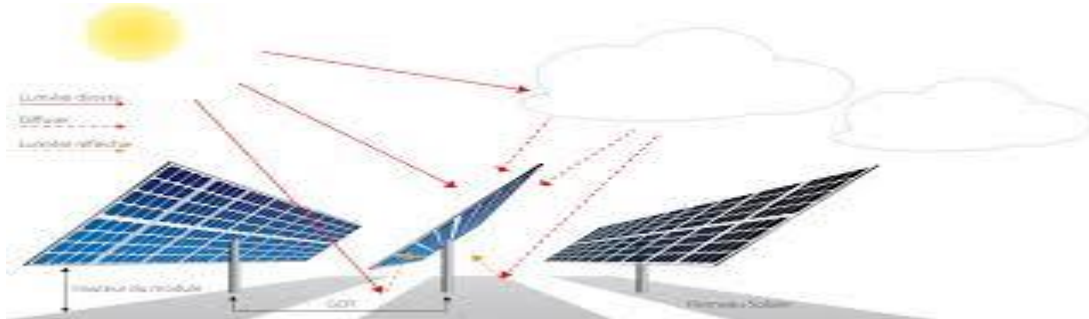


### Les différentes mesures d'évaluation :

	BP	ELM
R-squared	1.00	0.90
MSE	18.66	2274.80
MAE	3.51	40.93
MAPE	0.17	1.93
Convergence time	0.887065	0.034003

## 2/- L'e panneau solaire photovoltaïque (PV)

Le panneau solaire photovoltaïque (PV) est un dispositif qui convertit la lumière du soleil en électricité utilisable. Il est composé de cellules solaires qui sont généralement fabriquées à partir de silicium, un matériau semi-conducteur.



Lorsque la lumière du soleil frappe ces cellules, elle excite les électrons dans le matériau, créant ainsi un courant électrique.

Les panneaux solaires photovoltaïques sont utilisés pour produire de l'électricité dans des applications résidentielles, commerciales et industrielles. Ils peuvent être installés sur les toits des bâtiments, sur des structures indépendantes telles que des abris de voitures ou des lampadaires solaires, ou encore dans des centrales solaires à grande échelle.

Les panneaux solaires photovoltaïques offrent de nombreux avantages, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la diminution de la dépendance aux combustibles fossiles, et des coûts d'exploitation et d'entretien relativement faibles une fois installés. Cependant, ils ont également quelques inconvénients, tels que le coût initial élevé d'installation et la dépendance à la disponibilité de la lumière du soleil.

La puissance de sortie du module peut être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$P_{PV} = P_{CTS} \times \frac{I_{INC}}{I_{CTS}} \times [1 + k(T_C - T_r)]$$

Avec :

$P_{CTS}$  = 83 (la puissance maximale)

$T_r$  = 25 (la température de référence)

$I_{CTS}$  = 1000 (l'irradiation)

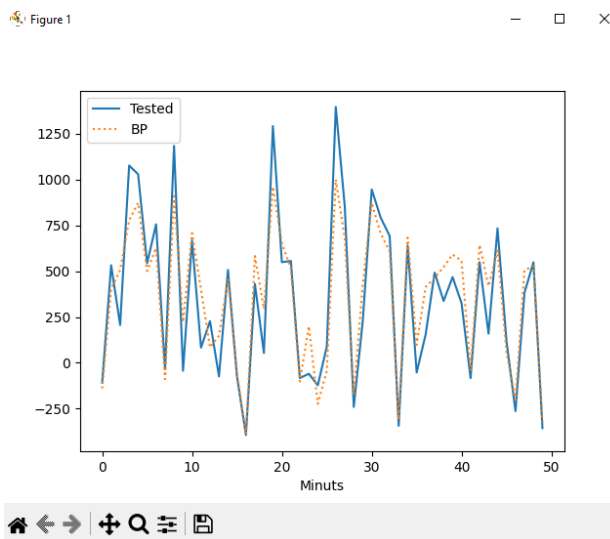
$K$  = 0.001 (coefficient)

DE même On utilise les deux algorithmes d'apprentissage (Back propagation (BP) et Extreme Learning Machine (ELM)) pour faire la prédiction de la puissance  $P_{pv}$ .

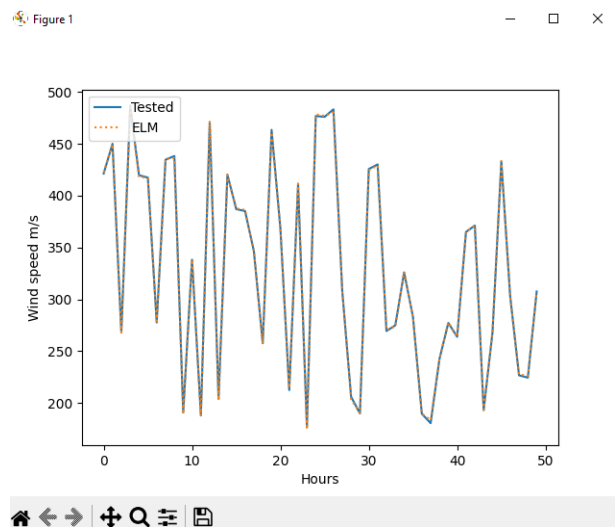


On obtient les courbes suivantes :

### La courbe prédite par BP

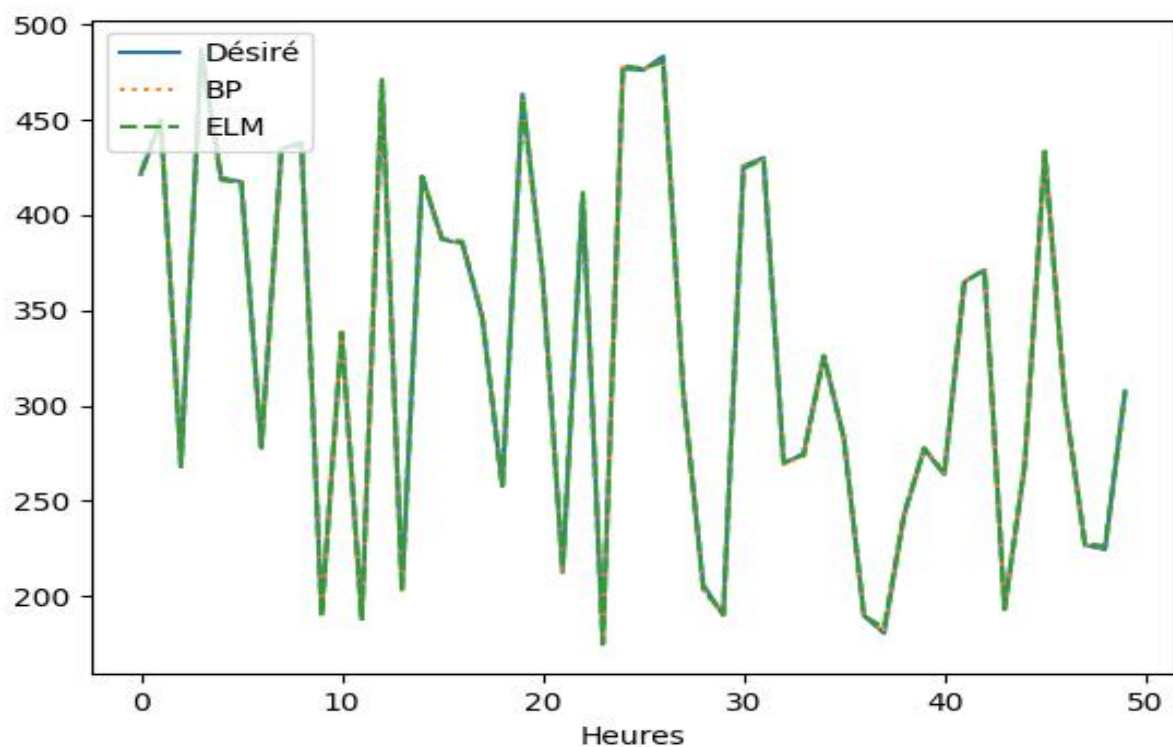


### La courbe prédite par ELM



La

### la courbe de comparaison :



### Les différentes mesures d'évaluation :

	BP	ELM
R-squared	1.00	1.00
MSE	0.60	1.53
MAE	0.59	0.96
MAPE	0.02	0.01
Convergence time	0.859069	0.0090003

## CONCLUSION :

L'ELM (Extreme Learning Machines) et le BP (Backpropagation) sont deux méthodes d'apprentissage pour entraîner des réseaux de neurones. L'ELM utilise une méthode d'apprentissage à un seul passage avec des poids aléatoires ajustés par régression linéaire, tandis que le BP utilise la rétropropagation avec des poids ajustés itérativement par descente de gradient.

L'ELM est rapide, peut gérer des réseaux de neurones profonds et offre de bonnes performances de généralisation avec peu de données. En revanche, le BP est plus flexible, adapté aux problèmes complexes nécessitant une meilleure généralisation, mais il nécessite souvent plus de données d'entraînement et peut être plus coûteux en termes de calcul.

Le choix entre les deux dépendra du problème spécifique et des contraintes de l'application.