

# ESTIMATION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET REELLE DANS UNE ZONE HYPER ARIDE (CAS D'OUED SOUF -SE ALGÉRIEN-)

Mohammed Faouzi LACHEHEB <sup>(1)</sup>, Salah Eddine KHETTA <sup>(1)</sup>, Salim KHECHANA\* <sup>(2)</sup> et Abdennour LAMOUDI <sup>(3)</sup>

(1) Unité de développement d'énergie renouvelable dans les zones arides (UDERZA)  
Université d'El Oued- Algérie.

(2) Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Energétiques Saharienne (LEVRES) – Université d'El-Oued B.P. 789 El-Oued 39000 –Algérie.

(3) Laboratoire d'exploitation et de valorisation des ressources naturelles dans les zones aride  
-Université de Ouargla- Algérie

\*Corresponding Author E-Mail: [khechana-salim@univ-eloued.dz](mailto:khechana-salim@univ-eloued.dz)

---

**Résumé :** Le développement de tout projet d'aménagement en agriculture, en urbanisme ou autre, nécessite la quantification d'un bilan hydrique, dans une perspective de gestion durable de la ressource hydrique qui passe obligatoirement par l'estimation des pertes d'eau par évapotranspiration. La vallée de Oued-Souf comme les régions arides, est caractérisée par un climat très chaud et un hivers froid et doux, dont les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) sont très excessives surtout en saison d'été. Les mesures de l'évaporation à partir de l'évaporomètre de Piche installé à l'Aéroport de Guemar (ONM –El-Oued), ont été confrontés avec les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) estimées par certaines méthodes tels que: Thornthwaite (1944), Turc (1962), et Penman-Monteith (FAO); en se basant sur les mesures météorologique collectés de la station comme la température, l'humidité relative, la vitesse du vent et la durée d'insolation. Cette comparaison permet d'identifier quelles sont les méthodes d'estimation d'ETP qui donnent des estimations les plus proches des mesures réels. Ceci s'avère nécessaire pour estimer les besoins en eau nécessaire à la croissance des végétations et des cultures agricoles et de l'appliquer ensuite sans risque sur les régions à climat similaire au climat saharien de la région d'Oued Souf.

**Mots clés :** bilan hydrique, évapotranspiration potentielle (ETP).

---

## 1. Introduction

Cette étude a pour objectif d'adapter et de comparer les valeurs de l'ETP calculées par différentes méthodes (Thornthwaite, Turc, Penman-Monteith (FAO), Blaney-Criddle et de l'ANRH) avec celles mesurées in-situ, en vue de l'appliquer sur d'autres régions ont les mêmes conditions.

## 2. Matériels et méthodes

A partir des données climatiques collectées de la station météorologique de l'aéroport de Guemar (ONM) durant la période allant du 1996 à 2020, nous avons calculé les valeurs de l'ETP par les différentes formules empiriques, ensuite, en fait les comparées avec celles mesurées par différentes méthodes : - Comparaison graphique - Comparaison avec l'erreur relatif - Corrélation entre l'ETP (mesurée) et estimée avec le logiciel "SPSS" (Statistiques descriptives, Corrélation, Régression linéaire) et Comparaison des moyennes par (T-Test) pour échantillons indépendants.

## 3. Discussion des résultats

### 3.1 Comparaison des différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

#### 3.1.1 Comparaison graphique

Les valeurs moyennes mensuelles au cours de la période (1996 – 2020) de l'évaporation mesurée EP (Piche) et ceux estimées ETP (Thornthwaite), ETP (Turc), ETP (Penman-Monteith (FAO)), ETP (Blaney-Cridde) et ETP (ANRH) sont présentées par la Figure 1.

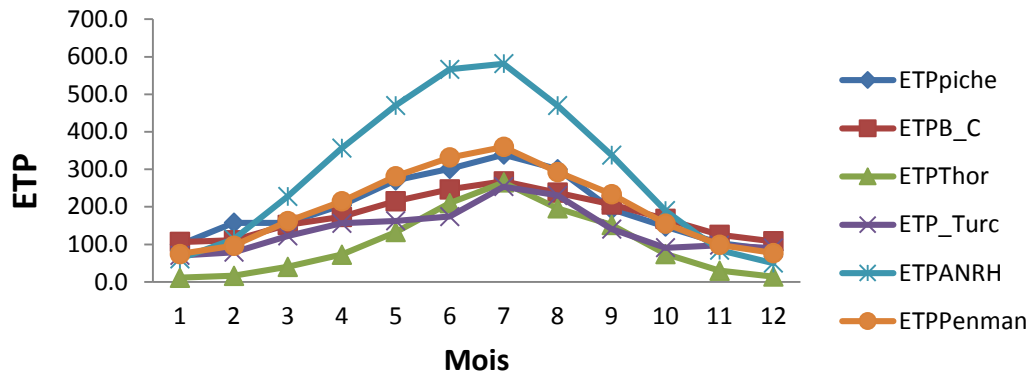


Figure 1 : Evolutions moyennes mensuelle des ETP estimées et de l'évaporation de Piche, pour la région d'Oued Souf au cours de la période (1996 - 2020).

On note que :

- La formule de Thornthwaite sous-estime l'ETP par rapport aux autres formules.
- La formule de l'ANRH surestime l'ETP par rapport aux autres formules.
- Les valeurs de l'ETP convergent par rapport à la formule (ANRH) avec de l'ETP obtenue par les formules de Thornthwaite, de Turc et de Penman-Monteith ainsi que l'ETP mesurée par le Piche entre le mois de janvier et février, ainsi qu'entre Octobre, novembre et décembre, tandis que la différence s'approfondit avec l'augmentation entre le mois de mars à septembre, alors que l'écart enregistré au mois d'août s'est accru.
- L'écart de la courbe des valeurs ETP estimées avec la formule de l'ANRH est due à la dépendance de cette dernière à la température moyenne comme unique variable climatique, et comme mentionné précédemment, cette relation est utilisée en l'absence de données climatiques, ce qui la rend caractérisée par ces grandes différences avec le reste des relations.
- Concernant le mois de pointe, nous constatons que la plus grande valeur de l'évapotranspiration potentielle correspond au mois de Juillet, les six formules présentent la même tendance d'évolution d'évapotranspiration.
- Pour la période du mars à août, ainsi que octobre, novembre et décembre, les valeurs données par la formule de Penman-Monteith (FAO) sont plus proches des valeurs de l'ETP mesurées que des valeurs données par les formules de Turc, Thornthwaite, ANRH, alors que la formule de Blaney-Cridde traduit bien l'évolution de l'ETP mesurée pour les mois de janvier et mars et septembre avec des résultats assez similaires.
- La formule ANRH a concordée l'ETP mesuré à la valeur la plus basse enregistrée en décembre, mais le reste des formules, a été enregistré au mois de janvier.
- Nous concluons de la figure ci-dessus que les valeurs de la formule de Penman-Monteith (FAO) semblent les plus proches des valeurs mesurées de l'ETP au cours de l'année.

### 3.1.2 Comparaison avec l'erreur relatif

Les résultats obtenus par l'application des différentes approches d'estimation de l'ETP, à l'échelle mensuelle ont été comparés à l'ETP (Piche), en se basant sur les valeurs de l'écart relatif « ER ». Ainsi, des corrélations linéaires ont été établies entre les résultats des différents modèles par rapport à l'ETP (Piche).

L'erreur relatif est défini par :

$$ER = \frac{ETP_{Piche} - ETP_i}{ETP_{Piche}} \times 100(\%)$$

ETPi : ETP calculée par les méthodes de Thornthwaite, Turc, Blaney-Criddle et Penman-Monteith(FAO) et L'ANRH

Plus les valeurs de « ER » sont faibles, plus la méthode d'estimation de l'ETP donne

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ER Turc	29.02	<b>49.78</b>	22.30	23.50	39.96	42.24	25.16	23.22	27.35	38.38	5.47	<b>-6.14</b>
ER B/cc	-6.98	<b>29.63</b>	3.44	15.24	20.52	18.16	21.11	20.79	-6.43	-14.01	-21.50	<b>-27.36</b>
ER Thornoth	<b>88.80</b>	89.73	74.45	64.55	50.91	30.36	21.87	34.81	<b>21.64</b>	49.48	70.90	83.52
ER ANRH	38.19	27.57	-44.65	-74.49	-73.65	<b>-88.00</b>	-71.31	-56.45	-74.18	-28.88	18.30	<b>40.90</b>
ER Penman	25.11	<b>38.70</b>	-2.70	-5.07	-4.01	-10.08	-5.99	2.56	<b>-20.49</b>	-5.42	4.68	9.21

une estimation satisfaisante de cette composante.

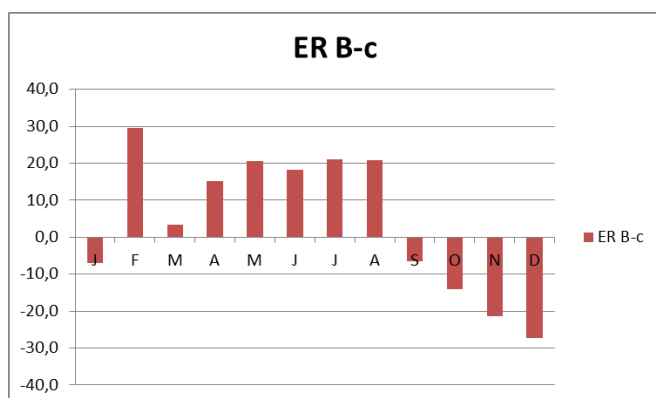
Les valeurs de l'ETP des cinq modèles avec l'erreur relative nous les représentons dans le tableau IV.2.se dessous:

**Tableau 1.** Les valeurs de l'erreur relative des cinq modèles

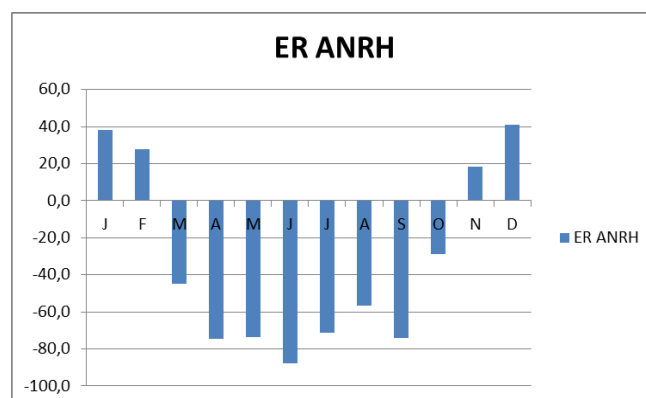
D'après le tableau, nous trouvons que :

- Pour Thornthwaite ER est entre [+21.64 à +88.8] %.
- Pour Turc ER est entre [-6.14 à +49.78] %.
- Pour Penman- Monteith(FAO) ER est entre [-20.49 à +38.7] %
- Pour Blaney-Criddle ER est entre [-27.36 à +29.63] %.
- Pour ANRH ER est entre [-88 à +40.9] %.

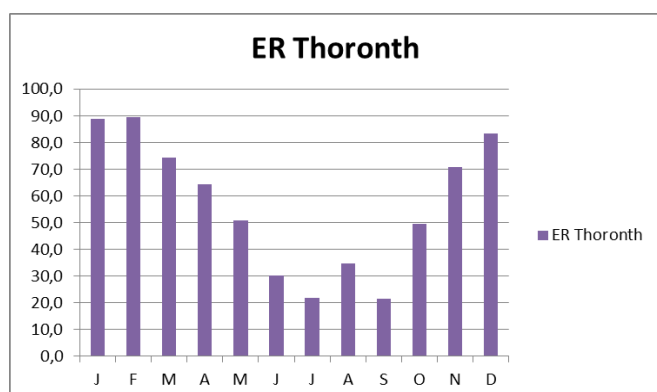
Les erreurs de chaque méthode nous les représentons dans les figures suivantes:



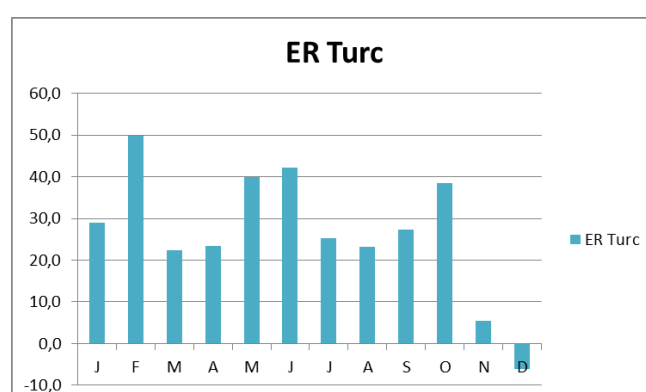
**Figure 2.a.** Erreur relative entre ETP<sub>Piche</sub>&ETP<sub>Bl/Cr</sub>



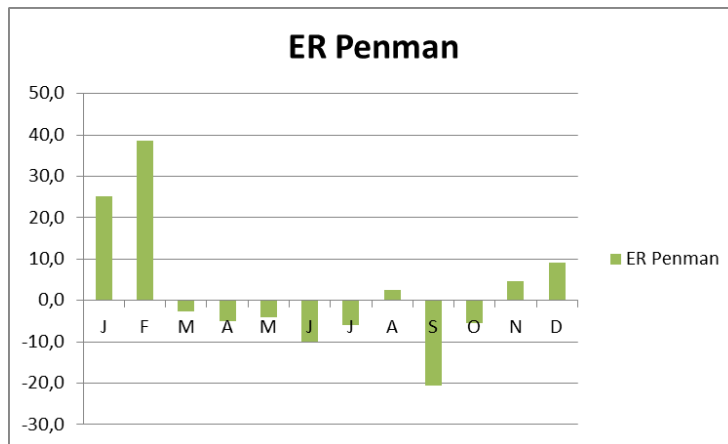
**Figure 2.b.** Erreur relative entre ETP<sub>Piche</sub>& ETP<sub>ANRH</sub>



**Figure 2.c.** Erreur relative entre ETP<sub>Piche</sub>&ETP<sub>Thornt</sub>



**Figure 2.d.** Erreur relative entre ETP<sub>Piche</sub>&ETP<sub>Turc</sub>



**Figure 2.e.** Erreur relative entre ETP<sub>Piche</sub> & ETP<sub>Penman</sub>

On confirme encore une fois que la méthode de Penman- Monteith (FAO) présente pour chaque mois le minimum d'erreur relative.

### 3.1.3 Corrélation entre l'ETP (mesurée) et estimée avec le logiciel "SPSS"

#### a-Statistiques descriptives

Pour mieux préciser, nous avons entré les valeurs obtenues par les formules de Thornthwaite, de Turc, de Penman-Monteith (FAO), de Blaney et Criddle et de ANRH ainsi que l'ETP mesurée par le Piche in situ, dans logiciel d'analyses statistiques SPSS version 22, et après avoir effectué l'analyse statistique, les résultats étaient les suivants :

**Tableau 2.** Statistiques descriptives

Formule	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
ETP PICHE	<b>196,6</b>	<b>87,29</b>	<b>84,70</b>	<b>339,40</b>
ETP TURC	139,03	59,29	70,60	254,00
ETP Blaney - Criddle	176,44	57,71	106,30	267,80
ETP Penman- Monteith	<b>198,09</b>	<b>102,14</b>	<b>74,40</b>	<b>359,70</b>
ETP Thornthwaite	101,15	87,63	11,10	265,20
ETP ANRH	292,43	197,61	50,20	581,40

#### a- Analyse descriptive

Les valeurs ETP<sub>ANRH</sub> varient entre 50.20 et 581.40, avec une moyenne de 292,43 et écart-type de 197.61, ce qui est surestimée que les valeurs de l'ETP Piche en termes de moyenne arithmétique ainsi que de valeur maximum.

Il est à noter que les données ETP estimées à la Formule de Thornthwaite, dont les valeurs sont comprises entre 11.10 et 265.20, avec une moyenne de 101.15 et écart-type de 87.63, sont les moins importantes en termes de moyenne arithmétique, la valeur maximale et minimale.

Ce test a démontré que le modèle Penman-Monteith (FAO) avec une moyenne de 198.09 et écart-type de 102.14, donnait des résultats qui étaient les plus proches des valeurs ETP Piche.

## b-Corrélation

Tableau 3. Corrélations entre l'ETP (mesurée) et estimée

Corrélation de Pearson	ETP TURC	ETP Blaney et Criddle	ETP Penman-Monteith (FAO)	ETP Thornthwaite	ETP <sub>ANRH</sub>
ETP PICHE	0,928**	0,951**	<b>0,973**</b>	0,936**	<b>0,977**</b>

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

A partir des relations entre l'ETP (Piche) et celles estimées à partir des différentes formules, il apparaît une bonne corrélation significative entre celle-ci et celle obtenue par l'application des différentes méthodes d'estimation ( $\text{sign} > 0.9$ ).

Évidemment la meilleure corrélation est obtenue entre l'ETP (Piche) et ANRH- Penman-Monteith (FAO), avec une valeur significative de corrélation respectivement 0.977-0.973, assurant qu'il existe une corrélation très forte entre celui-ci et ETP Piche.

D'après les résultats de logiciel "SPSS", nous trouvons que la méthode de Penman-Monteith (FAO) et de Blaney-Criddle sont les plus proches de celles de Piche (198.0917) en point de vue moyennes annuelles ( 198.0917,176.4417 ) et la méthode de Penman-Monteith (FAO) , Blaney-Criddle et ANRH de point de vue corrélation ( 0.973 , 0.951 et 0.977) respectivement. C'est pour cela qu'on va faire une autre comparaison entre les résultats de Penman-Monteith (FAO) et celles de Blaney-Criddle avec Piche (mesurées).

## c-Régression linéaire

Les relations entre l'évaporation ETP mesurée et les méthodes d'estimation d'ETP sont linéaires, chacune peut être représentée par une équation linéaire de la forme  $y=ax+b$ .

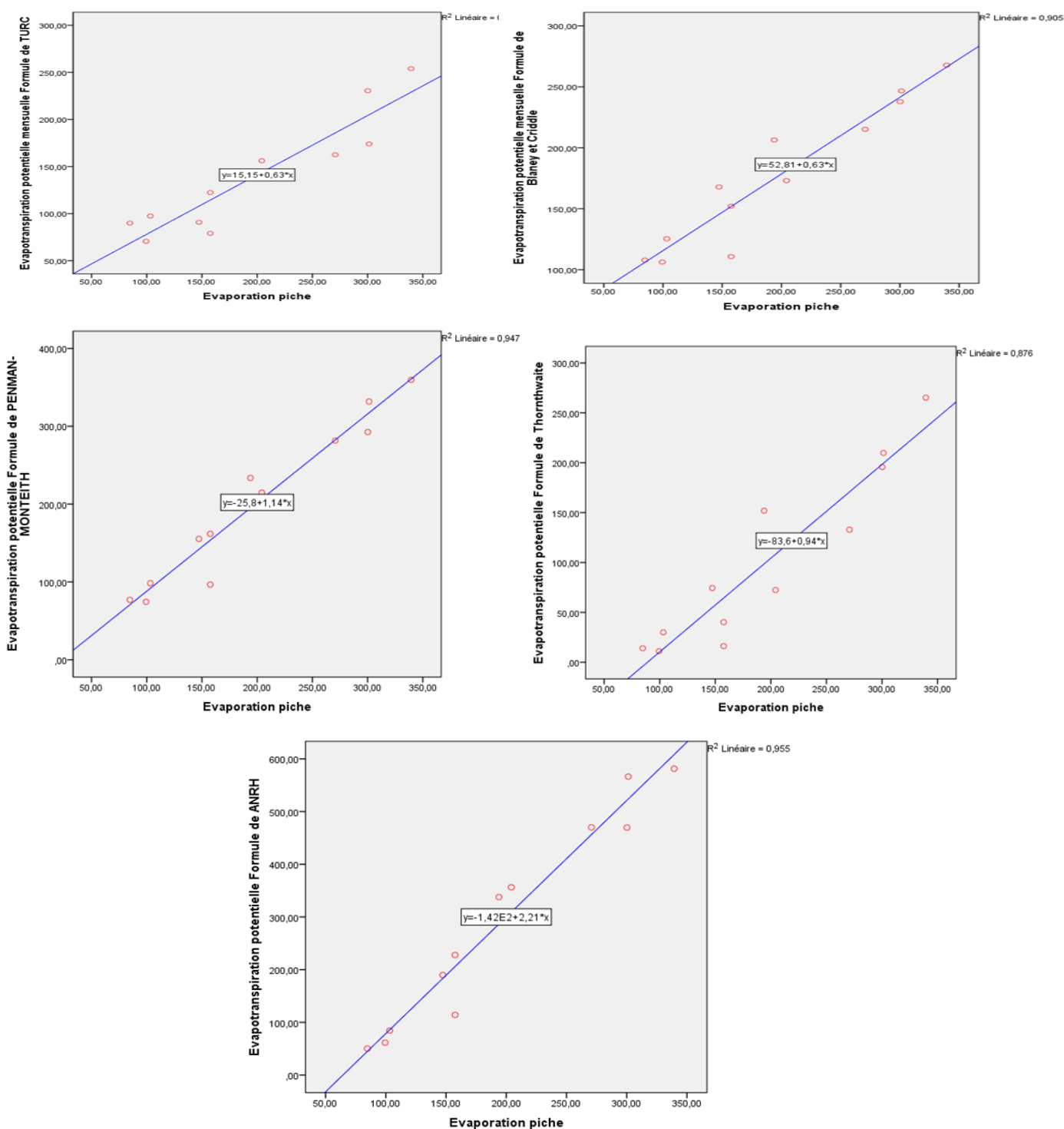
Le tableau IV.5 résume pour chaque méthode les paramètres a et b ainsi le coefficient de corrélation correspondant.

Tableau 4 : Équation linéaire entre l'ETP mesurée et celle de différentes formules

Méthode	Équation linéaire	R <sup>2</sup>
Turc	ETP (Tu) =0.63 ETP (Piche) +15.15	0.86
Blaney-Criddle	ETP (B-C) =0.63 ETP (Piche) +52.81	0.905
Thornthwaite	ETP (Thor) =0.94 ETP (Piche)-83.6	0.876
Penman-Monteith (FAO)	<b>ETP (Panm) =1.14 ETP (Piche)-25.8</b>	<b>0.947</b>
ANRH	ETP (ANRH) =2.21 ETP (Piche)-142.14	0.955

A partir des relations entre l'ETP mesurée par le Piche et l'estimation dans les différentes formules, il semble qu'il existe une bonne corrélation entre ETP mesurée par Piche et celles qui ont été obtenues en appliquant les différentes formules. Notez que la meilleure corrélation a été obtenue entre l'ETP mesurée et celles de l'ANRH, Penman-Monteith (FAO), Blaney-Criddle, avec le coefficient de corrélation respectivement ( $R^2 = 0.955, 0.947, 0.905$ ).

Afin d'obtenir la formule de mesure la plus précise et la plus proche l'ETP mesurée par Piche et avec un bon coefficient de corrélation, nous effectuons une comparaison entre les moyennes, en effectuant un test T.



**Figure 4.** Régression linéaire entre les valeurs de l'ETP mesurées et l'ETP calculées par les cinq formules

## 6. CONCLUSION

A fin de cette recherche nous a permis de constater que :

- L'écart de la courbe des valeurs ETP estimées avec la formule de l'ANRH est due à la dépendance de cette dernière à la température moyenne comme unique variable climatique, et comme mentionné précédemment, cette relation est utilisée en l'absence de données climatiques, ce qui la rend caractérisée par ces grandes différences avec le reste des relations.
- La formule de Thornthwaite sous-estime l'ETP par rapport aux autres formules.
- La formule de l'ANRH surestime l'ETP par rapport aux autres formules.
- Les valeurs de l'ETP convergent par rapport à la formule (ANRH) avec de l'ETP obtenue par les formules de Thornthwaite, de Turc et de Penman-Monteith ainsi que l'ETP mesurée par le Piche entre le mois de janvier et février, ainsi qu'entre Octobre, novembre et décembre, tandis que la différence s'approfondit entre le mois de mars à septembre, alors que l'écart enregistré au mois d'août s'est accru.
- Le mois de pointe est le mois de juillet pour les six formules qui présentent la même tendance d'évolution d'évapotranspiration.
- Pour la période du mars à août, ainsi que octobre, novembre et décembre, les valeurs données par la formule de Penman-Monteith (FAO) sont plus proches des valeurs de l'ETP mesurées que des valeurs données par les formules de Turc, Thornthwaite, ANRH, alors que la formule de Blaney-Criddle traduit bien l'évolution de l'ETP mesurée pour les mois de janvier et mars et septembre avec des résultats assez similaires.
- Pour tous les formules, la valeur minimale de l'ETP mesurée est enregistrée au mois de janvier, sauf celle de l'ANRH qui est marquée en décembre.
- Les valeurs de la formule de Penman-Monteith (FAO) semblent les plus proches des valeurs mesurées de l'ETP au cours de l'année.

#### **References bibliographiques:**

- [01] D Boutoutaou & Daddi, (2012), Détermination De L'évaporation Des Surfaces Des Plans D'eau Pour Les Conditions Climatiques De L'Algérie , Algerian journal of arid environment , vol. 2 n° 2, P 99.
- [02] Islem Hajji, (2020), Vers une meilleure modélisation de l'évapotranspiration (et) sous des conditions environnementales diversifiées , Université Laval , Québec, Canada , 89 p.
- [03] Mustapha MJEJRA, 2015, Etude De L'évapotranspiration Dans Le Bassin Versant De L'oued Mejerda (en Tunisie) : apport de la télédétection satellitaire et des Systèmes d'Information Géographique , Thèse Doctorat en Géographie, Université Rennes 2 , Tunisie, 299 p.
- [04] Khechana. S, (2014), Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien), Thèse de Doctorat en hydrogéologie. Université d'Annaba, 130 p.
- [05] OUDIN ,L. (2004) , recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global, Thèse de l'ENGREF, Sc eau, 477p