

# Comparaison instrumentale de la mesure des précipitations en climat méditerranéen semi-aride

Jean-Pierre BRUNEL (1)

## RÉSUMÉ

*La pluie est un élément important du cycle de l'eau mesuré à l'aide d'appareils très divers. A partir des données d'une station agrométéorologique du nord de la Tunisie (zone semi-aride), il est montré dans quelles proportions peuvent varier les précipitations mesurées par différents capteurs. L'influence du vent est mise en évidence dans l'écart observé entre pluie mesurée au sol et pluie mesurée au-dessus du sol.*

**MOTS-CLÉS :** Mesure de la pluie – Pluie au sol – Précision des mesures – Tunisie – Climat Méditerranéen semi-aride.

## ABSTRACT

**RAINFALL MEASUREMENT : INSTRUMENTAL COMPARISON IN A SEMI-ARID MEDITERRANEAN CLIMATE**

*Rainfall is a major component of the hydrological cycle but is measured with varying equipment. From the data of one agrometeorological station situated in the north of Tunisia it is shown how far the rainfall measurement can fluctuate according to the rain gauge which is used. The difference between rainfall measured at ground level and at standard height is explained by the wind speed effect.*

**KEY WORDS :** Rainfall measurement – Rainfall at ground level – Measurement accuracy – Tunisia – Semi-arid Mediterranean climate.

## 1. INTRODUCTION

« En l'an 24 du règne du roi SEJO, le roi fit construire un instrument pour mesurer la pluie. C'était un vase de bronze de 30 cm de profondeur et de 14 cm de diamètre posé sur un pilier. Chaque fois qu'il pleuvait, on mesurait la hauteur d'eau recueillie. Ces instruments furent distribués aux provinces et aux cantons et les résultats enregistrés à la cour du roi ». Cela se passait en l'an 1300, en Corée. En Europe, c'est à Benedetto Castelli, mathématicien et disciple de Galilée, né à Brescia en 1577 que l'on attribue l'invention et l'emploi du premier pluviomètre. Depuis, les appareils se sont diversifiés, leur forme a évolué mais il est toujours aussi difficile pour un hydrologue ou un agronome de connaître avec précision la quantité d'eau qui atteint réellement le sol en un endroit donné.

En dehors de son aspect purement scientifique la connaissance précise de la pluviométrie revêt une grande importance dans les pays arides où l'eau conditionne toute l'économie agricole et où la pluviométrie détermine les prévisions d'irrigation.

Parmi les facteurs qui ont une influence sur la quantité d'eau recueillie par un pluviomètre, certains sont inhérents à la forme, à la dimension de l'appareil, éventuellement à la matière même dont il est fait, d'autres sont liés à la situation de l'appareil dans son environnement immédiat, sa hauteur au-dessus du sol, sa disposition par rapport aux obstacles qui l'entourent. Enfin les conditions climatiques qui accompagnent une précipitation

---

(1) Chargé de Recherches ORSTOM – Centre de Recherches INRA d'Avignon, Domaine Saint-Paul, BP 91, 84140 Montfavet.

représentent également des facteurs susceptibles d'influencer la valeur de cette précipitation. C'est particulièrement le cas du vent ou plus précisément de l'association du vent et de la situation de l'appareil par rapport au sol.

Depuis fort longtemps les chercheurs se sont penchés sur le problème de la représentativité de la mesure de la pluie. W. HERBERDEN (1769) avait déjà observé que des réceptacles identiques placés à proximité les uns des autres mais à des hauteurs différentes ne donnaient pas les mêmes résultats. En 1861 W.S. JEVONS publie une note sur « La déficience de la pluie mesurée dans un pluviomètre placé en hauteur, en raison du vent ». Plus près de nous, L. PONCELET (1954) expose les résultats d'une étude comparative de la mesure des précipitations, mais l'étude la plus complète reste encore à notre connaissance celle de J.-C. RODDA (1967).

## 2. L'ÉQUIPEMENT DE MESURE DES PRÉCIPITATIONS

L'équipement de mesure des précipitations mis en place à la station du Mornag à une trentaine de kilomètres au S.O. de Tunis (36°31 N 10°18 E), en août 1980, permet en utilisant 5 années d'observations de disposer de résultats comparatifs sur les types d'appareils utilisés en regard des données qu'ils fournissent.

La station d'une superficie de 2 ha est située au milieu d'une zone de polyculture : fruitiers, céréales, vignes. L'environnement immédiat est constitué par des oliviers.

La station est divisée en 3 parcelles, l'une est plantée en gazon (1/2 ha), la seconde comporte un sol nu (1/2 ha) et la dernière supporte alternativement une jachère ou une culture céréalière (1 ha). Les appareils de mesure sont installés sur les deux premières parcelles (cf. fig. 1 et 2).

L'équipement de la station comporte ainsi sur une superficie de moins d'un hectare, 8 points de mesure des précipitations. Trois sont situés sur pelouse, cinq sur sol nu.

- sur pelouse : 1 pluviomètre standard (type « Association ») à 1 m du sol
- 2 pluviomètres standards avec rebord à 10 cm du sol placés dans la pelouse, (1) et (2)

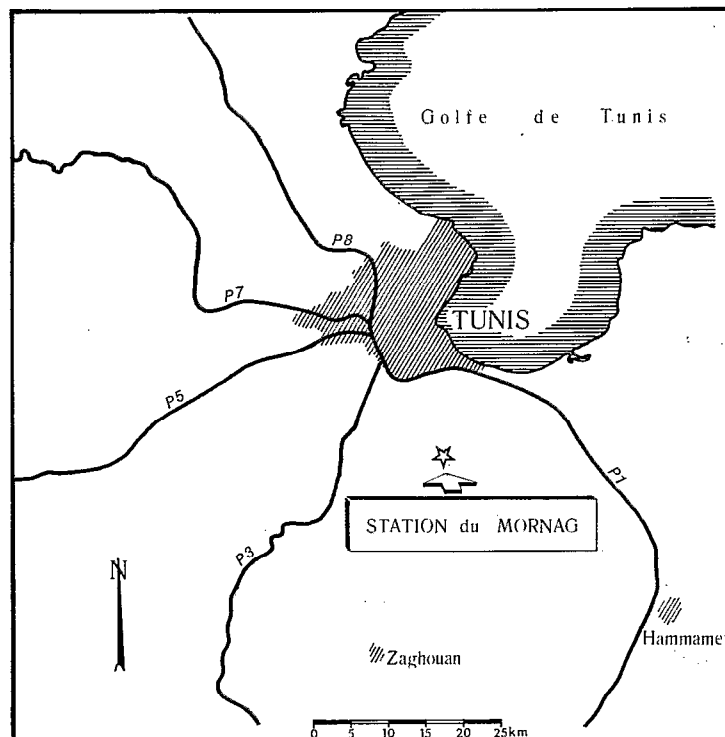


FIG. 1. - Situation de la Station MORNAG

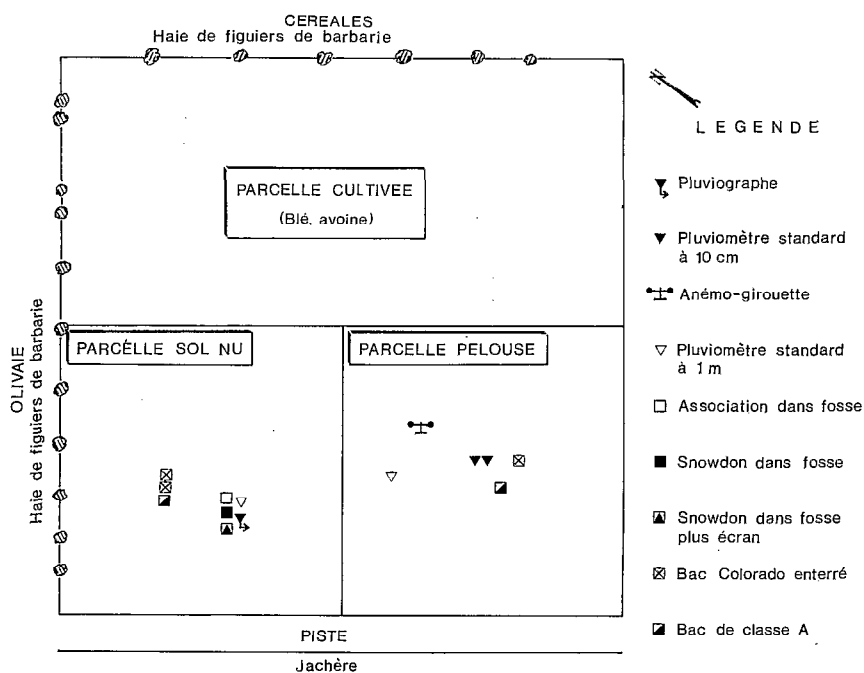


FIG. 2. - Plan schématique de la station du MORNAG

- sur sol nu : 1 pluviomètre standard à 1 m du sol
- 1 pluviomètre « international » placé dans une fosse au niveau du sol et entouré d'un écran maillé (pluviomètre de type SNOWDON)
- 1 pluviomètre standard placé dans une fosse protection anti-rebond avec rebord à 10 cm du sol
- 1 pluviomètre type SNOWDON placé dans les mêmes conditions que le précédent
- 1 pluviographe avec cône récepteur à 1 m du sol.

### 3. RÉSULTATS

Dans un premier temps nous nous sommes simplement attaché à mettre en évidence les différences inhérentes au type d'appareil ou à sa disposition. Pour cela nous avons utilisé toutes les données en notre possession, d'août 1980 à avril 1985, et nous n'avons considéré que les totaux pluviométriques cumulés. Nous avons également émis l'hypothèse qu'une classe de précipitations, celle des pluies inférieures ou égales à 10 mm, pouvait être plus « touchée » que les autres. Nous avons donc considéré, mais simplement sur la période janvier 1982-décembre 1984, les totaux pluviométriques cumulés correspondant à cette classe, pour chaque station. L'ensemble de ces résultats est regroupé dans le tableau I.

Dans un deuxième temps nous avons essayé de faire apparaître l'influence du vent, autrement dit de montrer si les écarts observés sur les totaux annuels cumulés provenaient essentiellement d'épisodes pluvieux accompagnés de vent important, l'influence de celui-ci étant caractérisée par sa vitesse moyenne en 24 h mesurée à 2 m au-dessus de la parcelle de gazon à l'aide d'un anémographe Lambrecht. Nous avons choisi pour cela d'utiliser les totaux cumulés pour l'ensemble des classes de précipitations supérieures à 30 mm. Ces fortes précipitations surtout liées au passage de dépressions méditerranéennes d'hiver ne représentent qu'une faible proportion de l'ensemble des

TABLEAU I

Totaux pluviométriques sur la période indiquée et correspondant à chaque situation (en mm)

TYPE DE PLUVIOMETRE	TOTAUX (80 - 85)	TOTAUX (82 - 84)	P ≤ 10mm (82-84)
1 m / Sol nu	2446	(1708)	660
1 m / Pelouse	2464	(1721)	657
1 m / Sol nu Pluviographe	2269	(1596)	598
(1) 10 cm / Pelouse	2431	(1700)	622
(2) 10 cm / Pelouse	2397	(1664)	619
Association/sol nu dans fosse	2471	(1724)	624
Snowdon / sol nu dans fosse	2624	(1829)	655
Snowdon / sol nu dans fosse + écran	2655	(1846)	669

TABLEAU II

Influence du vent, du type d'appareil et de sa situation sur les épisodes pluvieux &gt; 30 mm

Type de pluviomètre	Vent moyen (m/s)									TOTAL (en mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 m / (Sol nu) Standard	73,2	86,9	74,5	52,2	64,6	33,8	45,6	36,0	37,6	504,4
1 m / pelouse Standard	72,8	86,9	75,5	49,8	65,0	33,3	47,1	36,5	37,2	504,1
1 m / Sol nu Pluviographe	71,6	85,1	73,9	50,9	64,7	32,9	46,6	32,8	36,9	495,4
10 cm / Pelouse (1)	73,9	90,5	74,9	48,4	65,1	33,4	47,8	38,6	38,6	511,2
10 cm / Pelouse (2)	74,8	86,7	73,2	46,4	66,1	34,5	47,1	36,7	37,0	502,5
Association dans fosse cylindrique (sol nu)	81,8	89,5	80,4	51,4	73,3	37,6	45,8	34,5	37,7	532,0
Snowdon dans fosse cylindrique (sol nu)	87,2	92,8	84,9	58,1	78,6	41,0	54,0	36,3	38,2	571,1
Snowdon dans fosse rectangulaire avec écran	85,6	92,5	81,8	58,4	77,4	40,7	53,4	36,6	38,6	565,0

précipitations de la période 1982-84. Ces résultats figurent dans le tableau II (colonne total). Dans ce tableau sont également regroupés les totaux pluviométriques correspondant à chacun des 9 épisodes pluvieux utilisés.

Enfin, nous avons également envisagé le fait que les intensités pluviométriques pouvaient expliquer une partie de ces résultats, c'est l'objet du tableau IV.

#### 4. COMMENTAIRES

L'examen des tableaux I et II appelle les remarques suivantes :

Par rapport au pluviomètre standard, pour la catégorie des précipitations supérieures à 30 mm, on peut faire les constatations suivantes :

1. le type « Association » ou standard dont le rebord est à 10 cm au-dessus du sol, et placé dans une fosse de protection, fournit des valeurs environ 6 % plus élevées ;

2. le type « SNOWDON » avec rebord à 10 cm au-dessus du sol et placé dans une fosse de protection fournit des valeurs environ 13 % plus élevées ;

3. la comparaison entre le pluviomètre standard et celui de type « SNOWDON », placés tous les deux dans les mêmes conditions, (rebord à 10 cm au-dessus du sol et fosse de protection identique, cylindrique et sans écran) fait donc apparaître une différence d'environ 7 % en moyenne, uniquement inhérente au type de capteur semble-t-il.

Pour les précipitations inférieures ou égales à 10 mm (tableau I), on ne peut faire de différence entre les appareils standards à 1 m du sol et les appareils de type « SNOWDON ».

Pour cette classe de précipitation trois appareils donnent des résultats inférieurs sans que l'on puisse fournir d'explication : les deux pluviomètres standards placés dans la pelouse (rebord à 10 cm) ainsi que le pluviomètre standard placé dans des conditions identiques au SNOWDON sans écran.

Enfin, qu'il s'agisse de faibles pluies ou de précipitations importantes, les données fournies par le pluviographe sont systématiquement les plus faibles de la série d'appareils. En moyenne l'écart est supérieur à 9 %. Pour cet appareil les causes d'une sous-estimation de la pluviométrie sont plus simples à envisager. Pour les faibles précipitations la quantité qui demeure dans l'auge peut représenter lorsqu'elle est cumulée une part non négligeable de l'ensemble des pluies de la classe inférieure à 10 mm. Pour les fortes précipitations, en particulier celles accompagnées de vent, il a été montré (JONES 1969) que la forme correspondant à celle du pluviographe modifiait beaucoup plus le champ aérodynamique autour du capteur que celle correspondant au pluviomètre association à 1,50 m.

On doit rester prudent dans l'interprétation de ces observations.

Apparemment les appareils ne se comportent pas d'une manière homogène selon l'importance de l'épisode pluvieux. On peut penser que les événements pluvieux importants sont de type orageux ou dépressionnaire et que le vent y joue un rôle non négligeable. Dans le tableau III figurent les écarts positifs en % entre les quantités journalières de pluie (> 30 mm) mesurées au sol dans les pluviomètres SNOWDON et celles mesurées à 1 m dans les pluviomètres standards, ainsi que les vitesses moyennes de vent  $U$  sur 24 heures le même jour (les chiffres de la première ligne font référence aux dates des événements consignées dans le tableau 4).

A l'exception du cas n° 7, (pluie du 30/10/84), on constate effectivement une tendance à l'augmentation des écarts avec les vitesses de vent plus importantes.

Un autre facteur peut également être pris en considération : l'intensité pluviométrique.

TABLEAU III

AVERSE	7	9	8	3	2	4	5	6	1
$U$ (m/s)	0,3	1,4	2,0	2,2	2,8	3,3	3,9	4,9	5,1
%	15,3	2,7	0	11,6	6,7	14,3	20,3	21,8	18,4

Les épisodes pluvieux les plus importants déjà mentionnés sont récapitulés dans le tableau IV ci-après

TABLEAU IV

N°	Date	Durée	Total mm	Intensités maxi. (mm h <sup>-1</sup> )			
				5'	15'	30'	60'
1	15/16.01.82	11h	71,6	48	32	13	10
2	28.10.82	9h30'	85,1	36	24	20	15
3	11/12.11.82	10h	73,9	60	40	32	25
4	9.01.83	pas d'enre.	50,9				
5	19.10.83	incomplet	64,7				
6	7.11.83	4h	32,9	72	56	34	20
7	30.10.84	2h	46,6	96	84	66	35
8	30.12.84	3h + 3h	32,8	24	16	12	9
9	31.12.84	5h	36,9	24	12	10	9

Ainsi l'écart de plus de 15 % observé précédemment, événement n° 7, avec un vent très faible (0,3 m.s.<sup>-1</sup>), peut s'expliquer par les fortes intensités pluviométriques. Il en est de même pour l'événement 3 dont l'écart de 11 % est relativement fort pour une vitesse de vent de 2,2 m.s.<sup>-1</sup>.

Par contre pour les événements 8 et 9 les vitesses de vent sont peu importantes et les intensités pluviométriques faibles, les écarts entre les deux types de mesures sont négligeables. Il apparaît donc que les effets conjugués d'un fort vent, accompagné d'intensités pluviométriques élevées, peuvent conduire à une sous-estimation de la pluie de l'ordre de 30 % avec des appareils « aériens ».

Ceci corrobore tout à fait les constatations qui ont été faites sur le bassin de l'Oued Zita dans le sud tunisien, de même que les résultats obtenus lors des études sur la Mare d'Oursi au Burkina Faso de 1976 à 1981. D'autres données chiffrées concernant l'Afrique de l'Ouest figurent dans l'article de P. CHEVALLIER que le lecteur trouvera dans ce même numéro de la revue.

## 5. CONCLUSION

La quasi-totalité des réseaux pluviométriques nationaux est équipée d'appareils situés à une certaine hauteur au-dessus du sol (normalement à 1 mètre, suivant les normes OMM) ; les raisons en sont simples : facilité et moindre coût de l'installation, facilité de l'observation. Faut-il en conclure que depuis des décennies les précipitations mesurées à la surface du globe sont sous-estimées et cela pour des décennies encore ? C'est une hypothèse qu'il ne faut pas rejeter, d'autant plus que certaines études ont également montré que la quantité de pluie recueillie, rapportée évidemment à la même surface, augmentait avec la surface réceptrice de l'appareil, or celles de la plupart des capteurs utilisés excèdent rarement quelques centaines de cm<sup>2</sup>. Le problème est encore plus aigu pour les précipitations neigeuses.

Les corrections qu'il serait souhaitable d'apporter aux valeurs de précipitations mesurées au-dessus du sol sont difficiles à établir ; d'abord parce qu'il existe peu d'endroits où sont mesurés simultanément tous les paramètres permettant d'établir ces corrections et que de toute façon celles-ci ne pourraient pas être extrapolées à l'ensemble d'une région (c'est pour cette raison que les hydrologues admettent actuellement que la limite théorique du coefficient de ruissellement d'une crue en zone sahélienne est de 130 %, les valeurs de ce coefficient étant toujours calculées à partir du pluviomètre Association au-dessus du sol).

Les résultats dans ce domaine restent encore peu encourageants ou très limités : RODDA (1967), NEFF (1977) ; ALBERGEL et BERNARD (1982), CHEVALLIER *et al.* (1985).

Il est possible que l'apparition de nouvelles technologies (radar ou satellite) ouvre des perspectives intéressantes dans ce domaine mais le chemin semble encore long.

*Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 17.2.1987*

## BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL (J.), BERNARD (A.), 1982. - Observations climatologiques à la station de Jalafanka. ORSTOM, Ouagadougou.
- CHEVALLIER (P.) *et al.*, 1985. - Pluies et crues au Sahel. Hydrologie de la Mare d'Oursi (Burkina Faso) 1976-1981, *Travaux et Documents de l'ORSTOM* n° 190.
- DALTON (J.), 1802. - Experimental essays on the constitution of mixed gases. *Manchester Lit. Phil. Soc. Mem. Proc.* Vol. 5 556-602.
- HEBERDEN (W.), 1769. - « Of the different quantities of rain, which appear to fall at different height, over the same spot of ground » *Philosophical transactions*, 59, 359-362.
- JEVONS (W.S.), 1861. - On the deficiency of rain in an elevated rain gauge as caused by wind, London, Edimburg and Dublin. *Phil. Mag.* p. 421-433.
- JONES (D.M.A.), 1969. - Effect of housing shape on the catch of recording gages, *Mon. Wea. Rev.* 97, 8.
- NEFF (E.L.), 1977. - How much rain does a raingage gage ? *J. Hydrol.*, 35, 213-220.
- PONCELET (L.), 1954. - Comparaison de pluviomètres *AISH publ.* n° 36, p. 295-308.
- RODDA (J.C.), 1967. - The rainfall measurement problem. *AISH publ.* n° 78, p. 215-231.
- STOW (F.W.), 1871. - « Raingage experiments at Hawoker, near Whitby, Yorkshire, 1871 » *British rainfall*, p. 16-26, 1871.