



**HAL**  
open science

# LES PRECIPITATIONS A BEYROUTH ET LEURS RELATIONS AVEC LES TYPES DE CIRCULATION ATMOSPHERIQUE

Myriam Traboulsi, Tolika K., Anagnostopoulou C., Maheras P.

► **To cite this version:**

Myriam Traboulsi, Tolika K., Anagnostopoulou C., Maheras P.. LES PRECIPITATIONS A BEYROUTH ET LEURS RELATIONS AVEC LES TYPES DE CIRCULATION ATMOSPHERIQUE. Le Changement Climatique, la variabilité et les risques climatiques. Climatic Change, Variability and Climatic Risks, Université Aristote de Thessalonique, May 2019, Thessalonique, Greece. hal-04878144

**HAL Id: hal-04878144**

**<https://hal.science/hal-04878144v1>**

Submitted on 18 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LES PRÉCIPITATIONS A BEYROUTH ET LEURS RELATIONS AVEC LES TYPES DE CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE

TRABOULSI M.<sup>(1,2)</sup>, TOLIKA K.<sup>(3)</sup>, ANAGNOSTOPOULOU C.<sup>(3)</sup>, et MAHERAS P.<sup>(3)</sup>

<sup>1</sup> Université Libanaise, Faculté des Lettres, Corniche Mazraa, Beyrouth Liban

<sup>2</sup> Archéorient UMR 5133. Maison de l'Orient et de la Méditerranée CNRS-Université Lyon 2. 7, rue Raulin, 69007 Lyon. [traboulsim@yahoo.fr](mailto:traboulsim@yahoo.fr)

<sup>3</sup> Département de Météorologie et Climatologie. Aristote Université de Thessaloniki, 54124 Grèce

**Résumé :** Ce travail propose l'analyse des relations entre les précipitations à Beyrouth et les types de circulation au niveau de 500 hPa pour la période 1958-59/2015-16. L'analyse des tendances montre que les précipitations annuelles et saisonnières moyennes présentent des tendances négatives (positive en automne), qui ne sont cependant significatives statistiquement qu'au printemps. Afin de comprendre ce phénomène, nous avons étudié les tendances des précipitations en relation avec les types de circulation atmosphérique. Il en résulte que les tendances des hauteurs de précipitations correspondant à des types de circulation à caractère très pluvieux – C, Csw, Cne – sont négatives pour les deux premiers et significatives particulièrement au printemps, alors que pour le troisième type, la tendance est positive (négative seulement en hiver) mais non significative.

**Mots-clés :** Types de circulation, Tendance, Précipitations, Beyrouth-AIB, Liban.

**Abstract:** This work proposes the analysis of the relations between precipitation in Beirut and the circulation types at the level of 500 hPa for the period 1958-59 / 2015-16. Trend analysis shows that mean annual and seasonal precipitation show negative trends (positive in the fall), but are only statistically significant in the spring. In order to understand this phenomenon, we studied precipitation trends in relation to the types of circulation. It is inferred that the precipitation height trends of the highly rainy types (C, Csw, Cne) are negative for the first two and significant especially in the spring, while for the third type, this trend is positive (negative) only in winter but not significant.

**Keywords:** Types of circulation, Trend, Precipitation, Beirut-AIB, Lebanon.

## Introduction

Le Liban, de par sa situation géographique, sur la côte est de la Méditerranée orientale (figure 1), est caractérisé par un climat méditerranéen à sécheresse estivale marquée. L'année est divisée en deux saisons : la saison pluvieuse s'étend d'octobre à mai et la saison sèche de juin à septembre. Les intersaisons sont réduites à portion congrue. Les précipitations sont concentrées sur l'hiver (décembre, janvier et février) représentant autour de 60 % du total annuel moyen et dotées d'un seul maximum situé généralement en décembre ou en janvier. La répartition spatiale des précipitations est déterminée en grande partie par le relief. Les régions littorales enregistrent une moyenne annuelle variant entre 700 mm (au sud) et 800 mm ; alors que ce total dépasse 1800 mm sur les crêtes de la chaîne du Mont Liban. Une fois cette barrière montagneuse (culminant à 3088 m au Qornet es-Saouda) franchie, la pluviosité diminue par effet de continentalité et d'abri. Elle varie entre 200 mm dans le nord de la vallée de la Békaa et 700 mm voire plus dans le sud de cette plaine, moins bien protégée par le massif (figure 1). Sur les montagnes, les précipitations tombent en grande partie sous forme de neige, mais cette dernière tendrait à diminuer en quantité (Chabaan *et al.*, 2011), ce constat étant confirmé par les observations de la population. La tendance significative à la hausse de la température au Liban, comme dans l'ensemble de la région proche orientale (Traboulsi, 2014a et b), corrobore ce constat. En effet, les chutes de neige sont liées à l'arrivée de masses d'air froid au-dessus de la Méditerranée (mer chaude), provoquant un fort gradient thermique vertical et une forte instabilité par la suite. La confirmation de cette hypothèse nous amène à étudier les types de circulation atmosphérique au Liban ainsi que les précipitations qui leur sont associées afin de voir les conséquences du réchauffement climatique dans la région.

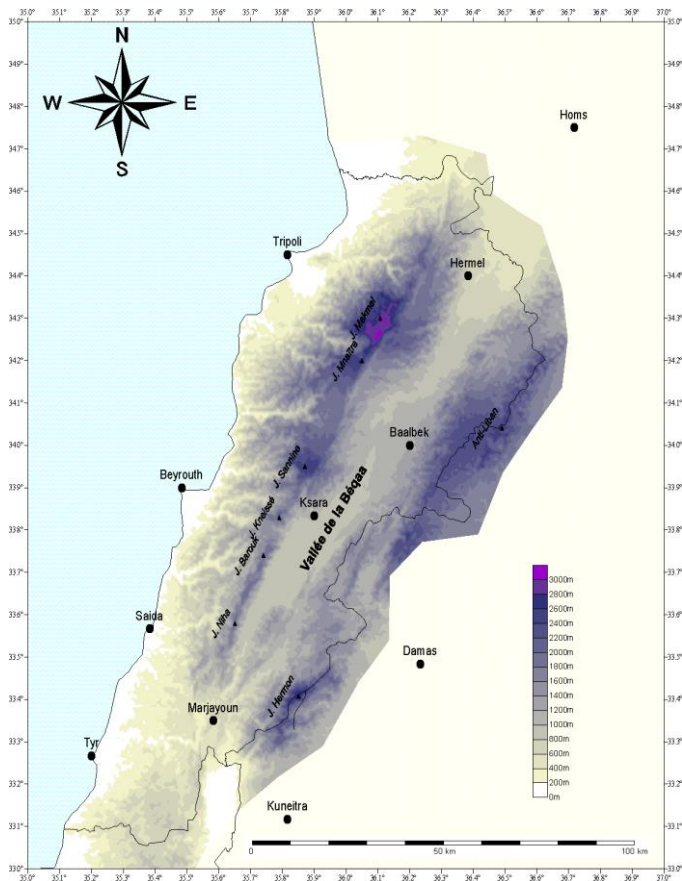


Figure 1 : Le Liban, modèle numérique de terrain (d'après Deparaetere, 1998).

## 1. Données et méthodes

Cette étude se base sur les données pluviométriques quotidiennes de la station de Beyrouth-AIB (Aéroport International) pour la période 1958-59/2015-16, années pour lesquelles nous avons calculé le nombre de jours des précipitations ( $j \geq 0,1$  mm) et les hauteurs des précipitations saisonnières et annuelles. Pour l'étude des types de circulation atmosphérique, nous avons utilisé la méthode de classification automatique des types de circulation développée par Anagnostopoulou *et al.*, (2009) applicable partout dans le monde. Elle se base sur le calcul des anomalies des géopotentiels à 500 hPa sur des points de grille  $2,5^\circ$  (Kalnay *et al.*, 1996). Ces données sont sélectionnées sur une fenêtre large s'étendant de  $20^\circ\text{N}$  à  $60^\circ\text{N}$  en latitude et de  $10^\circ\text{W}$  à  $65^\circ\text{E}$  en longitude avec un point central dont les coordonnées sont  $35^\circ$  de latitude N et  $35^\circ$  de longitude E.

A partir du calendrier journalier des types de circulation obtenu, nous avons calculé les fréquences saisonnières des types de circulation (cycloniques et anticycloniques) ainsi que leurs tendances. Afin d'étudier le lien entre les précipitations et les types de circulation, nous avons calculé les pourcentages saisonniers des précipitations par type de circulation (afin de déceler les types les plus pluvieux). Les tendances des précipitations saisonnières et annuelles, ainsi que celles de leurs fréquences, sont aussi étudiées. Ces tendances linéaires sont testées significatives au seuil de 5 % selon le test Mann Kendall (Sneyers, 1990).

## 2. Précipitations annuelles et saisonnières

La station de Beyrouth reçoit une moyenne annuelle de 762 mm avec un maximum hivernal (60 % des précipitations tombent en hiver : décembre, janvier et février). Les mois d'automne et de printemps enregistrent respectivement 21 et 20 % du total annuel. Les pluies d'été sont

insignifiantes (figure 2), la région étant alors sous l'influence des hautes pressions subtropicales présentes en altitude.

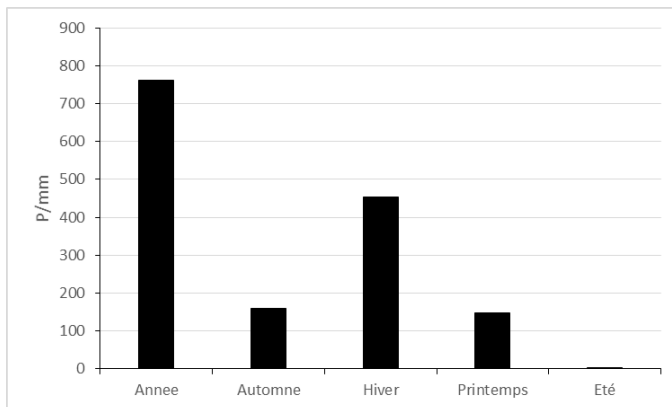


Figure 2 : Hauteurs moyennes des précipitations annuelles et saisonnières à Beyrouth-AIB pour la période 1958-59/2015-2016.

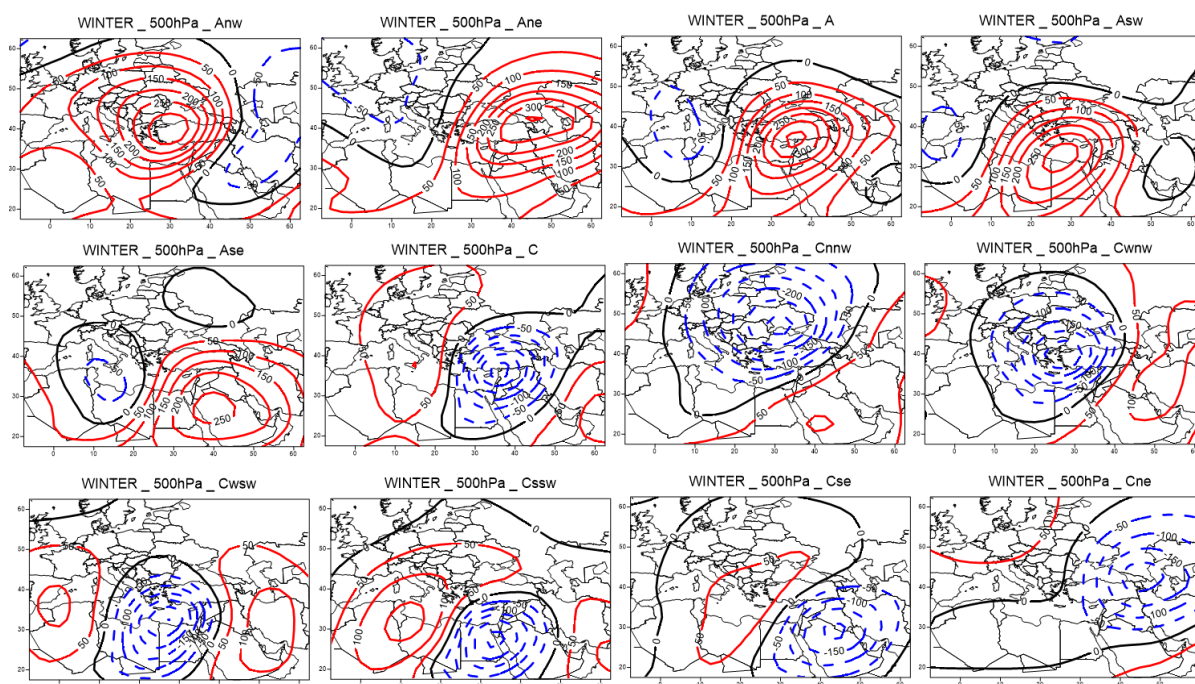
Les précipitations tombent en un petit nombre de jours (77 jours en moyenne), avec un maximum en hiver. Les hauteurs des précipitations présentent une tendance à la baisse à l'échelle annuelle et durant les saisons d'hiver et de printemps, mais elle n'est significative que durant cette dernière saison. La tendance est négative pour le nombre de jours de précipitations, que ce soit à l'échelle annuelle ou saisonnière, mais elle n'est significative qu'en hiver.

**Tableau 1** : Tendances des hauteurs et du nombre de jours de précipitations à Beyrouth-AIB (1958-59/2015-2016). Les tendances significatives au seuil de 5 % selon le test Mann Kendall sont marquées par une étoile (les pluies d'été sont insignifiantes).

	Automne	Hiver	Printemps	Été	Année
Hauteur des précipitations	+	-	_*	_*	-
Nombre de jours	-	_*	-	_*	-

### 3. Les types de circulation atmosphérique en hiver

La classification comprend 5 types anticycloniques et 7 cycloniques (figure 3). La distinction des types se fait principalement selon la position du centre des anomalies positives (types anticycloniques) ou des anomalies négatives (types cycloniques) des géopotentiels au niveau de 500hPa. Une telle classification est valable si chaque type correspond à un géopotential caractéristique visuellement distinct des autres et s'il produit le flux d'altitude et le temps que l'on attend. Afin de la vérifier, nous avons construit des cartes moyennes saisonnières, dites composites, des « anomalies » des 12 types de circulation retenus (figure 3). Pour toutes les saisons et tous les types, on a appliqué le « t-test » aux valeurs maximales, positives ou négatives des anomalies. Il en ressort que tous les champs des anomalies sont significatifs au seuil de  $P \geq 0.05$ . La comparaison des composites fait apparaître les champs anticycloniques et cycloniques comme des images inversées.



**Figure 3** : Les anomalies moyennes des types de circulation pour l'hiver : anticycloniques (a) et cycloniques (c). Couleur rouge, anomalies positives, couleur bleue, anomalies négatives.

Le calcul des fréquences relatives annuelles moyennes (tableau 2) montre que les types anticycloniques représentent 53,8 % du total des jours pour la période étudiée alors que les types cycloniques n'entrent que pour 46,2 %. Parmi les types cycloniques, le type C est le plus fréquent à l'échelle annuelle (10,6 %) suivi par le type Cne (10,3 %). A l'échelle saisonnière ce dernier enregistre la plus grande fréquence en automne (8,8 %), en hiver (14,8 %) et au printemps (13,3 %), le type C en automne et en été (9,0 %).

**Tableau 2** : Fréquences saisonnières et annuelles des types de circulation à Beyrouth-AIB (1958-59 /2015-2016).

	Anw	Ane	A	Asw	Ase	C	Cnnw	Cwnw	Csw	Csw	Cse	Cne
Automne	15,9	11,2	8,1	16,2	7,4	8,7	3,1	7,8	6,8	1,6	4,4	8,8
Hiver	6,0	8,5	13,2	10,9	2,2	12,2	2,4	6,9	13,7	2,5	6,7	14,8
Printemps	8,3	7,2	11,8	12,5	3,5	12,4	3,5	5,1	11,6	3,1	7,6	13,3
Été	17,1	11,4	12,9	16,5	14,4	9,0	1,2	4,9	5,5	0,9	2,1	4,4
Année	11,8	9,6	11,5	14,0	6,9	10,6	2,6	6,2	9,4	2,0	5,2	10,3

Les types anticycloniques affichent une tendance à la hausse significative au seuil de 5 %, selon le test Mann Kendall, aux échelles saisonnières et annuelle. Par contre, les types cycloniques affichent une tendance négative significative pour les mêmes échelles temporelles

#### 4. Relations entre les types de circulation atmosphérique et les précipitations

Les types anticycloniques s'expriment par une stabilité atmosphérique donc par l'absence de précipitations. En effet, ces types n'engendrent que 6,1 % des précipitations totales alors que les types cycloniques représentent 93,9 % des hauteurs totales (tableau 3), ce qui est conforme à la circulation atmosphérique régionale au-dessus de la Méditerranée orientale. A l'échelle annuelle, c'est le type C qui enregistre le plus fort pourcentage de précipitations (37,7 %) suivi par le type Csw (20,1 %) et le type Cne (12,3 %). A l'échelle saisonnière, la dominance du type C durant toutes les saisons est la règle. Le type Csw vient en deuxième rang en hiver et le type Cne en troisième rang. Ce résultat corrobore les travaux de Tolika *et al.* (2007).

L'examen des tendances du nombre de jours des précipitations par type de circulation (tableau 4) révèle qu'elles sont positives pour tous les types anticycloniques à l'échelle annuelle

et saisonnière, mais elles ne sont significatives qu'à l'échelle annuelle (excepté le type Ase). Concernant les types cycloniques, ces tendances sont négatives et significatives à l'échelle annuelle (excepté le type Cne où la tendance est à la hausse mais non significative. A l'échelle saisonnière, la tendance varie d'un type à l'autre. Les 5 types, Cnnw, Cwnw, Csw, Csw et Cse, affichent une tendance significative à la baisse durant les saisons d'automne, d'hiver et au printemps pour les deux types de Csw et Csw. Cette tendance est positive mais non significative pour le type Cnnw alors que le type Cse n'affiche aucune tendance. Le type C présente une tendance significative à la baisse en hiver et au printemps et à la hausse mais non significative en automne. Enfin le type Cne affiche une tendance significative à la baisse en automne, alors qu'il est marqué par une tendance à la hausse en hiver et à la baisse au printemps mais non significative dans les deux cas (tableau 4).

**Tableau 3 :** Pourcentages des précipitations par type de circulation, en moyenne, à Beyrouth-AIB (1958-59/2015-2016).

	Anw	Ane	A	Asw	Ase	C	Cnnw	Cwnw	Csw	Csw	Csw	Cse	Cne
Année	1,2	1,1	0,5	2,6	0,7	37,7	3,1	9,6	20,1	3,4	7,7	12,3	
Automne	2,3	1,3	0,1	2,1	1,4	39,5	4,2	18,3	16,3	2,2	4,9	7,5	
Hiver	1,1	1,2	0,6	3,2	0,3	36,8	3,0	8,6	20,5	2,8	6,7	15,0	
Printemps	0,3	0,4	0,1	1,6	0,8	38,4	2,1	3,0	23,5	6,6	14,0	9,2	
Été	8,3	7,7	3,5	4,3	13,2	39,2	1,8	8,9	5,8	0,8	0,8	5,7	

**Tableau 4 :** Tendances du nombre de jours de précipitations par type de circulation à Beyrouth-AIB (1958-59/2015-2016) (même légende que pour le tableau 1).

	Anw	Ane	A	Asw	Ase	C	Cnnw	Cwnw	Csw	Csw	Cse	Cne
Année	+*	+*	+*	+*	+	-*	-*	-*	-*	-*	-*	+
Automne	+	+	+	+	+	+	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Hiver	+	+	+	+	+	-*	-*	-*	-*	-*	-*	+
Printemps	+	+	+	+	+	-*	+	ss	-*	-*	+	-
Été	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+

Les tendances des hauteurs des précipitations par type de circulation cyclonique sont de même signe que celles du nombre de jours à l'échelle annuelle, mais elles ne sont significatives que pour les deux types Cwnw et Csw. A l'échelle saisonnière, la tendance à la baisse est la même que celle du nombre de jours en automne et en hiver pour les 4 types Cnnw, Cwnw, Csw, Csw, mais elle n'est pas significative en automne pour le type Cwnw. Au printemps, le type Cnnw affiche une tendance à la hausse non significative, alors que les trois autres affichent une tendance significative à la baisse (et non significative pour le type Cse). Les types C et Cne ont la même tendance que celle du nombre de jours mais la tendance à la baisse est significative seulement au printemps pour les types C, Csw et Csw. Enfin, les tendances des hauteurs des précipitations (à la hausse en automne et à la baisse en hiver et au printemps) pour le type Cse ne sont pas significatives (tableau 5).

**Tableau 5 :** Tendances des hauteurs des précipitations par type de circulation à Beyrouth-AIB (1958-59 /2015-2016) (même légende que pour le tableau 1).

	Anw	Ane	A	Asw	Ase	C	Cnnw	Cwnw	Csw	Csw	Cse	Cne
Année	+*	+*	+*	+*	+	-	-	-*	-*	-	-	+
Automne	+	+	+	+	+	+	-*	-	-*	-*	+	+
Hiver	+	+	+*	+*	+	-	-*	-*	-*	-*	-	-
Printemps	+	+	+	+	+	-*	+	-*	-*	-	-	+
Été	+	+	+	+	+	-*	ss	ss	-	+	+	+



## Discussion et conclusion

Les tendances des précipitations annuelles et saisonnières à Beyrouth sont négatives excepté celles de l'automne qui sont positives, mais ces tendances apparaissent significatives uniquement au printemps. Les tendances des jours de pluie sont elles aussi partout négatives mais significatives uniquement en hiver. Ces résultats se traduisent probablement par une hausse de l'intensité moyenne des précipitations en hiver et au contraire par une baisse de cette intensité au printemps.

A l'échelle annuelle, les fréquences des types anticycloniques sont égales à 53,8 % marquées par des tendances positives significatives. De même les tendances positives des fréquences anticycloniques saisonnières apparaissent partout significatives. Les fréquences des types (46,2 %) cycloniques, sont au contraire, marquées par des tendances négatives significatives.

La pluviosité des types cycloniques est très élevée, avec un pourcentage (93,9 %) qui est parmi les plus élevés en Méditerranée (Tolika *et al.*, 2007). Le caractère pluviogène élevé d'un certain nombre de types de circulation (C, Cwnw, Csw) ainsi que les tendances négatives des précipitations qu'ils engendrent sont en relation avec les tendances négatives significatives des fréquences de ces types. Ceci peut expliquer tant la réduction des précipitations annuelles et hivernales non significatives que celles des pluies du printemps significatives. Au contraire, la hausse non significative des pluies de l'automne semble être en liaison avec la hausse également non significative des précipitations de cette saison des types C, Cse, et Cne.

En tout cas l'analyse des relations entre la circulation atmosphérique et les précipitations n'explique qu'en partie le phénomène de la baisse des pluies à Beyrouth. Nous cherchons actuellement d'autres sources de données et des documents qui nous permettraient de proposer des explications plus complètes, qui concerneraient non seulement les pluies moyennes mais aussi les pluies extrêmes au Liban.

## Bibliographie

- Anagnostopoulou C., Tolika K., & Maheras P., 2009. Classification of circulation types: a new flexible automated approach applicable to NCEP and GCM datasets. *Theoretical and Applied Climatology*, 96, 3-15.
- Chaaban A., 2011. Analyzing Climatic and Hydrologic Trend in Lebanon. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5 (2011) 483-492.
- Depraetere C., 1998 : Nova Totius Terrarum. *Logiciel de traitement du Modèle Numérique du Terrain mondial*, I.R.D., Montpellier.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chellia M., Ebusuzaki W., Janowiak J., Mo K., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R. and Joseph D., 1996: The NCEP-NCAR 40-years Reanalyses Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 77, 437-471.
- Tolika K., Anagnostopoulou C., Maheras P. et Kutiel H., 2007. Extreme precipitation related to circulation types for four case studies over the Eastern Mediterranean. *Advances in Geosciences*, 12, 87-93.
- Traboulsi M., 2014. Le réchauffement climatique au Proche-Orient : une évolution inquiétante ?, *ArchéOrient-Le Blog* (Hypotheses.org), 21 novembre 2014. [En ligne] <http://archeorient.hypotheses.org/3411>
- Sneyers R. 1990. *On the statistical analysis of series of observation*. WMO, Technical Note n°143, Genève.