



HAL
open science

LES PRECIPITATIONS EXTREMES 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 EXTREMES A BEYROUTH ET LEURS RELATIONS AVEC LES TYPES DE CIRCULATION ATMOSPHERIQUE. CHANGEMENT CLIMATIQUE ET TERRITOIRES, Université Rennes 2, LETG-Rennes UMR 6554 CNRS, Jul 2020, Rennes, France. <hal-04878134>

HAL Id: hal-04878134

<https://hal.science/hal-04878134v1>

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.



HAL Authorization

LES PRÉCIPITATIONS EXTREMES A BEYROUTH ET LEURS RELATIONS AVEC LES TYPES DE CIRCULATION ATMOSPHERIQUE

TRABOULSI M. ^(1, 2), KONSTADIA T. ⁽³⁾, ANAGNOSTOPOULOU C. ⁽³⁾,
MAHERAS P. ⁽³⁾, et MACHERA F. ⁽⁴⁾.

¹ Université Libanaise, Faculté des Lettres, Corniche Mazraa, Beyrouth Liban

² Archéorient, UMR 5133. Maison de l'Orient et de la Méditerranée, CNRS-Université Lyon 2. 7, rue Raulin, 69007 Lyon. traboulsim@yahoo.fr

³ Département de Météorologie et Climatologie. Aristote Université de Thessaloniki, 54124 Grèce

⁴ Département des Mathématiques, Aristote Université de Thessaloniki, 54124 Grèce

Résumé : Ce travail propose l'analyse des relations entre les précipitations extrêmes à Beyrouth et les types de circulation atmosphérique au niveau de 500 hPa pour la période 1958-59/2015-16. L'analyse des tendances des précipitations extrêmes ($\geq 95^e$ et $\geq 99^e$ centiles, fréquences et hauteurs) montre qu'il y a une baisse, quelques fois significative, de ces dernières à l'échelle annuelle. Les précipitations extrêmes apparaissent fréquemment lors des trois types de circulation C, Cwsw et Cwnw. Enfin la construction des composites des situations synoptiques responsables des précipitations extrêmes ainsi que l'analyse dynamique de ces situations permettent d'expliquer une partie de leurs caractéristiques majeures.

Mots clés : Beyrouth-AIB, Liban ; Précipitations extrêmes ; Types de circulation ; Tendances.

Summary: This work provides an analysis of the relationships between extreme precipitation in Beirut and circulation types at the level of 500 hPa for the period 1958-59/2015-16. The analysis of extreme precipitation trends ($\geq 95^{\text{th}}$ and $\geq 99^{\text{th}}$ percentiles, frequencies and heights) shows that there is a somewhat significant decline in annual rates. Thus, extreme precipitation frequently occurs in all three types circulation of C, Cwsw, and Cwnw. Finally, the construction of synoptic composites responsible for extreme precipitation and the dynamic analysis of these situations explain some of their important characteristics.

Keywords: Beirut-AIB, Lebanon; Types of circulation; Extreme precipitations, Trends.

Introduction

Le Liban est un pays relativement bien arrosé en comparaison avec ses pays voisins. La forte pluviométrie de la frange littorale (700-900 mm/an) fait ressortir l'importance de la barrière montagneuse ; elle jouit d'un climat franchement méditerranéen à deux saisons. Les trois mois d'hiver (décembre, janvier et février voient tomber plus de 60 % du total annuel avec des précipitations exceptionnelles dépassant de loin la moyenne annuelle comme ce fut le cas de deux mois – décembre 1968 et janvier 1969 – qui ont vu s'abattre sur Beyrouth 1104,8 mm (dont 687,3 mm durant le seul mois de janvier) alors que cette quantité pour une année « normale » était de 895,6 mm (Beyrouth-AUB)¹ (Blanchet, 1972). Cet exemple n'est pas unique, même s'il est le plus mémorable et a fait subir à la ville de Beyrouth comme à la plupart des régions libanaises des dégâts matériels importants liés à ces phénomènes extrêmes. Dans le contexte de changement climatique qui induit des modifications dans la circulation atmosphérique régionale (Traboulsi, 2014), il serait intéressant d'étudier les pluies extrêmes ainsi que sur les types de circulation associés qui permettraient d'expliquer la diminution significative des pluies.

¹ American University of Beirut.

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 retenu et calculé, pour les précipitations supérieures ou égales à 0,1 mm, les paramètres suivants : la hauteur journalière des 95^e et 99^e centiles, le nombre de jours de précipitations supérieures aux 95^e et 99^e centiles, les lames d'eau moyennes des 95^e et 99^e centiles, le maximum de précipitations journalières et enfin, le rapport de ce maximum sur les deux centiles.

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). Cette méthode a été appliquée sur une fenêtre s'étendant de 20°N à 60°N en latitude et de 10°W à 65°E en longitude avec un point central dont les coordonnées sont 35° de latitude N et 35° de longitude E.

A partir du calendrier journalier des types de circulation obtenu, nous avons calculé les fréquences des types de circulation (cycloniques et anticycloniques) ainsi que leurs tendances linéaires, testées significatives au seuil de 5 % selon le test Mann Kendall (Sneyers, 1990). Afin d'étudier le lien entre les précipitations extrêmes et les types de circulation, nous avons calculé les paramètres cités plus haut pour les types de circulation les plus fréquents responsables de ces valeurs.

2. Résultats

L'étude qui a été faite sur les précipitations à Beyrouth et leurs relations avec les types de circulation atmosphérique pour la période 1958-59/2015-16 (Traboulsi *et al.*, 2019) a montré que les tendances des précipitations annuelles et saisonnières sont négatives, excepté celles de l'automne qui sont positives, mais ces tendances apparaissent significatives uniquement au printemps. Celles des jours de pluie sont elles aussi partout négatives mais significatives uniquement en hiver. Le caractère pluviogène élevé d'un certain nombre de types de circulation (C, Cwnw et Csw) ainsi que les tendances négatives des précipitations qu'ils engendrent sont en relation avec les tendances négatives significatives des fréquences de ces types. Cette relation n'explique qu'en partie le phénomène de la baisse des pluies à Beyrouth : l'examen des pluies extrêmes permet de mieux la comprendre.

2.1. Les pluies extrêmes

Les valeurs extrêmes des précipitations journalières de deux centiles ($\geq 95^e$ et $\geq 99^e$) sont relativement élevées, comme dans toutes les régions méditerranéennes, respectivement de 14,6 et 36,6 mm (tableau 1), et reflètent le caractère des pluies méditerranéennes qui sont généralement intenses (Tolika *et al.* 2007) et tombent en un petit nombre de jours. Les valeurs maximales dépassent les 100 mm (138,9 mm), alors que le rapport des précipitations journalières maximales sur les X^e centiles est élevé, 3,9 pour le 99^e centile. Le nombre moyen annuel des jours des deux centiles est relativement élevé ; il est de 18,5 jours pour le 95^e centile et 3,7 jours pour le 99^e centile.

Tableau 1 : Les caractéristiques des pluies extrêmes à Beyrouth-AIB (1958-59 /2015-2016).

Station	X ^e centile		Nombre de jours moyen avec précipitations \geq X ^e centile		Maximum des précipitations journalières (en mm)	Rapport entre le max. de précipitations journalières et le X ^e centile	
	95 ^e	99 ^e	95 ^e	99 ^e		95 ^e	99 ^e
Beyrouth_AIB	14,6	36,2	18,5	3,7	138,9	9,5	3,9

Les totaux des précipitations extrêmes annuelles ainsi que leurs fréquences présentent des tendances négatives mais elles ne sont significatives que pour ces dernières et pour les deux centiles (≥ 95 et ≥ 99) (tableau 2).

Tableau 2 : Tendances des précipitations extrêmes (fréquences et hauteurs annuelles pour les deux centiles (≥ 95 et ≥ 99) à Beyrouth-AIB (1958-59/2015-2016) Les tendances significatives au seuil de 5 % selon le test Mann Kendall sont marquées par une étoile.

Station	≥ 95		≥ 99	
	Nombre de jours	Totaux annuels	Nombre de jours	Totaux annuels
Beyrouth-AIB	.*	-	.*	-

L'examen des tendances saisonnières de deux centiles (≥ 95 et ≥ 99) (tableau 3) montre que les hauteurs des précipitations comme leurs fréquences présentent une tendance à la baisse au printemps et en hiver, mais elles ne sont significatives que pour les deux paramètres au printemps alors qu'en hiver la tendance est significative seulement pour le nombre de jours du 95^e centile. En automne, le nombre de jours des précipitations du 95^e centile présente une tendance négative alors que cette tendance est positive pour les hauteurs des précipitations des deux centiles ainsi que pour le nombre de jours du 99^e centile. Mais cette tendance n'est pas significative pour cette saison dans tous les cas de figures.

Tableau 3 : Tendances des précipitations extrêmes (fréquences et hauteurs saisonnières pour les deux centiles (≥ 95 et ≥ 99) à Beyrouth-AIB (1958-59/2015-2016). Même légende que le tableau 2.

Saisons	≥ 95		≥ 99	
	Nombre de jours	Totaux	Nombre de jours	Totaux
Printemps	.*	.*	.*	.*
Hiver	-	-	.*	-
Automne	-	+	+	+

3. Relation entre les précipitations extrêmes et les types de circulation

L'étude de la relation entre les précipitations et les types de circulation atmosphérique montre que les précipitations extrêmes apparaissent de préférence (tableau 4) avec les types C et C_{sw}. Les types C cumulent le plus grand pourcentage des jours des pluies extrêmes (42,6 % pour le 95^e centile et 50,2 % pour le 99^e centile). Le type C_{sw} vient en deuxième rang avec des pourcentages de 21,3 et de 21,6 %. Les pourcentages des hauteurs des précipitations sont presque équivalents aux fréquences : ils sont de 45 et 50,4 % pour le type C, et de 21,5 et 21,9 % pour le type C_{sw}. Des précipitations extrêmes apparaissent aussi lors des types C_{nw} et C_{ne}, mais avec une fréquence et des hauteurs plus faibles que dans les deux premiers cas. Le type C_{ne} vient en troisième position pour le nombre de jours et les hauteurs des précipitations pour le 95^e centile (respectivement 11,7 et 10,3 %) et en 4^e position pour le 99^e centile (7,0 % pour les deux paramètres). Le type C_{nw} vient en 4^e position pour le 95^e centile (10,9 et 10,2 %) et en 3^e position pour le 99^e centile (9,9 et 9,4 %) (tableau 4).

Tableau 4 : Analyse statistique des types de circulation engendrant des précipitations extrêmes (fréquences et hauteurs) pour les deux centiles (≥ 95 et ≥ 99) à Beyrouth-IB (1958-59/2015-2016).

N°	Type	Centiles	Nombre de cas avec précipitations $\geq X^e$ centile	Fréquences (en %) des types de circulation	Pourcentages des précipitations par type de circulation	Rapport de max. journ./ X^e centile
6	C	95 ^e	437	42,6	45,0	9,5
		99 ^e	107	50,2	50,4	3,8
7	Cnnw	95 ^e	35	3,4	3,3	5,4
		99 ^e	6	2,8	2,8	2,2
8	Cwnw	95 ^e	108	10,5	10,2	5,3
		99 ^e	21	9,9	9,4	2,1
9	Csw	95 ^e	219	21,3	21,5	9,5
		99 ^e	46	21,6	21,9	3,8
10	Csw	95 ^e	33	3,2	3,1	4,3
		99 ^e	7	3,3	3,1	1,7
11	Cse	95 ^e	75	7,3	6,7	5,4
		99 ^e	11	5,2	5,3	2,2
12	Cne	95 ^e	120	11,7	10,3	5,8
		99 ^e	15	7,0	7,0	2,3

4. Analyse dynamique des champs des géopotentiels des types de circulation responsables des précipitations extrêmes

Pour ce faire, nous avons calculé et construit les cartes moyennes dites composites pour tous les types de circulation responsables des précipitations extrêmes mais nous ne présentons ici que les types les plus fréquents (C, Csw) ainsi que les composites résultant de la différence entre les deux champs d'anomalies précédentes : champ moyen du type des cas des précipitations extrêmes et champ général moyen du même type. Les figures 1 et 2 illustrent les résultats.

Le premier cas se réfère au 95^e centile pour le type C. L'examen de la composite montre qu'une vaste zone d'anomalies négatives, dont le centre se trouve sur le NW du Liban, occupe toute la Méditerranée orientale et s'étend vers le NE en direction de la Russie (figure 1a). La composite illustrant les différences est très intéressante (figure 1c). Une vaste zone d'anomalies négatives occupe toute l'Europe, la Méditerranée ainsi que le Moyen-Orient, mais les anomalies négatives les plus fortes sont centrées au-dessus du Liban.

Le second cas concerne le même type de circulation (C) mais pour le 99^e centile (figure 1b,d). L'image fournie par les composites ne diffère pas beaucoup par rapport au cas précédent, excepté les plus fortes anomalies observées ici et centrées au-dessus du Liban.

La figure 2 concerne le type Csw pour les deux centiles 95^e (a,c) et 99^e (b,d). Elle montre que l'image générale des champs d'anomalies ne diffère pas beaucoup par rapport à l'image des anomalies concernant le type C, excepté l'orientation de ce champ qui est plus claire ici, du SW vers le NE.

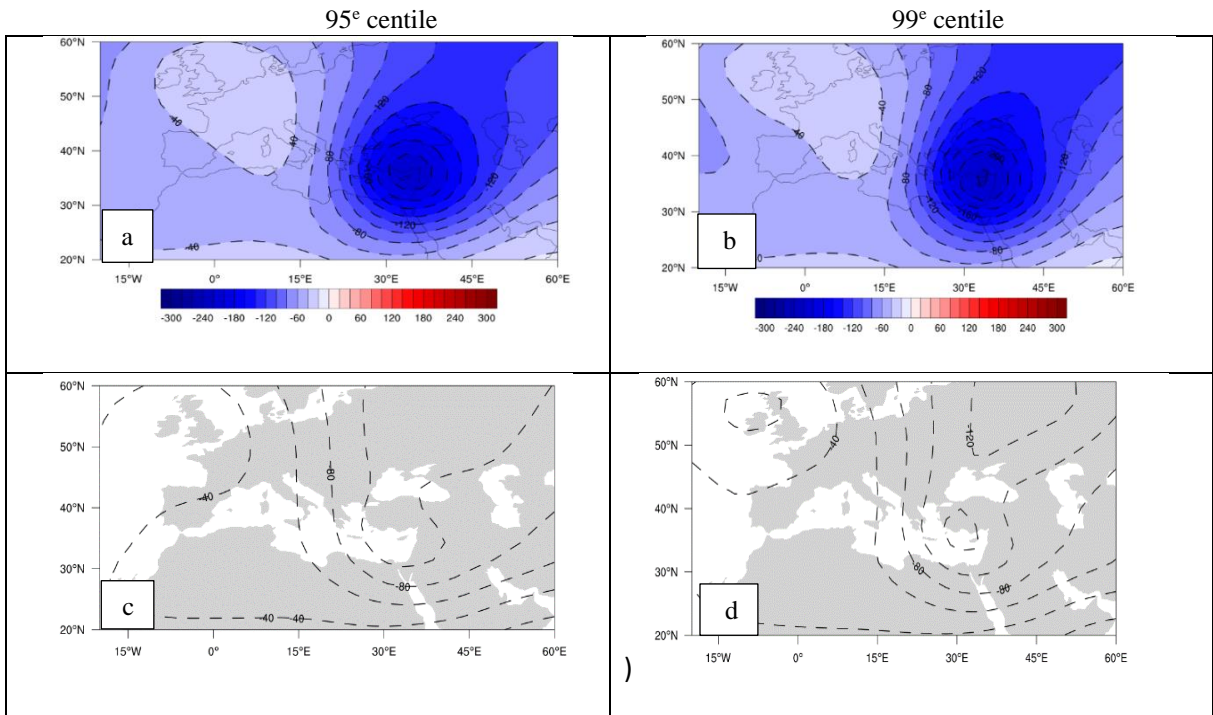


Figure 1. Les anomalies moyennes du type de circulation C des cas (A.M.C.) de fortes précipitations $\geq 95\%$ (a) et 99% (b) et les anomalies moyennes des différences (c) et (d) : anomalies des cas (A.M.C.)-anomalies moyennes générales du type (A.M.C. – A.M.G.). Les valeurs des anomalies sont multipliées par 100.

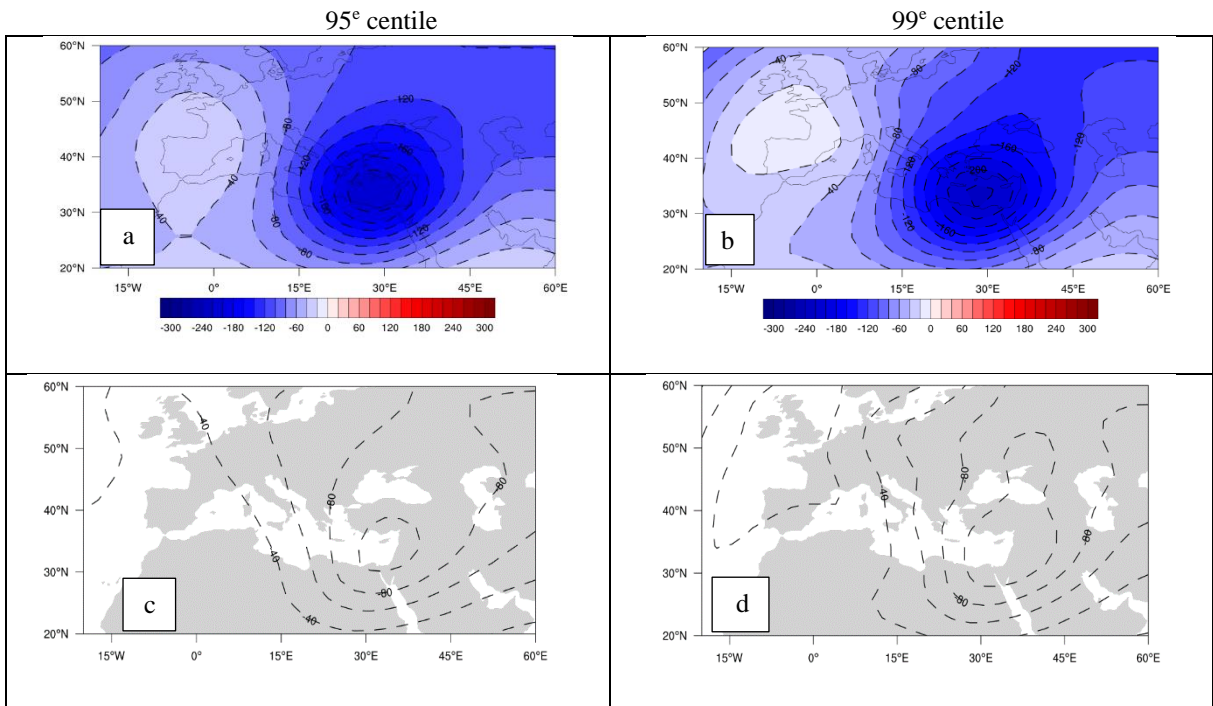


Figure 2. Même légende que pour la figure 1 mais pour le type Csw.

Conclusion

Le climat franchement méditerranéen de la frange littorale libanaise est confirmé encore une fois par les valeurs extrêmes des précipitations journalières de deux centiles ($\geq 95^{\text{e}}$ et $\geq 99^{\text{e}}$) qui sont relativement élevées, respectivement de 14,6 et 36,6 mm.

Le nombre moyen annuel des jours de deux centiles est relativement élevé ; il est de 18,5 jours pour le 95^{e} centile et 3,7 jours pour le 99^{e} centile. Ces précipitations présentent des tendances négatives à l'échelle annuelle et saisonnière, significative pour le nombre de jours seulement pour la première alors qu'elle est significative pour leurs fréquences en hiver et au printemps et pour leurs hauteurs pour la seconde. La fréquence de ces pluies extrêmes présente une tendance négative en automne pour le 95^{e} centile, alors qu'elle est positive pour les autres paramètres (hauteurs pour le 95^{e} centile, fréquence et hauteur pour le 99^{e} centile) mais sans être significative. Ce résultat concorde avec la tendance des précipitations annuelles et saisonnières (Traboulsi *et al.*, 2019).

Le caractère pluviogène des types de circulation, C, Csw et Cnw, apparaît aussi dans les précipitations extrêmes et particulièrement lors des deux premiers. L'analyse des composites de ces deux types montre que, dans la plupart des cas, les précipitations extrêmes sont associées à une zone d'anomalies négatives relativement fortes des géopotentiels 500 hPa au-dessus de la Méditerranée orientale. Notons que les champs d'anomalies pour tous les types de circulation présentent presque la même orientation, à savoir du SW vers le NW. Il y a pourtant une différence concernant l'importance des anomalies négatives : en règle générale et avec quelques exceptions, les anomalies des types cycloniques (C, Cnw, Cnw, Csw, Csw, Cse, Cne) dont le centre se trouve plus au nord présentent des anomalies relativement plus fortes.

Enfin, on conclut que les fortes précipitations sont produites par le courant perturbé en Méditerranée orientale entraînant avec lui des dépressions profondes et selon une trajectoire de préférence de SW-NE sous l'influence de la circulation d'altitude.

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.

Blanchet G., 1972. Les précipitations exceptionnelles de décembre 1968 et janvier 1969 au Liban. *Hannon, revue libanaise de géographie*, vol. VII, 3-27.

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>

Traboulsi M., Tolika K., Anagnostopoulou C., Maheras P., 2019. Les précipitations à Beyrouth et leurs relations avec les types de circulation atmosphérique. *Actes du XXXII^{ème} colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Thessalonique, 29 mai-1^{er} juin 2019, p. 523-528.

Sneyers R. 1990. *On the statistical analysis of series of observation*. WMO, Technical Note n°143, Genève.