

## TOPOCLIMAT DE LA RÉGION DE ZAHLE (LIBAN ORIENTAL)

**Rabih ZEIN AL DINE<sup>1</sup>, Salem DAHECH<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> *Université de Paris, laboratoire PRODIG, UMR 8586, [rabihzeineddin@hotmail.com](mailto:rabihzeineddin@hotmail.com)*

<sup>2</sup> *Université de Paris, laboratoire PRODIG, UMR 8586, [salemdahech@gmail.com](mailto:salemdahech@gmail.com)*

**Résumé :** Ce travail porte sur les caractéristiques topoclimatiques de la région de Zahlé (Liban); notamment les brises thermiques. À Rayak des brises de montagne / vallée alternant entre jour et nuit ont été remarquées ; elles sont canalisées par la topographie de la vallée de la Békaa. A Houch El Oumaraa, les brises de types vallée-mer dominant durant le jour. Par contre, des brises de type campagne-montagne ont été observées durant la nuit. Pendant la période qui s'étend de 1994 à 2021, la fréquence des brises en saison estivale atteint 74 %. Ces brises agissent sur la distribution de la température et de l'humidité de l'air.

**Mots-clés :** Zahlé, brises thermiques, topoclimat

**Abstract:** This work focuses on the topoclimatic characteristics of the region of Zahle (Lebanon); in particular the thermal breezes. In Rayak, we noticed mountain / valley breezes alternating between day and night, and channeled by the topography of the Bekaa Valley. At Houch El Oumaraa, valley-sea breezes dominate during the day, while country-mountain breezes are observed during the night. During the period from 1994 to 2021, the frequency of breezes in the summer season reaches 74%. These breezes control airflow humidity and temperature distribution.

**Key words:** Zahle, thermal breezes, topoclimate

### Introduction

D'après Carrega (1994), les brises thermiques sont des vents d'origine thermique et d'échelle locale dont l'extension horizontale peut varier de quelques centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Ces brises sont, selon plusieurs études, favorables à la pollution atmosphérique (Simpson, 1994 ; Dahech, 2007). Elles agissent également sur le confort thermique en advectant de l'air frais et humide (Dahech, 2014). L'impact des brises thermiques sur le temps et la qualité de l'air varie suivant les conditions topoclimatiques et la taille des villes.

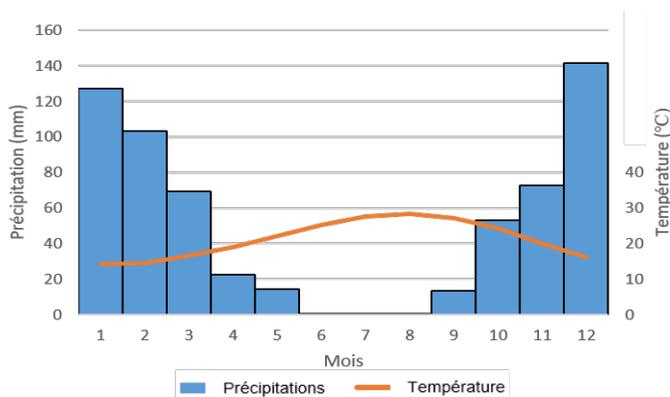
Les brises thermiques sont des phénomènes de temps radiatif (ciel clair et vent faible). Ce temps est très fréquent dans les régions Méditerranéennes, comme le Liban notamment l'été. Ce pays occupe une zone de transition entre les déserts tropicaux au Sud, et l'Europe tempérée au nord. C'est une zone qui est influencée par le vent synoptique d'ouest : en été cette circulation du flux d'ouest se contracte vers le nord et cède la place aux hautes pressions atmosphériques causées par la subsidence de la cellule de Hadley, et ceci se traduit par une sécheresse et une stabilité atmosphérique (Traboulsi, 1981). En altitude, un haut géopotential

règne : l'anticyclone subtropical couvre toute la région, l'air est chaud, subsident et stable (Blanchet., 1979). Ces conditions atmosphériques estivales stables sont idéales pour l'apparition des brises thermiques.

L'objet principal de ce travail est d'étudier les caractéristiques des phénomènes topoclimatiques locaux tels que les brises, dans une région méditerranéenne caractérisée par un relief accidenté.

## Cadre de l'étude

Le caza<sup>1</sup> de Zahlé couvre 425 km<sup>2</sup>, doté comme le Liban par un climat typiquement méditerranéen avec une présence de deux périodes bien déterminées : une période sèche et chaude qui prédomine du mois de juin au mois de septembre, et une période humide et douce d'octobre jusqu'au mois de mai (figure 1).



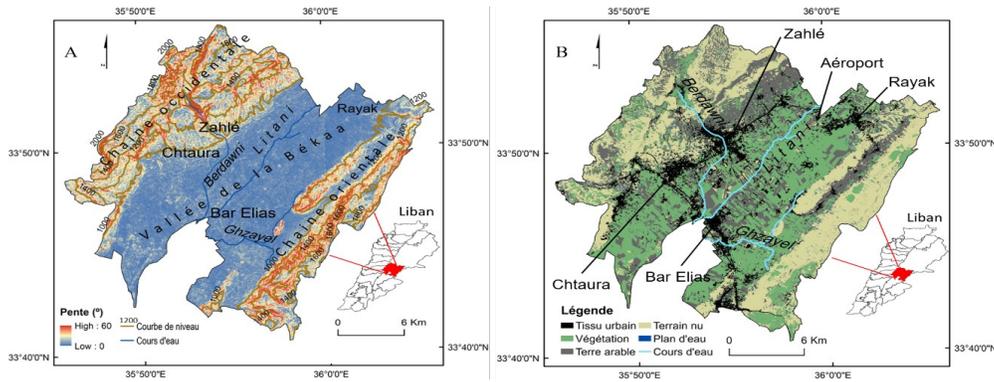
**figure 1.** Diagramme ombrothermique entre 1995 et 2015. Source : données météorologiques de la station de l'aéroport de Beyrouth.

Sur le plan topographique, c'est une vallée (la vallée de la Bekaa) insérée entre deux chaînes montagneuses : la chaîne orientale (Anti-Liban) et la chaîne occidentale (Mont Liban).

La topographie est accidentée avec des altitudes qui oscillent entre 900 m dans la vallée et 1920 m au niveau des hautes altitudes de la chaîne occidentale. La pente dans la vallée est faible, elle varie entre 0 et 11 degrés. Elle augmente tout en allant vers les chaînes montagneuses à l'est et à l'ouest. Les versants orientaux du Mont Liban sont escarpés, ils se distinguent par une forte valeur de pente (elle atteint 60°). Les versants de la chaîne orientale se distinguent par une valeur de pente qui atteint 42° et le point culminant atteint 1700 m (figure 2A).

<sup>1</sup> Le *caza* désigne une entité administrative équivalente au département en France (délégation d'un gouvernorat).

L'agriculture est l'activité majoritaire. Néanmoins, on note l'activité industrielle dans la vallée et les carrières sur les versants. Les grandes agglomérations se trouvent à Zahlé, Taalabaya, Chtaura, Bar Elias et Rayak (figure 2B).



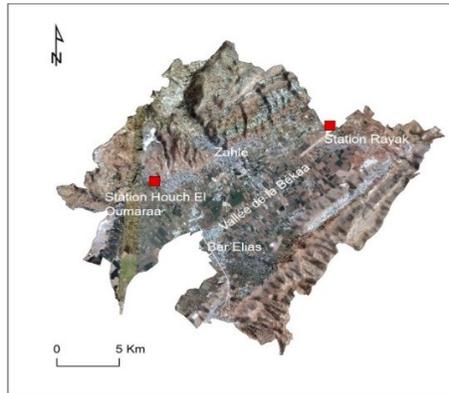
**figure 2.** A : topographie, source des données : image SRTM du Liban 2004, projection stéréographique; B : occupation du sol, source des données : image landsat 8 datée de 2017, projection stéréographique.

### Données et méthodes

On a utilisé des données horaires du vent, de la température atmosphérique, de la pression atmosphérique et de la température du point de rosée issues des stations météorologiques conventionnelles fixes.

### Les données des stations fixes

On a utilisé essentiellement les données des deux stations météorologiques fixes présentes dans la zone d'étude : la station de Houch El Oumaraa (33° 49' N ; 35° 51' E) et la station de Rayak (33° 28' N ; 36° 30' E) (figure 3). La première est située dans une ville caractérisée par une densité urbaine remarquable sur les piémonts des versants Est de la chaîne mont Liban, et la seconde se trouve dans une vaste plaine dans la vallée de la Bekaa, dans un milieu péri-urbain. Les données du vent retenues correspondent aux valeurs tri-horaires pendant la saison estivale (Juin, Juillet et Aout) de la période comprise entre 1994 et 2021 pour la station de Houch El Oumaraa, et celle comprise entre 1994 et 2009 pour la station de Rayak. En complément, nous nous sommes appuyés sur les données tri-horaires du vent relevées de 1994 à 2021 dans deux autres stations hors de la zone d'étude : la station de l'aéroport de Beyrouth et la station de Dahr El Baidar. Outre le vent, nous utilisons les variables météorologiques suivantes : pression en surface et en altitude (géopotential 500 hPa), et le point de rosée. Un ensemble de filtres a été mis en place pour sélectionner automatiquement les brises. Toute situation dépressionnaire a été écartée, la vitesse du vent ne doit pas dépasser 11 m/s (c'est la vitesse maximale d'une brise selon l'échelle de Beaufort), et une alternance de directions entre les brises observées le jour et la nuit doit être observée. Ces filtres ont été utilisés dans plusieurs travaux pour sélectionner les journées de brises et ont été inspirés des travaux de Neumann et Mahrer (1971), Simpson (1994), Planchon (1997), Borne et al., (1998) et Dahech et al., (2005).

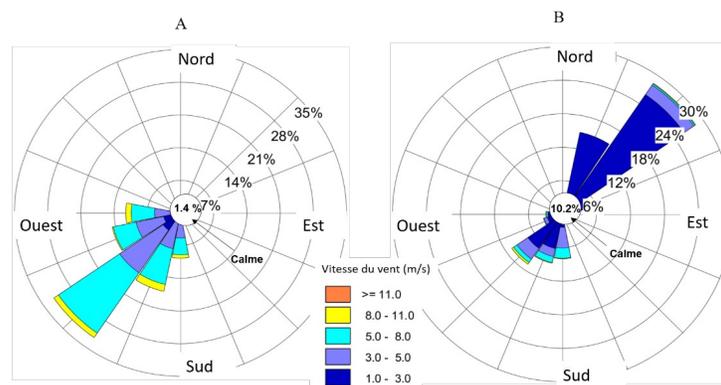


**figure 3.** Localisation des stations météorologiques fixes dans la zone de l'étude

## Résultats

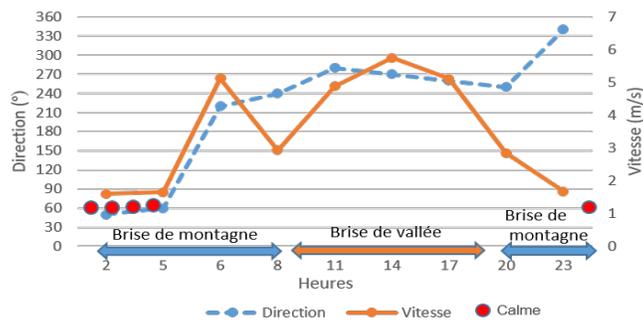
### Brises thermiques

À Rayak, la brise de vallée (se produisant de jour, figure 4-A) est de secteur Sud à Ouest, avec une prépondérance des vents de SO. Elle prend naissance de la vallée de la Békaa, puis est canalisée vers le NE par le relief. Sa vitesse moyenne est comprise entre 5 et 8 m/s. La nuit, la rose des vents (figure 4-B) montre un flux dominant provenant du NE, ayant une vitesse comprise entre 1 et 3 m/s. C'est une brise de montagne canalisée par la topographie de la vallée, qui descend des hautes altitudes par l'effet du siphonage : l'air froid et dense s'écoule doucement vers les talwegs et remplace l'air de la vallée réchauffé pendant la journée. L'alternance entre ces deux brises est quasi-quotidienne ce qui renseigne sur la fréquence élevée du phénomène en été.



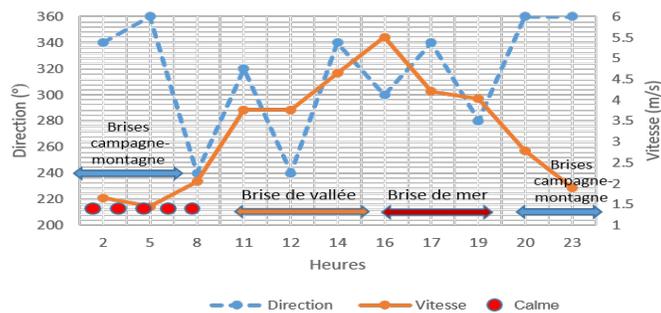
**figure 4.** Roses estivales des du vent par tranches de vitesse à Rayak le jour (TU +2 : 8, 11, 14, 16, 17, 18 h, A) et la nuit (20, 21, 22, 23, 2, 3, 5 h, B). Données horaires de la station météorologique de Rayak entre 1994 et 2009, source : NOAA

L'anémogramme (figure 5) montre qu'en moyenne, la brise de vallée prend naissance le matin vers 8 h, environ deux heures après le lever du soleil. Durant cette phase, le vent prend des directions allant du sud-ouest à l'ouest (de 240 à 280 degrés) et la vitesse moyenne du vent atteint sa valeur maximale de 5,7 m/s à 14 h. Cette brise dure environ 12 heures. À 21 h la renverse nocturne commence, la direction du vent est déviée progressivement vers le nord et les vitesses continuent à faiblir. La brise de montagne commence à s'installer la nuit, elle est caractérisée par des directions de secteur NE dominant. Le calme représente la situation dominante en phase nocturne.



**figure 5.** Anémogramme montrant l'alternance entre brise de montagne et brise de vallée à Rayak, données horaires (TU+2) de la station météorologique de Rayak en été entre 1994 et 2009, directions dominantes (mode), vitesses et directions moyennes, heures locales, source : NOAA

À Houch El Oumaraa, différents types de brises ont été observés (figure 6) : une brise de vallée qui prend naissance à 9h et perdure jusqu'à 16h, une brise de mer à partir de 16h et qui domine jusque vers 19h. La nuit, des brises de type montagne-campagne dominant.



**figure 6.** Anémogramme montrant l'alternance entre les brises vallée / mer durant la journée et les brises campagne / montagne durant la nuit à Houch El Oumaraa en été (données horaires de la station de Houch El Oumaraa de 1994 à 2021, TU +2, directions dominantes (mode), vitesses moyennes, source : NOAA)

## Conclusion

La vallée de la Békaa dans le district de Zahlé est soumise au jeu des brises thermiques remarquables en conditions atmosphériques stables et temps radiatif. A Rayak la brise de vallée domine pendant le jour, elle monte les versants à partir de 8 h. La nuit la brise de montagne domine, c'est une brise catabatique caractérisée par une descendance de l'air froid et dense des pentes vers la vallée. Cet air occupe la vallée pendant toute la nuit et le calme domine. La topographie de la vallée canalise les écoulements.

À Houch El Oumaraa la situation est différente. Une alternance entre brises vallée-mer le jour et campagne-montagne la nuit est remarquée. La canalisation des écoulements est bien observée, elle est causée par la topographie de la vallée.

## Bibliographie

- Beltrando G., Chemery L., 1995: Dictionnaire du climat. Paris, Larousse, 344 p.
- Blanchet G., 1976 : Le temps au Liban, approche d'une climatologie synoptique. Thèse de 3ème cycle, Lyon. T. 1 : 477 p.
- Carrega P., 1994: Analyse spatiale quantitative et appliquée. Topoclimatologie et habitat. Revue de Géographie du Laboratoire d'Analyse Spatiale Raoul Blanchard, UFR Espaces & Cultures - Université de Nice-Sofia Antipolis **35** et **36**, 408 p.
- Carrega P., 2013 : Le climat urbain de Nice en milieu géographique contrasté : synthèse par approche inductive. Climatologie, Association internationale de climatologie.
- Carrega P. et Martin R., 2017 : Le climat urbain de Nice, dans un contexte méditerranéen. XXXème colloque de l'association internationale de climatologie. Sfax 2017.
- Dahech S., 2007 : Le vent à Sfax (Tunisie), impacts sur le climat et la pollution atmosphérique (Thèse de Doctorat). Université Paris VII, France.
- Dahech S., 2014 : Impact de la brise de mer sur le confort thermique au Maghreb oriental durant la saison chaude. Cybergeog : European Journal of Geography [En ligne]. Environnement, Nature, Paysage, document 695, mis en ligne le 02 décembre 2014. URL : <http://cybergeog.revues.org/26555> ; DOI : 10.4000/cybergeog.26555
- Michelot N. et Carrega P., 2014 : Topoclimatologie et pollution de l'air dans les Alpes-Maritimes : mécanismes et conséquences en images. Echo Géo, 29.
- Simpson J. E., 1994: Sea breeze and local winds. Cambridge University Press, 234 p.
- Traboulsi M., 1981 : Le climat de la Syrie, exemple de dégradation vers l'aride du climat méditerranéen. Géographie. Université de Lyon II, 1981. Français.
- Sites Web : [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)