

CARACTÉRISTIQUES DE LA BRISE LITTORALE DANS LA RÉGION DE SFAX (CENTRE TUNISIEN)

DAHECH S.

Université de Sfax, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Laboratoire SYFACTE, route de l'aéroport Km 5, 3023 Sfax, Tunisie [saalem.dahech@gmail.com]

Résumé - Outre les données météorologiques conventionnelles de l'aérodrome, un réseau de stations automatiques (Davis) a été mis en place dans la région de Sfax entre 2002 et 2014 pour cerner les caractéristiques de la brise littorale. Ce vent thermique, très fréquent notamment en été, change de direction en fonction de l'orientation du trait de côte et du vent synoptique. Sa vitesse peut atteindre en moyenne 7m/s en milieu de journée dans les milieux dégagés mais elle est freinée par la rugosité du substrat en ville. La localisation du front de la brise de mer ainsi que sa dynamique sont possibles à partir des images MSG et des données des stations Davis. La brise de mer peut pénétrer jusqu'à 70km en été. La nuit, la vitesse de la brise de terre est limitée à 2m/s en moyenne.

Mots-clés : Brises littorales, Mesures, Télédétection, Sfax.

Abstract - *Characteristics of the sea breeze in the region of Sfax (central Tunisia).* In addition to the conventional meteorological data from the aerodrome, a network of automatic sensors (Davis) was set up in the Sfax region between 2002 and 2014 to identify the characteristics of the sea breeze circulation. This thermal local wind, occurring mainly during summer, changes with the orientation of shoreline and the synoptic wind. A wind speed of 7 m / s is recorded on average in the countryside but reduces over urban surfaces. The location of the sea breeze front and its dynamics are possible from MSG images and data from Davis stations. The sea breeze can penetrate up to 70km in summer. At night, the speed of the land breeze is limited to 2m / s on average.

Keywords: Sea breeze, Measurements, Remote Sensing, Sfax.

Introduction

Depuis l'antiquité, l'homme a adapté empiriquement ses activités économiques (pêche, agriculture, commerce) ainsi que l'urbanisme et l'architecture en fonction des variables atmosphériques et en particulier des brises littorales afin d'en tirer le meilleur parti. La compréhension du mécanisme des brises thermiques nécessite l'approche des échelles imbriquées pour comprendre les écoulements de l'air et la répartition des températures à plusieurs niveaux. Cette approche multi-scalaire intéresse les géographes-climatologues qui sont, de plus, motivés par le suivi des variations spatio-temporelles des répercussions des brises sur divers domaines concernant les rapports entre le milieu physique et la société (Beltrando *et al.*, 2008). En effet, les vents thermiques sont connus par leur effet rafraichissant mais aussi par leur impact néfaste sur la répartition spatio-temporelle de la pollution atmosphérique. L'intérêt des géographes-climatologues pour ce phénomène se traduit par le nombre important de travaux portant sur son observation et sa description. A titre d'exemple, nous citons les travaux de Pédelaborde (1985), Oke (1987), Carrega (1994), Simpson (1994), Planchon (1997), Damato *et al.* (2003), Dahech (2007)...

Cette étude présente le bilan d'une quinzaine d'années de mesures et d'observations du phénomène de la brise littorale dans le gouvernorat de Sfax (un littoral d'environ 120 km). Cette région a été choisie pour plusieurs motivations. D'abord, c'est le deuxième gouvernorat en Tunisie par son poids démographique (un million d'habitants) et économique ; ensuite c'est une région où le phénomène de brise est fréquent ; puis sa faible topographie peu accidentée facilite l'écoulement des vents thermiques ; enfin la brise a un impact non négligeable sur la qualité de l'air et le confort thermique dans cette région connue pour ses problèmes de pollution dans l'air et ses étés très chauds. Nous traitons les caractéristiques de ce phénomène à savoir sa fréquence, sa vitesse, sa direction et sa variation spatio-temporelle.

1. Cadre spatial, méthodes et données

Afin d'atteindre les objectifs précités, les données horaires de la station synoptique de Sfax couvrant la période 1974-2012 sont traitées. Un ensemble de filtres permettant de sélectionner

les jours de brise de mer a été mis en place à l'instar des travaux de Neumann et Mahrer (1971), Simpson (1994). Les critères de sélection des jours de brise font éliminer les jours pluvieux ($>2\text{mm}$, de faible pression ($<1007\text{hPa}$), venteux (vent maximal instantané $> 12 \text{ m/s}$) et retiennent les jours ensoleillés durant lesquels la brise de mer et celle de terre s'alternent. En complément, nous nous basons sur les données obtenues à partir de mesures spécifiques par 12 stations météorologiques (Davis) dont deux installées sur l'archipel de Kerkennah, à 20 km au large de Sfax. Les 12 stations n'ont pas fonctionné instantanément mais pour la plupart nous disposons d'au moins 3 années de mesures. Elles sont réparties le long d'une bande littorale caractérisée par une faible topographie (fig.1). En outre, la localisation du front de la brise de mer est étudiée à partir des images satellitaires MSG-RSS (*Meteosat Second Generation - Rapid Scan Service*), ayant une résolution kilométrique et une répétitivité de 5 minutes. Sur ces images, le front de la brise se matérialise, certains jours quand l'humidité est élevée, par un alignement de nuages cumuliformes.

De plus, à échelle fine, nous utilisons les mesures itinérantes du vent dans l'agglomération de Sfax et autour de l'archipel de Kerkennah pour déterminer l'effet du changement du tracé du trait de côte ainsi que la densité du bâti sur la vitesse et la direction du vent. Il s'agit de mesures réalisées par des capteurs portables instantanément par 3 équipes.

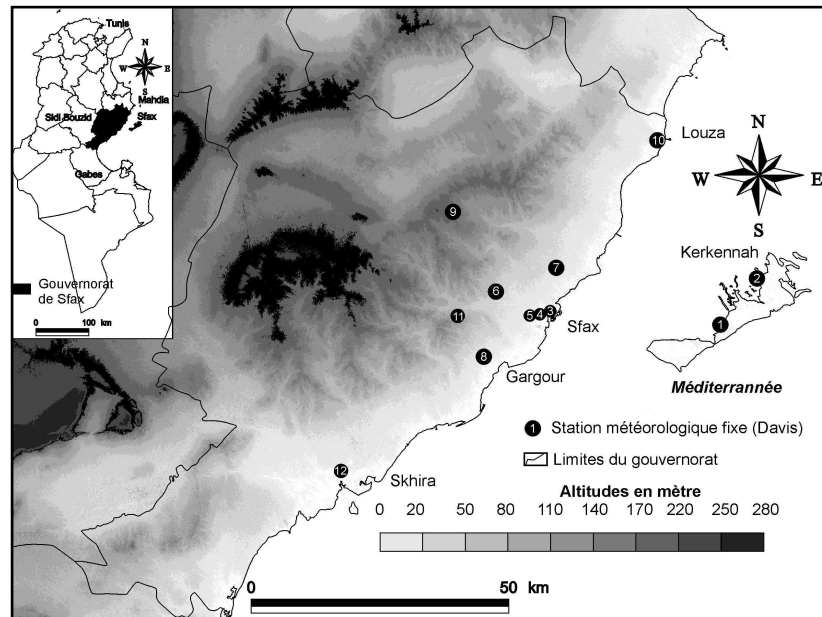


Figure 1. Localisation, topographie et répartition des stations de mesures météorologiques de la zone d'étude : le gouvernorat de Sfax.

2. Fréquence, direction et vitesse de la brise littorale

Les résultats montrent une forte variabilité spatiale et temporelle de ce phénomène fréquent particulièrement durant la saison chaude et notamment au cours de juillet et août (80%), en raison de la prépondérance des situations atmosphériques calmes propices à son déclenchement (fig. 2A).

Les roses de vent réalisées pour 3h et 15h (vitesse et direction) en moyenne pour juillet et août sur la période 1974-2012 donnent une idée de la fréquence du phénomène et de l'alternance brise de terre / brise de mer (fig. 2 B et C). Le pourcentage des vents soufflant de la mer à 15h à une vitesse modérée dépasse 90% (fig. 2C) ; alors qu'à 3h domine un vent faible à très faible venant de la terre vers la mer (fig. 2B).

Les anémogrammes du vent enregistré par les stations Davis (fig.3) montrent que la brise nocturne est de faible vitesse, elle ne dépasse pas 3m/s. Elle est plus soutenue en milieu dégagé contrairement aux stations situées en milieu urbain où la rugosité élevée la freine comme dans les stations 3, 4 et 5. La brise nocturne souffle du nord-ouest sur le continent. Sa trajectoire est parfois influencée par la topographie qui la canalise comme à Agareb (station 11). Néanmoins, elle vient du sud-est sur les côtes ouest de l'archipel de Kerkennah.

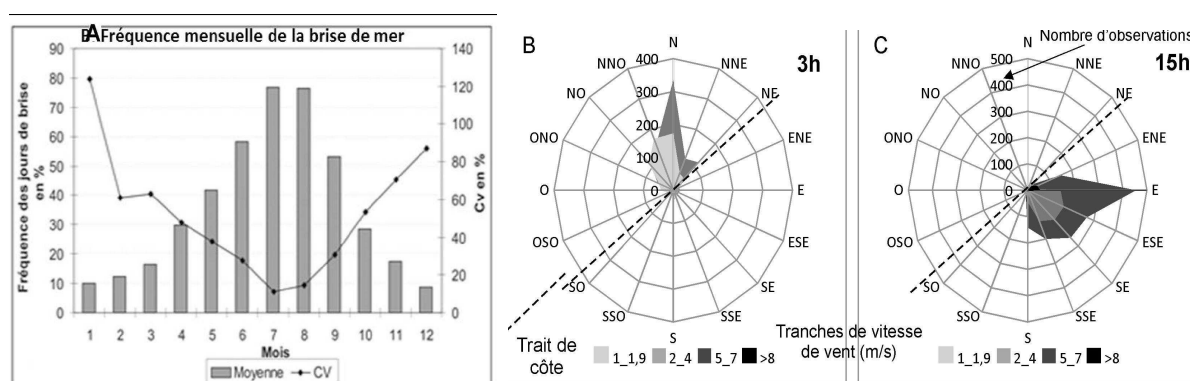


Figure 2. Fréquence mensuelle moyenne de la brise de mer (A) et roses de vent par tranches de vitesse enregistré à 3h (B) et 15h (C) à partir des données météorologiques de la station de Sfax El Maou durant les mois de juillet et août entre 1974 et 2012 (données INM).

Deux à trois heures après le lever du soleil la brise de mer se met en place. Elle commence à souffler du nord-est, sur le continent, avant de se renforcer brutalement et souffler du secteur compris entre l'est et le sud-est. La vitesse maximale de la brise de mer est enregistrée entre 14 et 17 h TU en été. Elle atteint 8 m/s dans les stations côtières dégagées comme à Louza (station 10), ainsi qu'en arrière-pays dans les stations situées à des altitudes relativement élevées comme dans les stations 6 et 11. « *La brise continue à souffler à une vitesse moins importante, variant de 1 à 3 m/s deux à trois heures après le coucher du soleil quand le passage entre la brise de mer et celle de terre se déclenche : c'est la renverse nocturne de la brise littorale qui dure environ deux heures et caractérisée par des vitesses très faibles (inférieures à 1,5 m/s). Une rotation dans le sens anticyclonique de la direction est observée pour la quasi-totalité des stations. Le vent est parallèle au trait de côte, il arrive du secteur sud-ouest* » (Dahech et al., 2012). La rotation dans le sens anticyclonique de la brise au cours de la journée est visible sur les anémogrammes de la figure 3. Le tracé du trait de côte modifie fortement la direction de la brise de mer. Cette dernière quand elle est bien installée, au début de l'après-midi, souffle quasi-perpendiculairement au trait de côte. D'où, elle souffle du nord-ouest sur la côte occidentale de l'archipel de Kerkennah comme le montre les enregistrements des deux premières stations (fig. 3). Cependant, la brise de mer vient du secteur oriental sur le continent : de l'est dans les stations où l'orientation du trait de côte est nord/sud comme dans les stations 3, 8 et 10, et du sud-est quand le tracé de la ligne de rivage est nord-est/sud-ouest comme l'attestent les anémogrammes des autres stations sur le continent.

À grande échelle, l'impact de la morphologie urbaine sur l'écoulement de la brise est incontestable. La brise est freinée par les bâtiments dans la ville. La vitesse moyenne de la brise de mer dans la troisième station ne franchit pas 3m/s alors qu'elle peut dépasser 7m/s dans les milieux dégagés (stations 6, 8 et 12). Les mesures itinérantes de la brise de mer dans l'agglomération de Sfax confirment ce constat (Dahech, 2007). Cette technique de mesure nous a confirmé la modification de la direction du vent (la brise de mer) en fonction de l'orientation du trait de côte autour de l'archipel de Kerkennah.

3. Front de brise de mer

Le front de la brise de mer, quand il est suffisamment épais, peut être visible sur les images à résolution kilométrique comme NOAA-AVHRR ou MSG-RSS (Dahech et al., 2012). Toutefois, ces dernières, ayant une résolution temporelle plus fine (5 minutes), permettent de mieux suivre la dynamique du front de la brise comme le montre l'exemple du 13 septembre 2011, une journée calme. La position du front de la brise de mer par rapport au littoral varie en fonction du moment de la prise de vue. Il se forme 3 à 4 heures après le lever du soleil.

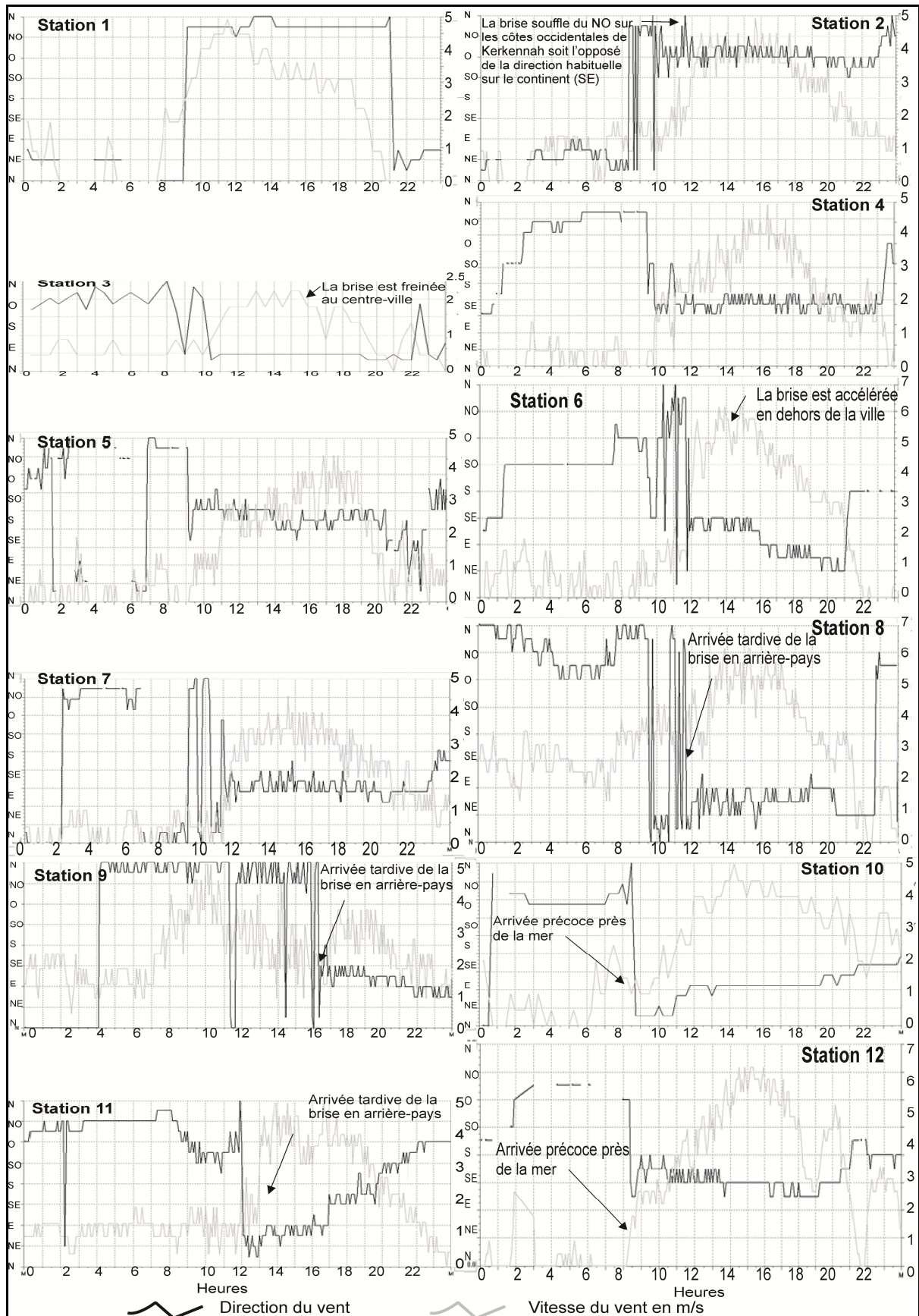


Figure 3. Direction et vitesse du vent dans 12 stations météorologiques par temps de brise de mer en juillet (situation typique (moyenne) de brise par temps calme; données enregistrées par des stations Davis Vantage pro à un pas de temps de 5 minutes à environ 10m de la surface, localisation des stations sur la fig.1).

L'alignement des cumulus, ayant la forme d'un arc parallèle au trait de côte, est à environ 25 km de la mer vers 13h et arrive à environ 45 km vers 16h et peut atteindre en fin de journée 70 km au niveau de la plaine de Sfax (Dahech *et al.*, 2012) (fig.4). Les résultats obtenus par l'imagerie spatiale sont confirmés par les données issues des stations météorologiques. L'arrivée du front de brise mer est manifestée par une impulsion de la vitesse du vent, une déviation brusque de sa direction ainsi qu'une hausse du point de rosé. A titre d'exemple, vers 16h, à Menzel Chaker (station 9) nous remarquons une déviation brutale du vent vers le sud-est accompagnée par une hausse d'environ 2,5 m/s de la vitesse du vent et une hausse du point de rosé de 8°C ainsi qu'une baisse du mercure de 5°C.

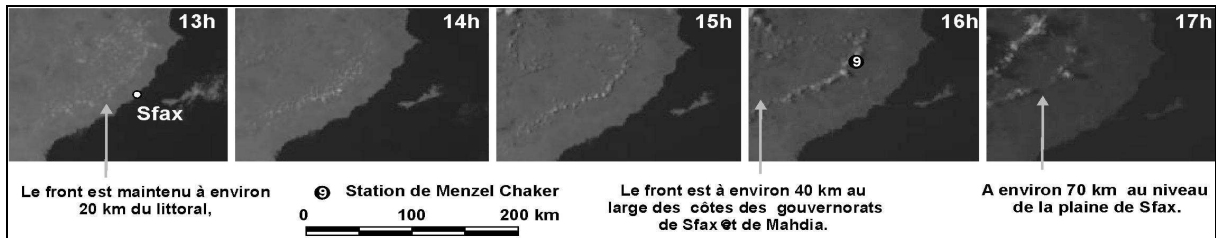


Figure 4. Succession d'images horaires MSG-RSS couvrant une partie de la Tunisie centrale, prises le 13 septembre 2011 entre 7 h et 17 h TU (Dahech *et al.*, 2012).

4. Evolution de la brise littorale à Sfax en fonction du vent synoptique

Le vent synoptique est parmi les principaux facteurs modifiant les caractéristiques de la brise littorale. D'après les données issues des 12 stations Davis et celles fournies par l'Institut National de la Météorologie (INM), la direction initiale de la brise de mer est une combinaison entre l'orientation théorique de la brise (perpendiculaire à la côte, à savoir ESE à SE sur le continent) et l'orientation du vent synoptique. Seuls les secteurs représentatifs des vents synoptiques les plus fréquents sont représentés dans la figure 5. On constate que les cellules de brise de mer se développent majoritairement avec des vents synoptiques de secteurs Nord à Nord-Est et Est à Sud Est (27 et 25% respectivement). Par exemple, la brise se lève du NE en cas de vent venant du N au NE et du SO quand le vent synoptique arrive de l'O au SO. Néanmoins, l'arrivée d'un vent synoptique fort peut estomper la brise. En fin de journée, le contraste thermique entre la terre et la mer s'atténue (la température de la mer en moyenne en mois d'août est de 28°C), la vitesse de la brise de mer s'amenuise. Si le vent synoptique est très faible, la direction de la brise thermique sera influencée par la force de Coriolis. Ainsi, la brise de mer finit par souffler du secteur méridional durant la renverse nocturne. « *Un vent synoptique dont la vitesse dépasse 3 m/s peut commander la direction finale de la brise, comme le vent du NO, très fréquent en hiver. Dans ce cas, la brise de mer finit par souffler du NE dans la plupart des cas* » (Dahech, 2007). Quant à la brise de terre, en situation de calme, elle sera déviée dans le sens anticyclonique : nous passons du sud-ouest au nord-ouest. En cas de vent synoptique, la direction de la brise de terre est une combinaison entre ce dernier et la perpendiculaire à la ligne du rivage. A titre d'exemple, la brise nocturne souffle du N en cas d'un vent synoptique de NE. Au coucher de la brise de terre, la direction finale du vent peut être influencée par le vent synoptique soufflant après la brise. Elle est souvent proche du nord-est en raison de la prépondérance des vents synoptiques venant du nord et de l'est.

Conclusion

Les données météorologiques issues de 12 stations et de la station de l'aérodrome ont permis de cerner les particularités du vent local. Certaines caractéristiques de la brise sont évidemment conditionnées par la saison, telle que la fréquence et la durée de la brise. Pendant la saison froide, les jours de brise sont rares, la durée de la brise de mer est limitée.

L'évolution de la brise pendant cette saison dépend surtout du vent synoptique.

Par ailleurs, la brise thermique est très fréquente en été. En juillet et août, la fréquence des journées de brise est d'environ 80%. Durant cette saison, dominent les situations de marais barométrique persistantes (Dahech, 2007) qui favorisent la succession des jours de brise qui évoluent souvent dans le sens anticyclonique. L'imagerie MSG peut renseigner sur la localisation et la dynamique du front de la brise de mer qui se matérialise par un alignement de nuages cumuliformes aisément repérés par leur orientation parallèle à la côte.

Les données issues du réseau de stations sont très intéressantes pour évaluer le confort thermique dans la région ainsi que l'impact de la brise sur la dispersion des polluants atmosphériques. Les résultats obtenus dans ce travail pourraient servir à alimenter des modèles atmosphériques permettant de spatialiser et étudier l'épaisseur de la cellule de brise.

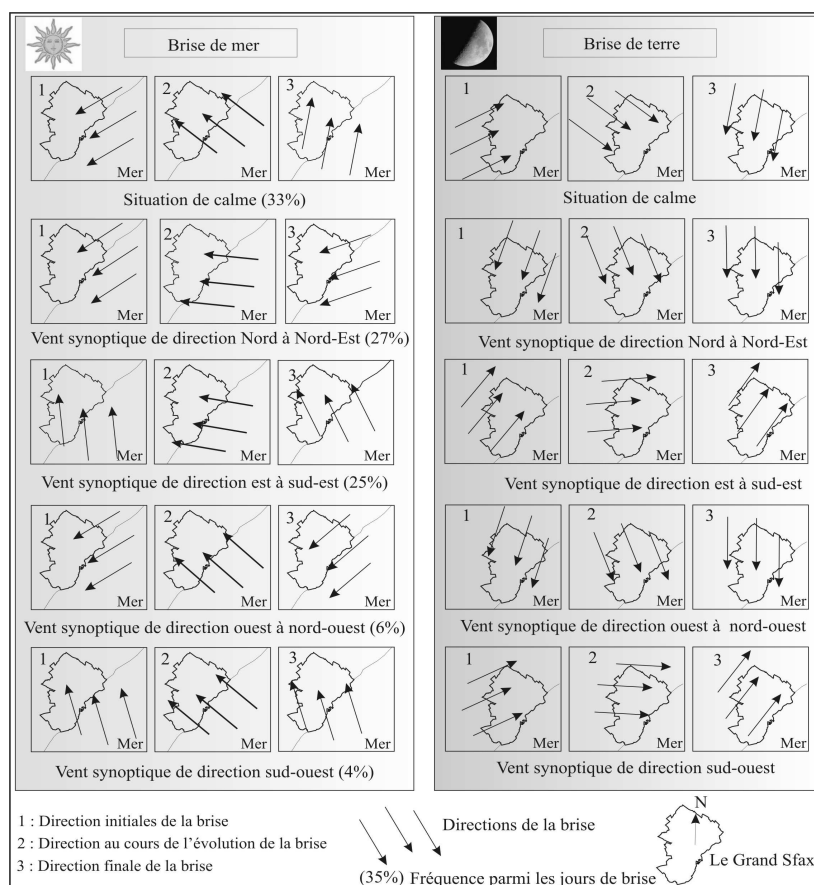


Figure 5. Evolution des brises littorales durant la journée suivant l'orientation du vent synoptique (*source : anémogrammes de l'INM, période 1970-2002 et données Davis 2002-2014, (Dahech, 2007).*)

Remerciements : J'adresse mes vifs remerciements aux laboratoires de recherches qui m'ont prêté les stations Davis : le laboratoire PRODIG (univ Paris Diderot, M. Beltrando G) et Radio-Analyse et Environnement (ENI Sfax, M Zouari K et Mme Ben Jemaa N).

Références bibliographiques

- Beltrando G., Dahech S., Madelin M., 2008 : L'intérêt de l'étude des brises thermiques : exemples des brises littorales et orographiques. *Bull. Soc. Géogr. de Liège*, **51**, 49-61.
- Carrega P., 1994 : Topoclimatologie et habitat. *Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquée*, **35 et 36**, 408 p.
- Dahech S., 2007 : *Le vent à Sfax (Tunisie), impacts sur le climat et la pollution atmosphérique*. Thèse de doctorat de l'Université Paris VII, 309 p + annexes.
- Dahech S., Berges J C., Beltrando G., 2012 : Localisation et dynamique du front de la brise de mer au Maghreb oriental. *Climatologie*, **9**, 57-81.
- Damato F., Planchon O., Dubreuil V., 2003 : A remote sensing study of the inland penetration of sea breeze fronts from the English channel. *Weather*, **58**, 219-225.
- Neumann J., Mahrer Y., 1971 : A theoretical study of the land and sea breeze circulation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **28**, 532-542.
- Oke TR., 1987 : *Boundary Layer Climate*. Deuxième édition, Methuen, London and New York, 435p.
- Pédalaborde P., 1985 : Les brises de mer et les brises de terre. *Géographie et Recherche*, **54**, 97-111.
- Planchon O., 1997 : *Les climats maritimes dans le monde*. Presses Universitaires du Septentrion, 233 p.
- Simpson JE., 1994 : *Sea breeze, and local winds*. Cambridge Univ. Press: Cambridge, 234 p.