

Etude de relation brouillard et types de temps sur l'aéroport d'Oran Es-Sénia

Abdelhalim Ramzi SMAHI¹ Hakim ABANE¹

Abstract

Il s'agit d'étudier la relation entre l'occurrence du brouillard sur l'aéroport d'Oran Es Senia et les régimes de temps locaux qui règnent autour de ce dernier pour les différentes saisons, et ce, durant la période allant de 1959 à 2021. Une méthode de classification en types de temps récurrents de Jenkinson-Collison (1977) [1] a été appliquée sur le champ de pression réduite au niveau de la mer extrait des réanalyses ERA5, fournies par le Centre Européen des Prévisions Météorologiques à Moyen terme (ECMWF), afin de dissocier 27 types de temps définis par des conditions barométriques redondantes. Une analyse composite a été menée par la suite, afin de détecter les conditions atmosphériques locales matérialisées par le flux en surface déterminé à partir du champ de la pression réduite au niveau de la mer associées à l'occurrence de brouillard sur notre région d'intérêt. L'étude révèle que le brouillard d'hiver est essentiellement piloté par un régime rotationnel de type Anticyclonique, tandis que l'occurrence de brouillard durant les saisons automnale et printanière est favorisée par des conditions barométriques engendrant les régimes Anticyclonique et d'Est. L'occurrence du brouillard d'été est tributaire aux régimes directionnels d'Est et de Nord Est.

Keywords

brouillard ; Jenkinson-Collison ; ERA5 ; analyse composite.

¹ Direction Météorologique Régionale OUEST <Oran> (D.M.R.O)

*Correspondant: Email : r.smahi@meteo.dz

Contents

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Introduction: | 1 |
| 2 | Méthodologie et données | 1 |
| 2.1 | Données et outils utilisés | 1 |
| | données issues de la ré-analyse (ERA5) • Observations station • Outils • Choix du domaine géographique | |
| 2.2 | Principe de la méthode | 2 |
| 3 | Résultats et discussions | 3 |
| 3.1 | Régimes de temps et occurrence du brouillard | 4 |
| 3.2 | Configurations synoptiques adéquates à la formation du brouillard | 4 |
| 4 | Conclusion | 6 |
| | References | 6 |

1. Introduction:

Le brouillard est un phénomène météorologique hydrométéore réduisant la visibilité inférieure à 1 Km, et affecte toute type de circulation (routière, maritime ou aérienne). Sa prévision reste délicate, malgré l'évolution des modèles de prévision numérique du temps. L'occurrence de ce phénomène nécessite des mesures à prendre qui sont parfois très coûteuses (retards d'avions, changement d'aéroport d'atterrissage . . . etc.). Cette étude vise à mettre en exergue les conditions synoptiques favorables à la formation du brouillard à l'aérodrome d'Oran Es-Sénia.

Il s'agit d'étudier la relation entre l'occurrence du brouillard sur l'aéroport d'Oran Es Senia et les régimes de temps locaux qui règnent autour de ce dernier pour les différentes saisons, et ce, durant la période allant de 1959 à 2021. Une méthode de classification en types de temps récurrents de Jenkinson-Collison (1977) [1] a été appliquée sur le champ de pression réduite au niveau de la mer extrait des réanalyses ERA5, fournies par le Centre Européen des Prévisions Météorologiques à Moyen terme (ECMWF), afin de dissocier 27 types de temps définis par des conditions barométriques redondantes. Une analyse composite a été menée par la suite, afin de détecter les conditions atmosphériques locales matérialisées par le flux en surface déterminé à partir du champ de la pression réduite au niveau de la mer associées à l'occurrence de brouillard sur notre région d'intérêt.

2. Méthodologie et données

2.1 Données et outils utilisés

Les données utilisées dans cette étude sont de deux types : un premier jeu de données issues de l'observation et un autre de la ré-analyse du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT/ECMWF).

2.1.1 données issues de la ré-analyse (ERA5)

Pour les besoins de cette étude, le champ de la pression réduite au niveau de la mer issu des réanalyses ERA5 de l'ECMWF a été utilisé, pour les réseaux synoptiques de 00UTC et 06UTC, et sur la période allant du 01 janvier 1959 au 31 décembre 2021. ERA5 est la cinquième génération

de réanalyses atmosphériques du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT/ECMWF). Il fournit des estimations horaires pour un grand nombre de variables climatiques sur l'atmosphère, les sols et l'océan. Ces données s'étendent de 1950 à aujourd'hui, couvrant la Terre sur une grille de 30 km, et résolvent l'atmosphère en utilisant 137 niveaux depuis la surface jusqu'au niveau 1 hPa. ERA5 remplace la réanalyses ERA-Intérim.

Les données ont été recalées sur une grille lat-lon régulière de 0.25 degrés pour la réanalyses et de 0.5 degrés pour l'estimation des moyennes. Il existe quatre sous-ensembles principaux : les produits horaires et mensuels, à la fois sur les niveaux de pression (champs d'altitude) et sur les niveaux uniques (quantités atmosphériques, de vagues océaniques et de surface terrestre).

2.1.2 Observations station

Les données relatives à l'occurrence du brouillard, sur l'aéroport d'Oran Es-Sénia ont été utilisées comme base de travail. Elles proviennent de la banque climatique de l'Office National de la Météorologie (ONM), et couvrent la période allant de 1959 à 2021, soit 23011 jours (63 ans) avec 05 jours affichent des valeurs manquantes, soit 0.02%, de données totales. Ce faible taux jugé non significatif.

2.1.3 Outils

Comme outils, nous avons utilisé le logiciel R (<https://cran.r-project.org/>), un langage de programmation dédié à la statistique, au calcul scientifique et à l'ingénierie mathématique, avec l'utilisation des packages développés sous ce langage en l'occurrence jcext, ncdf4, raster, humidity, data.table et lubridate.

2.1.4 Choix du domaine géographique

Le domaine utilisé pour extraire le champ de la pression réduite au niveau de la mer des réanalyses ERA5, s'étale de 20°W à 20°E et de 20°N à 50°N centré au voisinage de l'aérodrome d'Oran (point d'étude [0.5°W ; 35.5N]).

2.2 Principe de la méthode

La détermination des types de temps qui ont prévalu sur l'aérodrome d'Oran Es-Sénia, a été effectuée par le biais d'une classification objective de Jenkinson et Collison (1977) [1], qui sert à classer les types de temps en 27 classes comme ceci :

- Régimes purement directionnels (les 8 directions de la rose des vents) : Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ouest, Ouest, Nord-Ouest (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW).
- Régimes purement rotationnels : Anticyclonique et Cyclonique (A et C).
- Régimes hybrides, c'est-à-dire : mi directionnels et mi rotationnels: AE, AN, ANE, ANW, AS, ASE, ASW, AW, CE, CN, CNE, CNW, CS, CSE, CSW, CW.

| Rotationnel | Directionnel | Hybride | | Non Classifié |
|-------------|--------------|---------|-----|---------------|
| A | N | AN | CN | U |
| C | NE | ASE | CNE | |
| | E | AE | CE | |
| | SE | ASE | CSE | |
| | S | AS | CS | |
| | SW | ASW | CSW | |
| | W | AW | CW | |
| | NW | ANW | CNW | |

Table 1. Acronymes des 27 types de temps obtenus après classification (avec les 11 principaux en gras)

- Régime non classifié (U), pas observé dans l'analyse effectué sur la région d'intérêt.

ans la classification de Jenkinson-Collison, le type de circulation pour un jour donné est décrit en se basant sur la position des points de haute et de basses pressions déterminant la direction du flux géostrophique [2], [3]. Le principe pour l'identification des types de circulation est basé sur l'analyse de l'intensité et de la direction du flux de vent et du type de système de pression (dépressionnaire ou anti-cyclonique). Bien que cette méthode ne tient pas compte de l'évolution temporelle des situations météorologiques et que l'analyse du flux soit basée sur le point central spécifique de la zone définie pour les 16 points. Elle peut en théorie être appliquée n'importe où sur les latitudes moyennes.

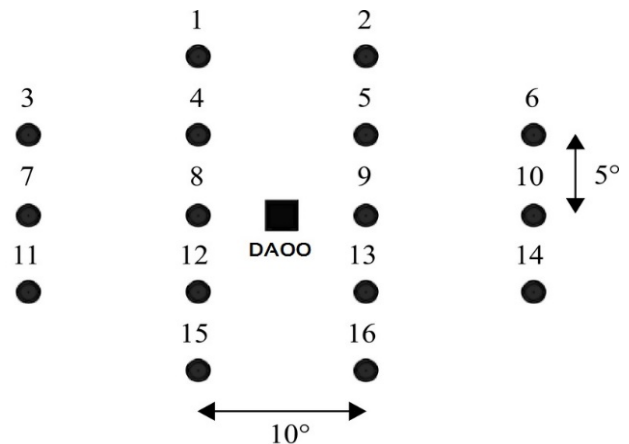


Figure 1. Espacement des points autour de la zone d'étude selon la méthode de Jenkinson et Collison

Selon le schéma, la circulation atmosphérique du jour est caractérisée par l'utilisation d'un ensemble des indices associés à la direction et à la rotation du flux géostrophique. Ainsi, nous pouvons distinguer :

- W : composante zonale du flux (0 si c'est un flux d'Ouest, 0 si c'est un flux d'Est).
- S: Composante méridienne du flux (0 si c'est un flux du Sud, et 0 si c'est un flux du Nord).

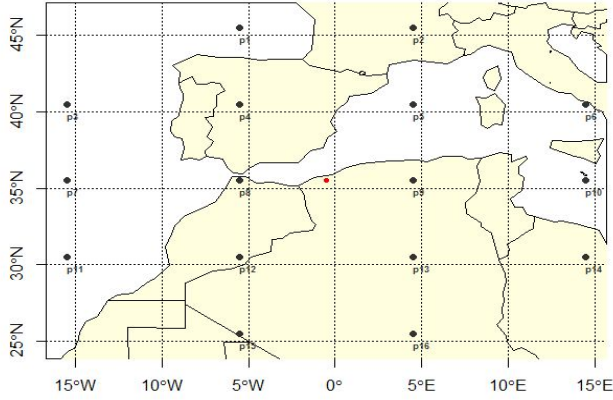


Figure 2. Distribution des 16 points de grille de la station d'Oran Es-Sénia

- D : Direction du vent
- F : Flux résultant fonction de W et S
- ZW : Composante zonale du tourbillon (0 si c'est de direction Ouest, et 0 si c'est de direction Est).
- ZS : Composante méridienne du tourbillon (0 si c'est de direction Sud, et 0 si c'est de direction Est).
- Z : Tourbillon total (Z=ZW+ZS).

Les composantes ouest et sud du flux décrivent l'écoulement zonal et méridien de l'air sur la zone, tandis que le tourbillon de cisaillement total nous informe sur la rotation de l'air atmosphérique. La comparaison entre le flux total et le tourbillon total fixe les règles de définition du type de temps.

Les indices énoncés plus haut sont calculés par les formules suivantes (Jones et al. 1993) [3]:

$$wf = \frac{1}{2}(P_{12} + P_{13}) - \frac{1}{2}(P_4 + P_5) \quad (1)$$

$$sf = A \left[\frac{1}{4}(P_5 + 2P_9 + P_{13}) - \frac{1}{4}(P_4 + 2P_8 + P_{12}) \right] \quad (2)$$

$$F = \sqrt{(sf)^2 + (wf)^2}$$

$$zs = B \left[\frac{1}{4}(P_6 + 2P_{10} + P_{14}) - \frac{1}{4}(P_5 + 2P_9 + P_{13}) - \frac{1}{4}(P_4 + 2P_8 + P_{12}) + \frac{1}{4}(P_3 + 2P_7 + P_{11}) \right] \quad (4)$$

$$zw = C \left[\frac{1}{2}(P_{15} + P_{16}) - \frac{1}{2}(P_8 + P_9) \right] \quad (5)$$

$$- D \left[\frac{1}{2}(P_8 + P_9) - \frac{1}{2}(P_1 + P_9) \right]$$

$$z = zs + zw \quad (6)$$

avec:

$$A = \frac{1}{\cos(\theta)}$$

$$B = \frac{1}{\sin(\theta - 5)}$$

$$C = \frac{1}{\sin(\theta + 5)}$$

$$D = \frac{1}{2 * \cos^2(\theta)}$$

θ : Latitude du point central.

Les (p1, p2, p3, ..., p16) représentent la valeur du champ de pression sur chaque point de grille correspondant. Le flux et le tourbillon ont une unité géostrophique s'exprimant en hPa par 10° de latitude à la latitude définie par celle du point central (35.5°N, 0.5°W). Les constantes A, B, C et D sont relatives aux différences entre espacements des points de grille suivant les directions zonale et méridienne.

Les conditions (règles) appliquées à ces indices pour la classification selon (Jones et al.1993) [3] sont les suivantes :

La direction du flux est donnée par, valeur à laquelle on rajoute 180° si W > 0. La direction est établie sur une rose de vent à 8 secteurs (45° chacune) La direction qualitative (N, S, ...) est ensuite déterminée sur une rose des vents à 08 directions avec 45° par secteur, donc par exemple le flux d'ouest W se situe entre 247.5° et 292.5°.

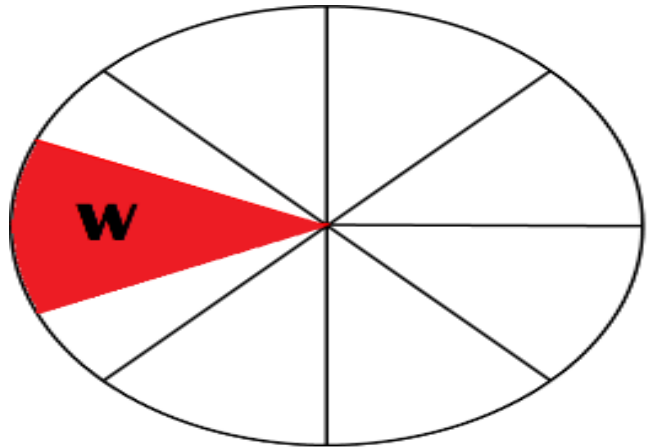


Figure 3. Distribution des 16 points de grille de la station d'Oran Es-Sénia

Si $|Z| < F$, le régime est purement directionnel de direction déterminée via l'étape précédente.

Si $|Z| > 2F$, alors le régime est purement rotationnel, soit cyclonique ($Z > 0$) ou anticyclonique ($Z < 0$).

Si $F < |Z| < 2F$, alors le régime est hybride, on détermine alors la direction (étape 1) et le caractère cyclonique/anticyclonique (étape 3).

Si $F < 6$ et $|Z| < 6$, type de temps est dit indéterminé.

3. Résultats et discussions

Climatologie des types de temps sur la région d'étude

L'application de la méthode de classification de Jenkinson-Collison a permis d'identifier les types de temps qui règnent sur l'aéroport d'Oran Es-Sénia durant la période considérée, ainsi les résultats obtenus, sont résumés dans le Tableau 2.

| | N | E | W | S | NW | NE | SE | SW | A | C | Hybride |
|------------------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|---------|
| Nombre de jours | 1004 | 5219 | 366 | 384 | 511 | 3373 | 1063 | 469 | 4040 | 1175 | 5407 |
| Proportion | 4.36 | 22.68 | 1.59 | 1.67 | 2.22 | 14.66 | 4.62 | 2.04 | 17.56 | 5.11 | 23.5 |
| Moyenne annuelle | 16 | 83 | 6 | 6 | 8 | 54 | 17 | 7 | 64 | 19 | 86 |

Table 2. Total des jours, proportion et moyenne annuelle pour chaque type de temps période (1959 – 2021)

L'examen de résultat de la classification, montre que le type de temps dominant est caractérisé par un flux d'Est avec en moyenne 83 jours par an, soit 22.68 %, suivi par un régime Anticyclonique dont la proportion est 17.56%. Le flux de Nord Est quant à lui présente 14.66%. A noter que le régime hybride présente une forte proportion de 23.5 %, mais cette dernière présente la combinaison des deux régimes rotationnel et directionnel, et les types hybrides sont comptés comme égaux à une part de l'occurrence des types majeurs dont ils dérivent.

3.1 Régimes de temps et occurrence du brouillard

L'examen de la distribution de l'occurrence du brouillard en fonction des types de temps pour chaque saison, montre une différence notable entre les types de temps pouvant être à l'origine de l'installation du brouillard. C'est ainsi que nous avons remarqué que les types de temps E et A contrôlent la mise en place du brouillard en plein saison automnale, en affichant une occurrence dépassant 20% (193 jours) et 19% (184 jours) ; d'autres types de temps peuvent développer du brouillard mais d'une façon limitée par rapport aux deux premiers. Il s'agit essentiellement du régime NE, environ 12.7%. Des contributions plus faibles étant repérées sur les autres types de circulations notamment celles de type C et ses dérivés.

L'observation du brouillard en saison printanière est pilotée par des configurations météorologiques engendrant des types de temps sorte E, NE et A avec une préférence du type E par rapport aux autres d'après l'analyse de l'occurrence du phénomène au cours de la période 1959-2021.

Il s'est avéré que les conditions dynamiques A sont responsables à l'occurrence du brouillard hivernal. La particularité de ce type de circulation est qu'il prédomine nettement en signalant un chiffre dépassant les 32% (424 jours) minimisant ainsi le rôle joué par les autres types de circulations dans l'installation du brouillard au cours de cette saison.

Le brouillard d'été présente une certaine similitude en termes de régimes dynamiques responsables de son observation. Le régime directionnel E contrôle l'installation du brouillard de façon très marquée avec une contribution moins importante de flux de NE. Les autres types de temps se démontrent loin d'être efficaces pour favoriser le développement du brouillard.

On note que les régimes de temps à l'origine de la mise en place des conditions physiques développant du brouillard oscille entre le régime E qui se démontre déterminant pour l'ensemble des saisons à l'exception de la saison hivernale pour la quelle seule la circulation type A qui soit motrice

et le régime NE qui propose sa candidature en deuxième position.

On note aussi, que lorsque la circulation atmosphérique engendre un flux de type A, le brouillard peut s'observer d'une façon assez importante pendant les trois saisons à part la saison estivale.

3.2 Configurations synoptiques adéquates à la formation du brouillard

A l'échelle synoptique, la formation du brouillard dépend fortement de la distribution spatiale du champ de la pression réduite au niveau de la mer (MSLP). Cette distribution met en évidence les centres d'action et les flux associés qui sont favorables à l'occurrence du brouillard. Cette approche statistique et climatologique (Climatologie synoptique) permet d'associer la formation du brouillard aux processus de grande échelle.

L'analyse composite permet d'observer la circulation atmosphérique via une carte de pression réduite au niveau de la mer lorsque le phénomène de brouillard est observé sur le site d'intérêt. Ces cartes ont été établies en sélectionnant le champ barrique des jours avec brouillard, puis une moyenne sur le domaine d'étude du champ de pression a été calculée.

Les deux configurations dominantes seront présentées dans ce qui suit

La carte composite présente une configuration fortement Anticyclonique où l'anticyclone est très étendu et couvre une bonne partie de la méditerranée occidentale. Notre région d'intérêt observe de fortes valeurs de pression installant un flux anticyclonique en provenance de la mer méditerranéenne, favorisant ainsi l'apport de l'humidité. Plusieurs types de brouillard peuvent se former sous ce régime. En effet, par advection de l'humidité durant la journée et un refroidissement nocturne, surtout en hiver (le plus souvent ciel clair accompagné des conditions anticycloniques) si le vent est faible on assistera à la formation du brouillard de rayonnement. Un autre scénario est l'advection de l'air humide sous l'effet de brise de mer ce qui a pour effet la formation des stratus bas. L'affaissement de stratus donne lieu à la formation du brouillard. On peut citer aussi le brouillard dû à l'inversion de température suite au renforcement de l'anticyclone. La figure 6 montre la carte composite brouillard et régime d'Est. L'examen de cette carte montre que notre zone d'intérêt située entre une zone dépressionnaire et une zone anticyclonique. Ceci se traduit par des vents faibles sur la région (large gradient). Cette classe représente le scénario où la dépression est située au sud de l'Algérie et communique une vaste zone Anti-

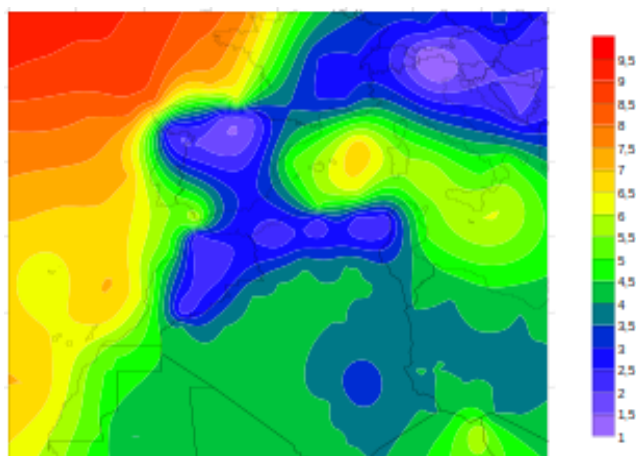


Figure 7. Carte composite brouillard et vents moyens

printanière et (93.9%) pour la saison hivernale.

4. Conclusion

L'étude menée a permis l'élaboration d'une climatologie des types de temps définis par la méthode Jenkinson-Collison sur l'aéroport d'Oran Es-Sénia, ainsi que les principaux régimes favorisant l'occurrence du brouillard sur la zone étudiée. Les brouillards d'hiver, de printemps et d'automne sont le plus souvent engendrés par des situations synoptiques favorisant des régimes anticyclonique et Est, tandis que le brouillard d'été se produit généralement sous les régimes d'Est et de Nord Est.

References

- [1] Costanza Del Gobbo, Renato R Colucci, Giovanni Monegato, Manja Žebre, and Filippo Giorgi. Atmosphere-cryosphere interactions at 21 ka bp in the european alps. *Climate of the Past Discussions*, pages 1–24, 2022.
- [2] Nathalie Schaller, Jana Sillmann, Malte Müller, Reindert Haarsma, Wilco Hazeleger, Trine Jahr Hegdahl, Timo Kelder, Gijs van den Oord, Albrecht Weerts, and Kirien Whan. The role of spatial and temporal model resolution in a flood event storyline approach in western norway. *Weather and Climate Extremes*, 29:100259, 2020.
- [3] Juan A Fernández-Granja, Swen Brands, Joaquín Bedia, Ana Casanueva, and Jesús Fernández. Exploring the limits of the jenkinson-collison weather types classification scheme: a global assessment based on various reanalyses, 2023.