

LA TEMPÊTE DE SABLE DU 19 AU 22 FÉVRIER 2004 EN ALGÉRIE : CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET CARACTÉRISTIQUES

Z. Nouaceur¹

ABSTRACT

The Sirocco wind represents in Algeria a hot and dry wind that blows from the Sahara, towards the coastal regions. At the time of the occurrence of this type of phenomenon, the uprising of dust and sand by the winds strongly reduce the visibility. In the same time, we can observe a spectacular and unusual rise of the temperatures in the regions of the north of the country. The situation that prevailed from February 19 to 22 2004 represents an extreme case of the types of Sirocco weather. The aerological and climatic analysis of this event tends to show that the types of weather associated with the Sirocco wind represent a phenomenon the impact of which on the economic activity, the health of the populations and the evolution of the global and regional climate is incontestable.

Key-words: climate, sand-winds, Sirocco, lithométéore

*

1. INTRODUCTION

En période hivernale, L'accentuation du déficit thermique dans l'Arctique impose une circulation atmosphérique généralement zonale dans l'hémisphère Nord. Sur l'Afrique du Nord, durant cette période, les anticyclones des Açores et de Libye sont soudés ou séparés par un seuil peu profond. Les perturbations polaires qui circulent au nord de ce système, sont rejetées sur la Méditerranée et l'Europe occidentale. Lorsque ces deux centres d'action sont séparés par un thalweg, la circulation devient méridienne et permet ainsi à l'air polaire de se glisser le long de la face orientale de l'anticyclone des Açores et d'atteindre les basses latitudes. L'air chaud équatorial prend le chemin inverse et remonte vers le nord sur l'autre face du thalweg, le long de la cellule libyenne. Ces mouvements ondulatoires et divergents de la circulation atmosphérique, sont appelés des ondes de Rossby,. Dans sa progression, la coulée froide est liée à une configuration aérologique spécifique, qui se résume en un couloir dépressionnaire en surface, positionné à l'avant de la cellule anticyclonique et un thalweg d'air froid, puis parfois une goutte froide en altitude. Cette situation est souvent accompagnée d'un vent fort de secteur sud-ouest. Ce courant d'accélération, axé sud-ouest / nord-est, matérialise le Jet subtropical sur le flanc oriental de l'onde. L'advection d'air froid sur les régions tropicales peut être à l'origine de la genèse de perturbation active d'altitude, lorsque des advections tropicales ou équatoriales se produisent simultanément. Ces cellules se déplacent en général d'ouest en est. Des perturbations convectives mobiles peuvent aussi prendre naissance dans le flux d'est des couches inférieures (Dhonneur, 1978). Ces incursions froides dans le domaine tropical favorisent ainsi une accélération des flux d'air nécessaire à la prise en charge du matériel fin. La dynamique éolienne devient très active dans ces régions aride et semi -aride où la masse de poussière mobilisable par le vent est considérable. Au Sahara et sur ces marges occidentales, cette quantité varie de 60 à 200

¹ Université de Rouen (France), UMR IDEES, LEDRA, 1 Rue Thomas Becket, Mont – Saint – Aignan, 76821 Cedex.

millions de tonnes. Coudé–Gausson & al. (1994), Moulin & al., (1997) estiment que près d'un million de tonnes de particules et d'aérosols se retrouvent chaque année en suspension dans l'atmosphère. Ce matériel est ensuite transporté dans le sillage des vents dominants au large des côtes africaines, vers l'Europe du Sud (Dragana & al 2004) et même vers l'Europe du Nord (Franzen & al 1995). On a même signalé des poussières éoliennes africaines sur des régions aussi éloignées que l'île de la Barbade (Shinn & al. 2000) et l'Est asiatique (Taichu & al 2006). Les vents de sable sont des phénomènes météorologiques à part entière, ils font partie des types temps connus sous le nom de « lithométéore » (Nouaceur, 1999, 2004). Ces manifestations aérologiques sont définies par le mode de transport, la concentration et la durée de suspension des particules de poussières et de sables dans l'atmosphère. Les tempêtes de sable, constituent un volet non négligeable de cette nomenclature (WMO, 1996). Le Sirocco est un vent de sable qui souffle depuis le sud en Algérie, il est aussi appelé « *Chhili* ». Durant les journées de Sirocco, une hausse inhabituelle des températures et une accentuation de la sécheresse de l'air sont observées, notamment sur les plaines littorales. Dans le même temps, un important transport des poussières s'opère depuis le centre du Sahara, vers l'Europe.

2. METHODOLOGIE

La méthode de travail utilisée pour cette analyse est basée sur une étude fine des situations synoptiques et climatiques qui ont engendré cet épisode de poussière. Cette investigation est faite à partir de données climatiques, de cartes isobares du niveau de la mer et de cartes des surfaces isobariques (500 et 850 hPa). Ces cartes sont publiées quotidiennement et archivées sur le site <http://www.wetterzentrale.de>.

Les données météorologiques (vitesse et direction du vent, température, humidité relative et type de temps) ont été collectées sur le site <http://www.weather.uwyo.>, elles proviennent du réseau météorologique algérien et concernent 24 stations (figure 1).

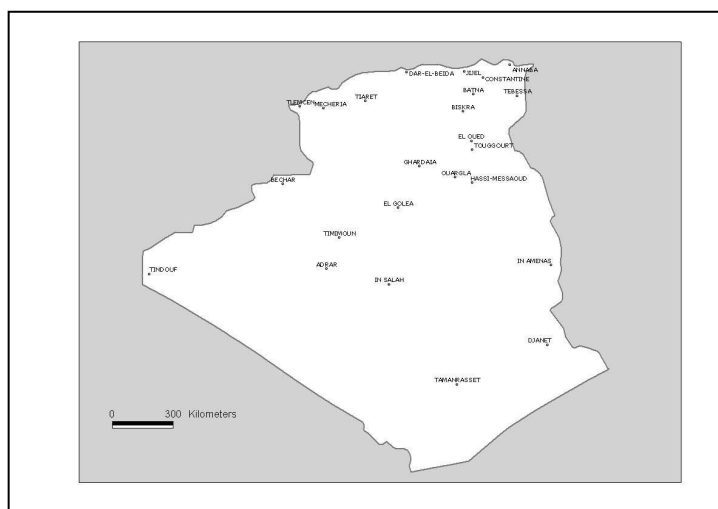


Fig. 1 Carte du réseau météorologique

3. ANALYSE DE LA SITUATION METEOROLOGIQUE

La situation observée entre le 19 et le 22 février 2004 est conforme au schéma de l'advection polaire. L'air froid pénètre en altitude le domaine saharien, il entraîne ainsi la remontée d'air tropical chaud et humide vers le nord-est de l'Afrique septentrionale. Cette dynamique a favorisé le creusement d'une dépression (986 hPa) positionnée initialement sur les îles Canaries et dont l'activité cyclonique a provoqué l'aspiration des poussières éoliennes sahariennes vers le nord. Ces transferts sont confirmés par les taux de particules « PM10, particule de diamètre inférieur à $10\ \mu$ » enregistrés par le réseau de surveillance de la qualité de l'air Airmarais (Réseau de surveillance de la qualité de l'air de l'Est des Bouches - du - Rhône, du Var et du Vaucluse en France). Cinq stations marseillaises affichent le 21 février, les taux journaliers les plus élevés de l'année 2004 (plus de $100\ \mu\text{g par m}^3$) (Airmarais, 2004). A Avignon, la situation est similaire, les deux stations de mesure des poussières, enregistrent le même jour ($106\ \mu\text{g}$ à la Mairie et $96\ \mu\text{g}$ sur Le Pontet).

L'analyse des conditions en altitude (500 hPa) est plus appropriée pour dévoiler le cheminement de l'air froid qui s'engouffre dans les couches moyennes de l'atmosphère, vers le sud. La progression dans le méandre décrit par le thalweg commence dès le 19 février, la limite méridionale de tout ce système correspond au 40e parallèle nord (figure 2). Son axe principal est orienté nord - est / sud - ouest selon une trajectoire qui va de la France jusqu'en Sibérie. Au 20 février, la progression vers le sud-ouest continue, l'onde cyclonique qui s'est constituée sur ce parcours s'étend jusqu'au 20e parallèle. Le 21, une goutte froide se détache sur la péninsule Ibérique, elle concerne aussi l'ouest de la France, le Maroc Occidental ainsi que le Sud des Îles Britanniques. Les cartes des températures enregistrées à 850 hPa (environ 2500 m) montrent bien la descente de l'air froid polaire en direction des tropiques (figure 3). L'isotherme $0\ ^\circ\text{C}$ atteint ainsi une latitude $40^\circ\ \text{N}$ entre le 19 et le 20 février. Ces cartes montrent aussi la forte poussée d'air chaud axée sud-sud-ouest / nord-nord-est sur l'Algérie orientale et la Tunisie. Le schéma qui est décrit plus tôt semble relayé par la dynamique actuelle, progression de l'air froid vers les latitudes méridionales et compensation par une advection chaude vers les latitudes septentrionales.

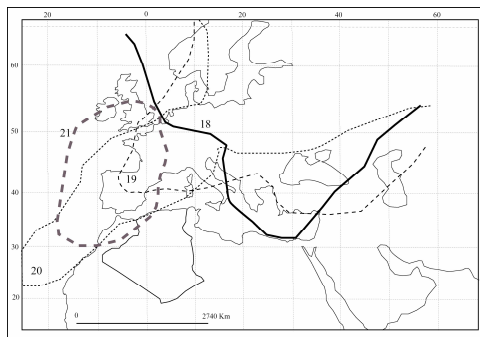


Figure 2. Évolution de l'isohypse 556 dam entre le 19 et le 21 février 2004. Synthèse obtenue à partir des cartes du géopotentiel du niveau 500 hPa publiées sur le site : <http://www.wetterzentrale.de>

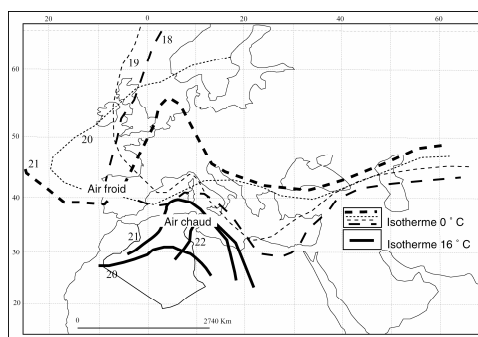


Figure 3. Évolution des isothermes 0 et $16\ ^\circ\text{C}$ entre le 19 et le 20 février 2004. Synthèse obtenue à partir des cartes de température du niveau 850 hPa, publiées sur le site : <http://www.wetterzentrale.de>.

En surface, la dynamique s'articule autour d'un creusement d'une dépression en relation avec la situation d'altitude. La position initiale de cette cellule cyclonique est notée sur le littoral du Sahara occidental, dès les premières heures (2 h 29 min) de la journée du 20 février (figure 4). Tout ce système évolue vers l'est, la perturbation est bien formée à 15 h 14 min et son front froid touche les côtes mauritaniennes et remonte vers le moyen Atlas marocain. Une circulation tourbillonnaire s'établit sur toute la région et dans le secteur chaud de la perturbation, une importante accélération des vents liée à l'aspiration de l'air chaud saharien est notée. Le 21 février, la perturbation et son front froid progressent vers le nord-est, l'axe de ce système est positionné à 15 h 14 min selon un arc qui va de l'Erg *Echech* au sud, jusqu'au centre du littoral algérien (figure 4). Le vortex est centré sur l'Espagne et la dépression tend à se combler puisque son noyau atteint 993 hPa. La perturbation continue sa progression en spirale vers le nord-est le 22 février. Le front froid se décale encore vers l'est algérien. Sur la méditerranée, le système s'incurve pour atteindre le sud de la France. La perturbation perd encore de son activité et la pression au niveau du vortex est de 1003 hPa. Le 23 février, elle se comble progressivement en poursuivant son périple vers l'est.

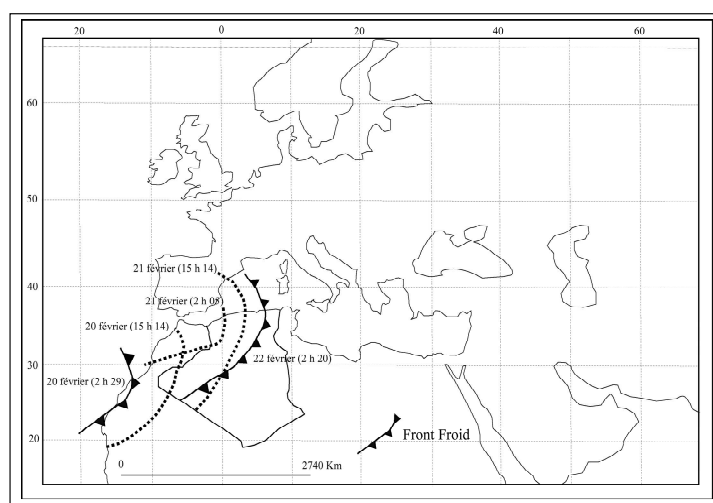


Fig. 4 Évolution du front froid entre le 20 et le 22 février 2004.
Synthèse obtenue à partir des cartes publiées sur le site :

[http://www .weather.uwyo.](http://www.weather.uwyo)

4. ÉVOLUTION DU TEMPS

4. 1. ACCÉLÉRATION DES VENTS ET BAISSSE DE LA VISIBILITÉ

Les vents qui soufflent sur tout le territoire algérien, entre le 19 février à 12 h et jusqu'au 22 février à la même heure, présentent des directions du quadrant sud (secteurs 180 à 240°)

(tableau 1).

Observations horaires des directions (case en gris) des vents du quadrant sud (120° - 240°)

(Données du 19, 20, 21 et 22 février 2004)

Tableau 1

Date	19	20				21				22		
Heure	12 H	12 H	14 H	16 H	18 H	12 H	14 H	16 H	18 H	12 H	14 H	18 H
DAR-EL-BEIDA												
DJANET												
TAMANRASSET												
JIJEL												
MECHERIA												
ANNABA												
CONSTANTINE												
TEBESSA												
BATNA												
TIARET												
TINDOUF												
TLEMCEN												
BECHAR												
ADRAR												
BISKRA												
EL GOLEA												
GHARDAIA												
HASSI-MESSAOUD												
IN SALAH												
TOUGGOURT												
EL OUED												
TIMIMOUN												
OUARGLA												
IN AMENAS												

Dès le 19 février, les observations au sol mettent en évidence sur les Hauts plateaux, un axe d'accélération des vents « ouest – est ». Les vitesses atteignent, dans ce secteur 15 m / s à Mécheria où l'on note les premières observations de tempête. A Tiaret et à Batna, les anémomètres enregistre des vents avec des vitesses de l'ordre de 14 m / s pour la première station et 13 m/ s pour la seconde.

Le 20 février, un deuxième foyer d'accélération concerne le sud – ouest et le centre du Sahara. Les directions des vents affichent une orientation sud – sud - est (160°) à sud – sud - ouest (220°) dans plusieurs stations. Dans le même temps, les vitesses augmentent dans l'axe du front froid de la perturbation. Les plus fortes valeurs sont enregistrées à El Goléa, Adrar et In Salah avec respectivement 21 m / s, 19 m / s et 15 m / s. Les visibilités au sol sont fortement réduites par le soulèvement et la mise en suspension des sables et des poussières sahariens.

Le 21 février, dès les premières heures de la journée, la situation évolue. Une grande partie du pays observe une réduction sévère de la visibilité (figure 5). Un seuil de moins

500 m est noté à 12 h dans neuf stations. L'observation de brume de poussière est généralisée sur le pays. De la brume sèche est notée aussi dans certaines stations du littoral et du centre du Sahara.

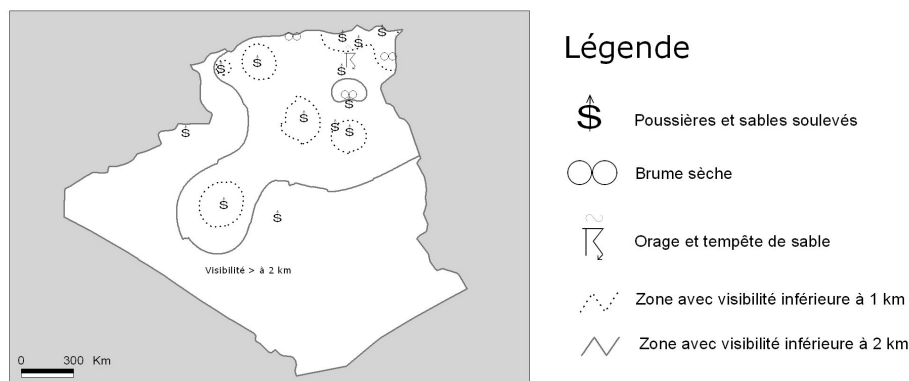


Figure 5. Types de temps et visibilité le 21 février 2004 à 12 h. D'après les données collectées sur le site : [http://www .weather.uwoy](http://www.weather.uwoy).

A Batna, station située sur les Hauts plateaux, les vents soufflent avec des vitesses évaluées à 16 m / s à 02 h, 06 h et 11 h du matin (figure 6). La baisse de la visibilité occasionnée par les poussières sahariennes est très importante, l'observation de 16 h indique une réduction de 0,750 m (figure 6). De violents orages éclatent l'après-midi et des pluies de boue rougeâtre tombent sur cette localité.

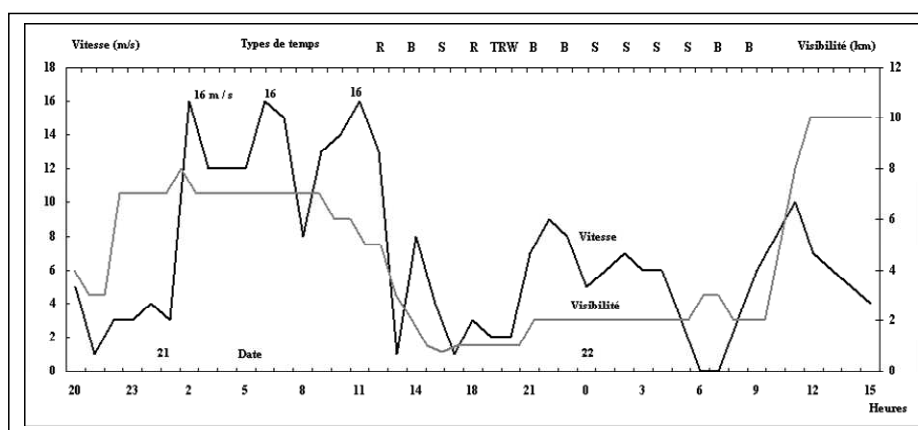


Fig. 6 Types de temps, vitesse du vent et visibilité enreG.I.Strés entre le 20 et le 22 février 2004 à Batna. R = pluie, B = brume de poussière, S = tempête de sable, TRW = Orage. D'après les données collectées sur le site : [http://www .weather.uwoy](http://www.weather.uwoy).

Dans plusieurs régions, du nord du Sahara aux plaines littorales du centre et de l'est, le ciel s'assombrit et prend une couleur ocre, témoignant ainsi de l'importance de la prise en charge de la poussière et des sables par les vents. En fin d'après-midi, vers 18 h, des pointes de vitesses élevées sont toujours notées dans quelques stations sahariennes, 25 m / s et 20 m / s respectivement à Hassi Messaoud et El Goléa. Durant la nuit, la situation évolue, les vitesses du vent diminuent et les visibilités s'améliorent progressivement. Le 22 février au matin, des averses de pluie sont notées à Annaba, Tébessa, Ouargla, Hassi – Messaoud et El

Goléa. Dans ces trois dernières stations sahariennes, les pluies sont imprégnées de poussières éoliennes. En fin d'après-midi, la situation redevient normale

4. 2. SÉCHERESSE DE L'AIR ET HAUSSE DES TEMPÉRATURES, UN TYPE DE TEMPS CARACTÉRISTIQUE DES JOURNÉES DE SIROCCO

Le Sirocco est un vent qui charrie des masses d'air chaud et sec du centre du Sahara vers les plaines littorales. Dans sa progression vers le nord, il traverse tous les ensembles morpho - structuraux du pays. Il commence son périple par la traversée de l'Atlas saharien qui dépasse les 2000 m d'altitude. Il aborde ensuite les Hauts plateaux où l'altitude est légèrement supérieure à 1000 m. Après ce relief, une nouvelle fois, le Sirocco franchit une chaîne de montagne élevée « la chaîne Tellienne » et atteint enfin les plaines littorales. Lors de ce dernier mouvement, les masses d'air saharien se compriment adiabatiquement. Ce mouvement assèche encore plus l'air et favorise l'augmentation des températures. La situation observée lors de cet épisode de poussière est marquée par cette particularité du Sirocco. Les températures enregistreées ont été exceptionnellement élevées pour la saison sur les régions nord du pays.

L'examen de l'évolution horaire des températures et de l'humidité relative dans les stations de Constantine, Jijel et Annaba, montre clairement la progression de l'air chaud et sec depuis les zones sahariennes vers le nord du pays. Les courbes d'évolution présentent toutes des profils contraires.

A Constantine (station située sur les Hauts plateaux), la hausse des températures est accompagnée d'une baisse sensible de l'humidité relative (figure 7). Le minimum d'humidité (19 %) est enregistré le 20 février à 21 h. Les températures horaires nocturnes affichent aussi des valeurs inhabituelles en cette saison. A 00 h, on enregistre ainsi 22,4 °C. La tendance des deux courbes ne s'inverse que dès 21 h le 21 février, puisqu'à partir de ce moment, l'humidité relative retrouve des valeurs supérieures à 60 %.

L'évolution des températures et de l'humidité à la station d'Annaba (située sur le littoral) est conforme à la situation observée à Constantine (figure 7). On retrouve ainsi une très forte hausse des températures le 21 février avec un maximum de 27 °C enregistré à 12 h. En opposition avec la tendance des températures, les valeurs de l'humidité relative affichent des seuils très bas qui sont inférieurs à 35 % entre 20 h le 20 février et 13 h le lendemain. Le point minimal de 19,8 % est atteint à 23 h, le 20 février. Encore une fois, les températures nocturnes restent élevées pour la saison, elles sont supérieures à 20 °C pour toute la nuit du 20 au 21 février.

Dans la station de Jijel (située aussi sur le littoral), le même phénomène est observé (figure 7). Les températures, qui étaient lors des journées précédentes fraîches et n'excédaient pas 17 °C, sont soumises à une très forte augmentation. Le maximum « 27 °C » est atteint entre 15 et 17 h le 20 février. Durant la nuit du 20 au 21, les températures nocturnes atteignent des seuils quasi - inhabituels pour un mois de février. On observe ainsi plus de 20 °C toute la nuit et tôt le matin et 26 °C entre 21 et 23 h. Une chute brutale de l'humidité est notée dès 11 h du matin le 20 février. Les valeurs sont inférieures à 10 % à partir de 18 h et jusqu'à 6 h le lendemain.

Les situations observées à Constantine, Annaba et Jijel, illustrent d'une manière flagrante, l'effet caractéristique des vents Sirocco. La descente des masses d'air sur les plaines littorales entraîne une hausse spectaculaire des températures et une sécheresse accrue.

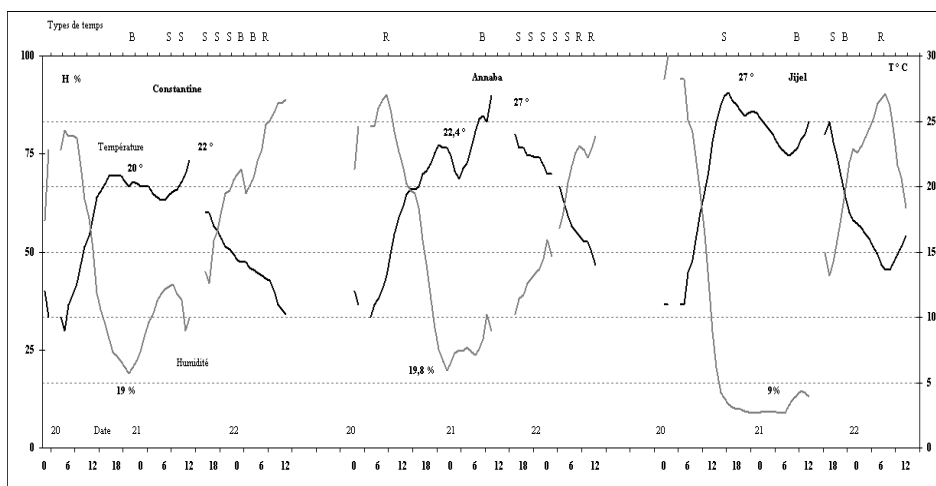


Figure 7. Évolution horaire de l'humidité et de la température du 20 au 22 février 2004 dans les stations de Constantine, Annaba et Jijel. R = pluie, B = brume de poussière, S = tempête de sable, TRW = Orage. D'après les données collectées sur le site : <http://www.weather.uwyo>

Les écarts de températures, évaluées entre les données de la station d'Annaba et quelques stations du Sahara oriental, expriment cette particularité (tableau 2). On constate l'écart négatif du 19 et 20 février. Pour cette dernière date, ce seuil est plus intense et dépasse - 10 °C pour presque toutes les stations (sauf pour El Oued). Cette importante différence est liée à la date d'arrivée de l'air chaud sur les régions sahariennes qui a eu lieu le 20 février. Les températures enregistrées cette journée ont été encore plus chaudes que celles observées lors du 19 février. L'arrivée de masses d'air saharien à Annaba a eu lieu le 21 février, elle explique le passage à des écarts positifs relevés à 13 h ce même jour. La journée du 21 se détache ainsi clairement par des valeurs positives, qui illustrent la hausse des températures observée dans la station littorale.

Écarts des températures enregistrées dans la station d'Annaba et dans quelques stations sahariennes (période du 19 au 22 février 2004)

Tableau 2

Date	Heure	El Oued	Touggourt	Ghardaia	Ourgla	Hassi - Messaoud	In Salah
19	12	-1	-1	-2	-3	-4	-6
20	14	-9	-12	-12	-15	-14	-17
21	13	4	3	4	0	1	3

5. IMPACT DU SIROCCO SUR L'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE ET SUR LA SANTE

La baisse de visibilité qui accompagne généralement les vents de sable (Nouaceur, 2004), est à l'origine d'importantes perturbations de la navigation aérienne. A Nouakchott, en Mauritanie, une moyenne de plus de 200 jours avec visibilité réduite par les poussières et les sables, est comptabilisée chaque année. Inutile de préciser que les perturbations aériennes sont bien plus qu'occasionnelles sur l'aéroport de la capitale mauritanienne. Lors de la tempête de sable du 21 février 2004, la compagnie Air Algérie a dû subir une situation

aérienne exceptionnelle. Plusieurs vols nationaux et internationaux ont été annulés ou détournés sur d'autres aéroports où la visibilité était meilleure. Le coût économique de telles perturbations est considérable pour les compagnies aériennes qui doivent chaque fois prendre en charge tous les frais occasionnés par de telles défaillances. Au niveau de la circulation routière, la baisse de la visibilité a occasionné de nombreux accidents de la route. Sur tout le territoire algérien, les journées du 20 et du 21 février 2004 ont été caractérisées par une augmentation importante des d'accidents de la route (El Moudjahid, 21 et 22 février 2004). Lorsque la vitesse des vents augmente, leur capacité de transport et d'érosion est renforcée. Ceci accentue l'ensablement des grands axes routiers sahariens. Les longs tronçons algériens qui relient Adrar à Bordj Baji Mokhtar et In Salah à Tamanrasset, sont régulièrement coupés par des dunes de sable. On constate le même phénomène en Mauritanie sur la Route de l'Espoir (reliant Nouakchott à Boutilimit). Si les signes de l'ensablement sont parfaitement visibles dans le paysage naturel, l'augmentation des poussières éoliennes dans l'atmosphère est difficilement quantifiable. L'appréciation d'une telle charge véhiculée par les vents depuis le centre du Sahara est donnée par l'importance de l'augmentation des observations des brumes de poussière au Sahel (Nouaceur 1999, Ozer 2000). Cette masse de particules qui sédimentent très lentement sur les régions concernées par ce type de phénomène est à l'origine de nombreuses maladies (affections de la sphère ORL) qui affectent les populations locales. Le centre hospitalier universitaire d'Alger a enregistré durant cet épisode de Sirocco, l'admission en urgence de plus de 500 malades asthmatiques (El Moudjahid, 2004). Au service des urgences médicales de la wilaya d'Oran, on a noté plus de 200 admissions relevant de la même pathologie. Dans le même temps, à Tiaret, on a compté l'admission à l'hôpital de 25 personnes souffrant de difficultés respiratoires. Ces chiffres, même s'ils ne sont pas importants par rapport à l'ensemble de la population urbaine, montrent cependant les effets extrêmement néfastes sur la santé du type temps lourd, chaud et poussiéreux qui accompagne généralement les vents « Sirocco ».

6. CONCLUSION

La situation météorologique qui a été observée du 19 au 22 février 2004 est à rattacher à une descente d'air froid en altitude, véhiculée par un thalweg. Cette configuration a favorisé l'accélération des flux et la mise en place de vents de sable de secteur sud sur une grande partie du territoire algérien.

L'une des singularités des vents Sirocco est sans aucun doute le changement de temps occasionné par l'arrivée des masses d'air chaud et sec qu'il véhicule depuis le Sahara, vers les plaines littorales. Sur ces dernières régions, une hausse remarquable des températures et une sécheresse accrue des masses d'air sont notées en relation avec la descente provoquée par le relief.

Dans son sillage, ce vent transporte aussi une quantité non négligeable de particules terrigènes qui réduisent la visibilité. Lors de la journée du 21 février, une grande partie du territoire algérien a connu une réduction de visibilité très sévère. Lorsque l'accélération des flux est suffisante, les poussières éoliennes sont expulsées de l'Afrique du Nord vers des régions aussi lointaines que le nord de l'Europe. Le Sahara est d'ailleurs considéré comme la source la plus importante d'aérosols terrigènes à l'échelle mondiale (Javier & al 2002).

Sur le plan économique, les vents Sirocco agissent par la réduction de la visibilité qu'ils occasionnent sur les liaisons routières et aériennes dans toutes les régions concernées par ce type de manifestations. Sur le plan de la santé humaine, nul doute que la pollution terrigène qui accompagne ce type de manifestation entraîne de nombreuses pathologies

dermatologiques, respiratoires et oculaires. La recherche dans ce dernier axe reste cependant difficile à faire. Il faut en effet isoler l'action réelle de la poussière éolienne sur la santé humaine, des autres causes liées aux comportements et habitudes des populations locales (tabac, G.I.Sme, hygiène, habitudes vestimentaires, etc.). Cette problématique rejoint d'ailleurs d'une manière tout à fait similaire les questionnements des chercheurs dans le domaine de la pollution atmosphérique.

BIBLIOGRAPHIE

- Airmarais., 2004, *Résultats annuels de 2004*, 7 p.
- Coudé – Gaussien G., Rognon P., Le Coustumer M., 1994, "Incorporation progressive de poussières sahariennes aux limons des îles orientales du Cap Vert", *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, T 319, II, pp 1343 - 1349.
- Dhonneur G., 1978 : *Traité de météorologie tropicale*. Direction de la Météorologie Nationale, 151 p.
- Dragana D., Zorka V., Ivana T., Miroslava U., 2004, "Contribution of dust transport and resuspension to particulate matter in the mediterranean atmosphere", *Atmospheric Environment*, 38, pp 3637 – 3645.
- El Moudjahid, 2004, quotidien national algérien, 20, 21 et 22 février 2004.
- Franzen L. G., Hjelmroos M., Kallberg P., Rapp A., Mattson J. O., Brorstrom-Lunden E., 1995, "The Saharan dust episode of south and central Europe, and northern Scandinavia", *Weather*, n ° 50, pp 313 – 318.
- Javier P M., Octavio L., Leire M., Ma J., Andrès C., 2002, "Saharan dust storm over the Canary Island during winter 1998 as depicted from advanced very high – resolution radiometer", *Deep Sea Research II*, No 49, pp 3465 – 3479.
- Moulin C., Lambert C., Dulac F., 1997, "Control of atmospheric export of dust from north Africa by the North atlantic Oscillation", *Nature*, No 387, pp 691-694.
- Nouaceur Z., 1999, "Évolution récente des lithométéores en Mauritanie" Thèse de doctorat, Université Jean Moulin Lyon III, 503 p.
- Nouaceur Z., 2004, "Brume sèche, Brume de poussière, chasse – sable et tempête de sable : des types de temps spécifiques des régions sèches ", *Norois*, n ° 191, pp 121 – 128.
- Ozer P., 2000, *Les lithométéores en région sahélienne : un indicateur climatique de la désertification*. Thèse de doctorat en Sciences Géographiques, Université de Liège, 312 p.
- Shinn E. A., Smith G. W., Prospero J. M., Betzer P., Hayes M. L., Garrison V., Barber R. T., 2000, "African dust and demise of Caribbean coral reefs", *Geophysical Research Letters*, No 27, pp 3029 – 3032.
- Stegmann P. M., Tindale N. W., 1999, *Global distribution of aerosols over the open ocean as derived from the coastal zone color scanner*, *Global Biogeochemical Cycles*, No 13 (2), pp 383-397.
- Taichu Y. T., Masaru Ch., 2006, "A numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget", *Global and Planetary Change*, Volume 52, Issues 1-4, July, pp 88-104.
- World Meteorological Organization., 1996 "Guide to meteorological instruments and methods of observation", N° 8, Geneva.
- Sites Internet
<http://www.wetterzentrale.de>
<http://www.weather.uwyo>