

# Étude statistique de l'occurrence des vents de sable dans le sud algérien et de leur impact sur les températures : Étude de cas par le modèle AROME

Soumia BOUARFA <sup>1\*</sup>, Khadidja SLIMANI <sup>1\*</sup>, Mohamed MOKHTARI<sup>2</sup>, Abdenour AMBAR<sup>2</sup>, Amina Feriel SABRI<sup>1</sup>

## Résumé

Cette étude vise tout d'abord à approfondir nos connaissances sur le vent de sable, à travers l'analyse statistique des données de visibilité enregistrées par les stations météorologiques implémentées au Sud de l'Algérie durant la période (2005-2014). Le modèle AROME a été utilisé à haute résolution pour simuler la situation des 11 au 13 Mai 2017 et vérifier son efficacité à modéliser le cycle atmosphérique des poussières désertiques au-dessus de l'Algérie. Les résultats obtenus sont validés avec les données satellitaires et les METAR. D'après l'analyse statistique, nous avons remarqué que le phénomène du vent de sable s'accroît durant le printemps et l'été. Nous avons constaté aussi le bon comportement du modèle AROME dans la simulation des situations du vent de sable, notamment lorsqu'il s'agit de situation extrême telles que les tempêtes de sable.

## Mots Clés:

Vent de Sable — Analyse Statistique — Visibilité — Prévision Numérique du Temps

<sup>1</sup> Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene (USTHB-FSTGAT), Bab-Ezzouar, Alger

<sup>2</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

\*Correspondant: soumiabouarfasb@hotmail.com, skclimat@hotmail.com

## 1. Introduction

Généralement, l'Algérie est soumise aux perturbations du front polaire et du front des Alizés, ainsi qu'aux perturbations temporaires méditerranéennes et tropicales. Mais ces influences dont dépendent les structures des régimes pluviométriques ne sont pas identiques sur l'ensemble du territoire. (Chaumont and Paquin (1971)).

Les vents dominants sont :

- Les vents qui soufflent du Nord-est vers le Sud-ouest dans la partie Sud de pays de façon régulière et modérés des hautes pressions subtropicales vers les basses pressions équatoriales dans le secteur Est. Ce sont des vents constants, car ils soufflent toute l'année avec la même intensité à une vitesse moyenne de 20 km/h.
- Les vents d'Ouest qui font partie de la cellule tempérée et soufflent de hautes pressions tropicales vers les basses pressions péripolaires. Elles proviennent du proche Atlantique, leur mouvement est opposé à celui des Alizés dans l'hémisphère Nord, ils soufflent ainsi du Sud-ouest au Nord-est. Ce type de vent affecte le Nord d'Algérie.

Les deux principales causes de vent de sable à l'échelle globale en Algérie sont :

- Les dépressions et fronts météorologiques qui génèrent des vents forts à violents sur des zones de plusieurs centaines de kilomètres de diamètre (Figure. 1).
- Les effets de méso-échelle comme les lignes de grain (système convectifs) qui rabattent au sol les vents des niveaux moyens de l'atmosphère sur une zone plus limitée (Figure. 2).

Dans cet article on s'intéresse à l'étude de l'occurrence des vents de sable au sud de l'Algérie à partir de l'analyse des don-



FIGURE 1. Image satellite SEVIRI (EUMETSAT) montrant un nuage de poussière sur la Méditerranée (Source : actualite.lachainemeteo.com/ 2015).

nées de visibilité. Ensuite, on étudiera l'impact des aérosols désertiques sur les températures et le rayonnement solaire avec le modèle AROME ( Ambar and Mokhtari (2016) ). Pour réaliser cette étude, nous avons pris la situation des 11 au 13 Mai 2017. Les résultats obtenus sont validés avec les observations réelles (imageries satellitaires et METAR).

## 2. Données utilisées pour l'analyse de visibilité

Nous avons utilisé les données journalières de visibilité de la période 2005-2014 enregistrées par les deux stations météorologiques de Ouargla et de Timimoune appartenant au réseau d'observations de l'Office Nationale de la Météorologie (ONM).

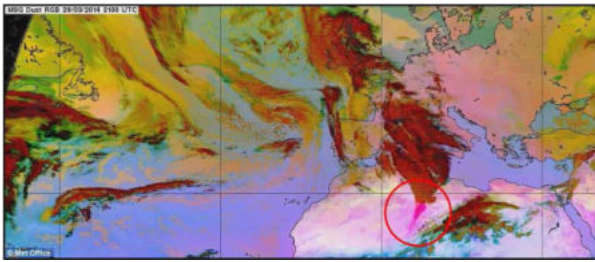


FIGURE 2. Image satellite composite RGB d'un haboobs au Nord de Tamanrasset (phénomène méso-échelle). Le sable est représenté par la couleur magenta (Source : [www.metoffice.gov.uk/](http://www.metoffice.gov.uk/) 2014).

### 3. MÉTHODES D'APPROCHES

Pour la réalisation de notre étude nous nous sommes basés sur deux approches :

#### Approche statistique des données de visibilité

Nous avons réalisé une analyse statistique des données de visibilité par seuils qui sont classés comme suit :

Puis l'analyse annuelle qui nous donne les totaux de jours de vent de sable sur toute la période d'étude (2005-2014) selon les seuils prédéfinis pour les deux stations étudiées.

#### Approche modélisation avec AROME

Nous avons réalisé des simulations sur le calculateur de l'ONM (IBM) en utilisant le modèle AROME-DUST. Cette configuration permet de mieux localiser les zones de soulèvements de poussières désertiques. Nous avons utilisé les sorties liées aux poussières désertiques : concentration de sable, épaisseur optique, visibilité, température de surface et le rayonnement en surface. L'impact radiatif des poussières désertiques a été déduit en utilisant une configuration AROME sans le branchement des poussières. Cette version est désormais appelée AROME-CTL (version de contrôle).

### 4. Résultats et discussions

#### Analyse des données annuelles de visibilité

À l'échelle annuelle, nous constatons que les jours du vent de sable avec le seuil [ 0 km - 0.5 km ] reste souvent faible par rapport aux nombres de jours enregistrés dans les autres seuils, mais ils sont tellement puissants en degré de gravité et peuvent parfois occasionner des dégâts considérables.

Les totaux de jours de vent de sable dans la station de Ouargla et de Timimoune sont presque identiques, mais nous remarquons que pour les seuils [ 0 km - 0.5 km ] et [ 0,5 km - 2 km ] les totaux de jours de vent de sable dans la station de Ouargla sont supérieurs aux totaux de jours dans la station de Timimoune par 64 jours et 276 jours dans chaque seuil respectivement. En revanche dans les seuils [ 2 km-5 km ] et [ 5 km -8 km ] la station de Timimoune a enregistré le plus grand nombre de jour par rapport à Ouargla par 532 jours et 931 jours dans chaque seuil respectivement. Dans l'ensemble nous pouvons dire que les deux stations sont sévèrement touchées par le vent de sable.

#### Simulation de la situation des 11, 12 et 13 mai 2017

La situation des 11 au 13 mai 2017 a été caractérisée par de fort soulèvement de sable sur la région de Tamanrasset,

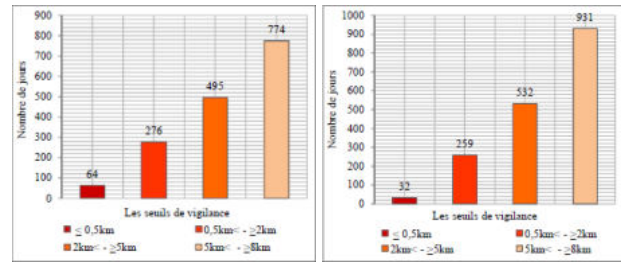


FIGURE 3. Les totaux de jours de vent de sable pendant la période 2005-2014 pour les stations de Ouargla (à gauche) et de Timimoune (à droite).

Adrar et Ouargla. Les observations satellitaires montrent les panaches de poussière au dessus de l'Algérie pour les journées du 11 au 13 mai (Figure 4).

Dans ce qui suit, nous allons analyser les sorties du modèle AROME-DUST puis valider les résultats en utilisant les images satellitaires et les visibilités observées aux niveaux des stations étudiées.

#### Analyse des concentrations des poussières désertiques

L'analyse des champs de concentration de sables montre un développement progressif de l'activité des panaches de poussières désertiques en allant de l'extrême sud (Bordj Badji Mokhtar) jusqu'à l'Est du Sahara algérien (région des Oasis). Cette activité qui a persisté tout au long de l'épisode a été bien reproduite par AROME-DUST (Figure. 5). Durant la journée du 11 Mai 2017, les simulations montrent que la concentration du sable varie entre 0.2 mg/m<sup>3</sup> et 3 mg/m<sup>3</sup> dans la partie Sud et quelques régions du Centre et du l'Est de l'Algérie durant toute la journée, particulièrement la wilaya d'El-Oued, Ouest de Ghardaïa et le Nord d'Adrar. Pour le 12 Mai 2017 une augmentation a été enregistrée dans la wilaya d'El-Oued, Ouargla, Tamanrasset et Illizi, où la concentration de sable maximale est de 4,5 mg/m<sup>3</sup> dans la wilaya d'El-Oued. La journée du 13 Mai 2017, il n'y a pas un grand changement concernant la répartition spatiale de concentration du sable, où il se concentre dans la région de Biskra et El Oued jusqu'à Ouargla, Adrar, Tamanrasset.

#### Analyse des champs de visibilité

Les sorties des champs de visibilité montrent le bon comportement du modèle durant cet épisode (Figure 6). Du 11 au 12 Mai, la visibilité diminue sensiblement sur le Sahara Central (entre 3000 m et 6000 m) jusqu'à la région d'El-Oued et de Biskra (inférieur à 4000 m). Pour la journée du 13 Mai, la situation s'améliore sur le Sahara Central en affichant des visibilités supérieures à 8000 m. Mais elles restent faible sur la partie Est, particulièrement sur le Nord et l'Est d'Ouargla, le Nord d'Illizi et El Oued, avec des valeurs inférieures à 3000 m.

Ces résultats peuvent être confirmés à partir des (METAR) transmis durant ces journées à midi. Les figures 7 et 8 représentent les visibilités observées (METAR) et simulées dans les stations d'El Oued et Ouargla.

En effet, ces deux figures révèlent le bon comportement du modèle AROME-Dust par rapport aux observations. Malgré qu'il surestime les visibilités, mais il arrive à bien saisir les diminutions ce qui permet d'alerter les aéroports du Sud dans les cas extrêmes.

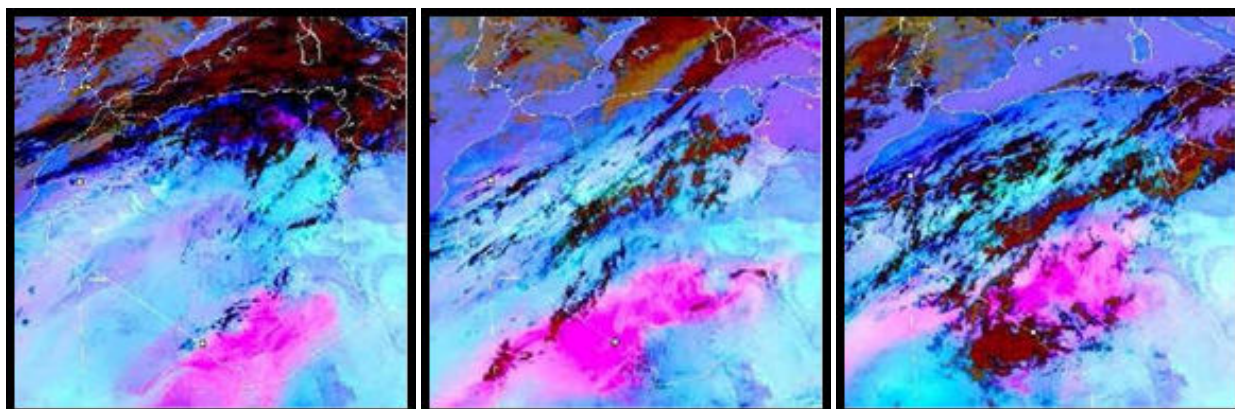


FIGURE 4. Images satellitaires MSG-SEVIRI prise : 11, 12 et 13 mai 2017 à 12h, du gauche à droite respectivement.

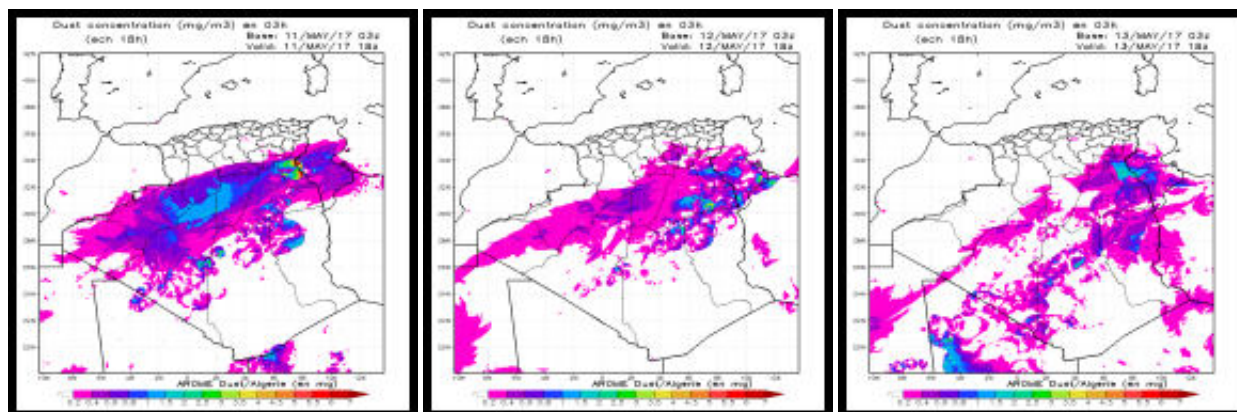


FIGURE 5. Concentrations des poussières désertiques prévues par AROME-Dust pour les journées 11, 12 et 13 mai 2017 à 18 h, du gauche à droite e respectivement.

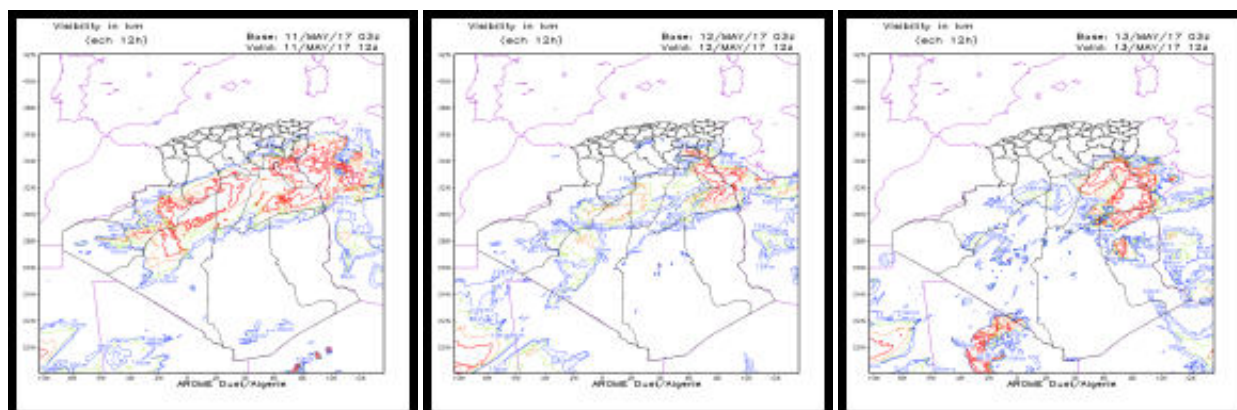


FIGURE 6. Visibilités prévues par AROME-Dust pour la journée du 11, 12 et 13 mai 2017 à 12 h, du gauche à droite respectivement.



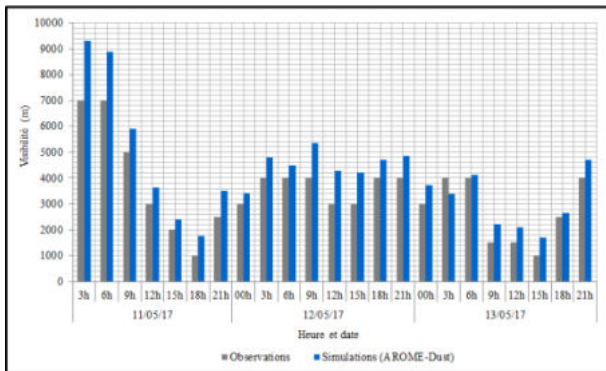


FIGURE 7. Visibilités observées (gris) et simulées (bleu) au niveau de la station d’El Oued du 11 au 13 Mai 2017.

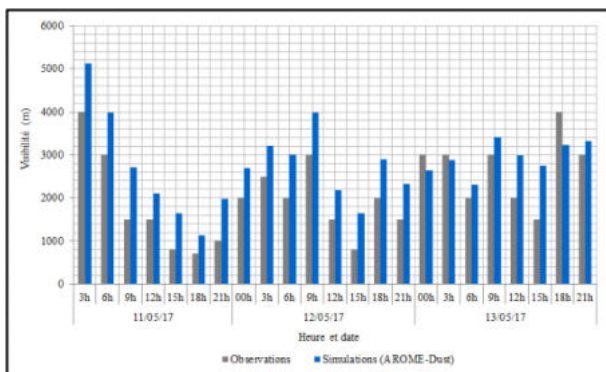


FIGURE 8. Visibilités observées (gris) et simulées (bleu) au niveau de la station d’Ouargla du 11 au 13 Mai 2017.

**Forçage thermique**

L’analyse des champs de différences de températures en surface (°C) entre le modèle AROME-DUST et AROME-CTL montre que la présence de poussière désertique diminue significativement la température ce qui provoque le refroidissement de l’air (forçage thermique négatif). Nous avons tracé les profils verticaux des différences de températures en fixant la latitude ou la longitude sur la région caractérisée par le maximum de différence. Nous avons sélectionnés les profils des échéances où l’activité des aérosols désertiques a été intense pendant les trois journées du 11, 12 et 13 Mai 2017.

L’analyse du profil vertical à la latitude 33 Nord de la journée du 11 Mai 2017 révèle que la présence des aérosols désertiques provoque un refroidissement de température variant de 1 °C à 3 °C sur les régions dans lesquelles nous avons remarqués une concentration élevée du sable. Pour la journée du 12 Mai 2017 ; Le profil à latitude 30 Nord montre effectivement un effet de refroidissement intense aux alentours de la longitude 8 Est, ce qui correspond à la région d’Ouargla. Ce refroidissement peut atteindre -6 °C, et confirme ainsi le for-

çage thermique négatif important engendré par la présence de poussières désertiques dans l’atmosphère

Les profils verticaux de la journée du 13 Mai à la latitude 30 Nord et à la longitude 6 Est. Montrent un refroidissement moins important que celui des deux jours précédents, avec des valeurs qui ne dépasse pas -1,5 °C. Ceci s’explique par la diminution des concentrations des aérosols désertiques par rapport aux deux premiers jours de l’épisode.

**Forçage radiatif**

Durant le premier jour de cet épisode et à 15 h, le bilan radiatif est nettement perturbé en présence des aérosols désertiques (Figure. 11). Un forçage radiatif négatif est observé sur la figure exactement dans les mêmes endroits ayant des valeurs élevées des épaisseurs optiques de poussières désertiques. Pour le 12 Mai 2017 à 18 h, le forçage radiatif arrive jusqu’à -100 W/m2 au-dessus de Tindouf. La présence des aérosols désertiques en suspension sur le Sud de la Tunisie a provoqué aussi un forçage radiatif négatif atteignant 100 W/m2.

**5. Conclusion**

L’analyse des données de visibilité des stations météorologiques durant la période 2005-2014 montre que les vents de sable atteignent leur maximum durant la saison printanière (Mars, Avril et Mai) et estivale (Juin, Juillet et Août), ce qui implique des visibilités sensiblement réduites qui peuvent être parfois nulles (0 km). Ceci peut s’expliquer par les dépressions Sahariennes qui caractérisent la circulation atmosphérique durant le printemps, et par les brumes sèches qui arrivent du Nord de Mali (durant l’été). Ainsi nous avons un total de jour de vent de sable considérable à l’échelle annuelle.

Les simulations réalisées avec le modèle AROME ont permis de mettre en évidence l’impact radiatif des poussières désertiques. Durant l’épisode, nous avons enregistré une diminution du flux solaire net à la surface de l’ordre de 100 W.m-2. Cette diminution est accompagnée d’une diminution de température de l’ordre de 3 °C. Aussi, ces simulations montrent que la présence des poussières désertiques dans l’atmosphère modifie le profil vertical des températures. En effet, les poussières désertiques refroidissent la surface et réchauffent l’atmosphère.

**Références**

Ambar, A. and Mokhtari, M. (2016). Desert dust modeling in arome : Contribution of physical parametrization at convective scale.  
 Chaumont, M. and Paquin, C. (1971). Carte pluviométrique de l’Algérie : au 1 : 500,000. Société d’histoire naturelle.

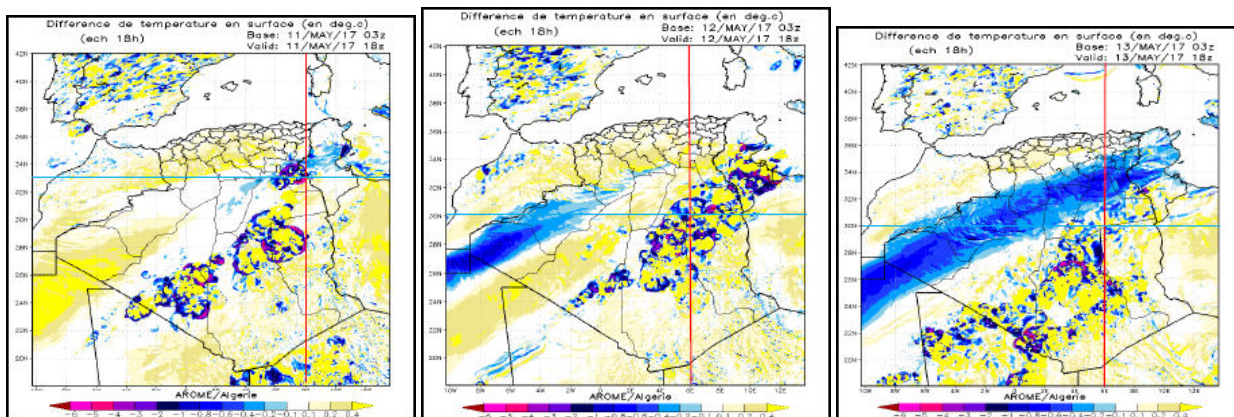


FIGURE 9. Différence de températures à deux mètres AROME-DUST et AROME-CTL pour les journées 11, 12 et 13 mai 2017 à 18 h, à gauche et à droite respectivement.

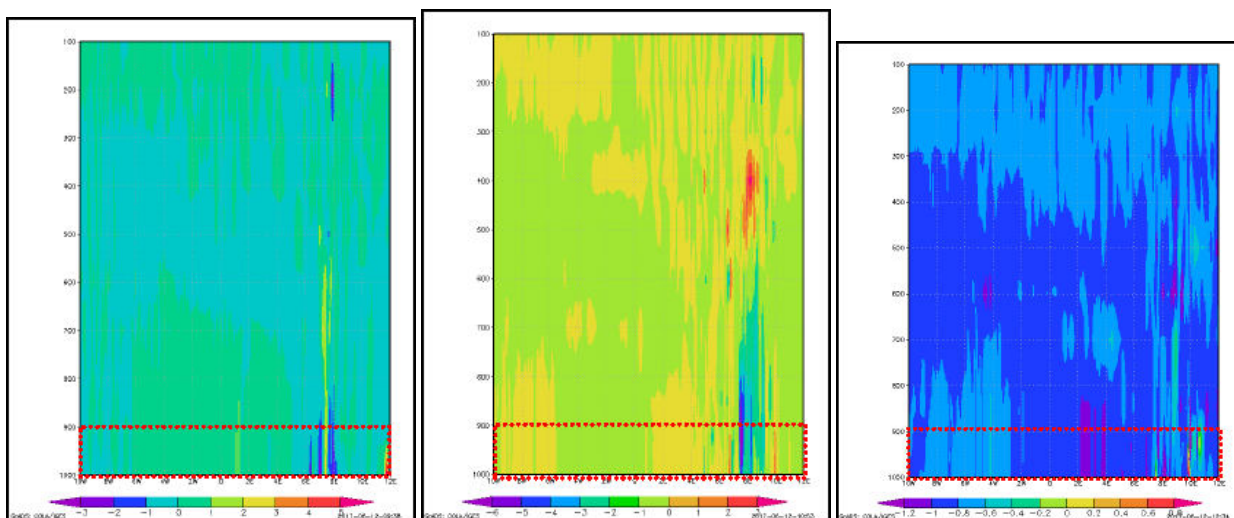


FIGURE 10. Profil vertical de différences de températures à latitude 33 Nord entre AROME-DUST et AROME-CTL pour les journées 11, 12 et 13 mai 2017 à 18 h, du gauche à droite respectivement.

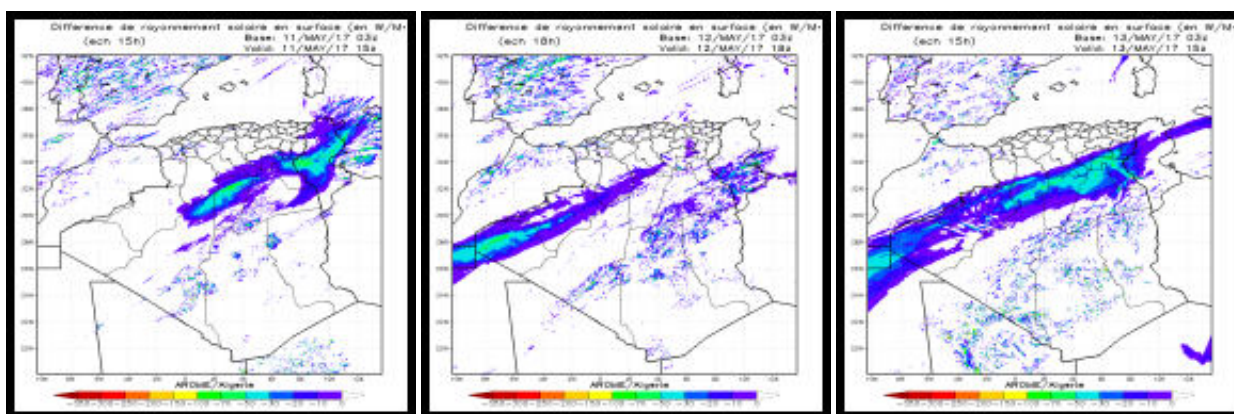


FIGURE 11. Différence du flux solaire net en surface entre AROME-DUST et AROME-CTL pour les journées de 11, 12 et 13 mai 2017 à 15 h, du gauche à droite respectivement.