

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère des Travaux Publics et des Transports  
Office National de la Météorologie



**Journal Algérien de Météorologie Appliquée**



**ISSN 3088-7925**

**Volume 2  
Mars 2018**

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère des Travaux Publics et des Transports  
Office National de la Météorologie

# JOURNAL ALGÉRIEN DE MÉTÉOROLOGIE APPLIQUÉE

Volume 2 - Mars 2018  
Diffusion Interne

## Contact

Adresse    Office National de la météorologie  
              1, Avenue Mohamed Khemisti, BP. 153  
              Dar El Beida , Alger, Algérie  
Courriel    revue.jama@meteo.dz  
Site Web    [www.meteo.dz](http://www.meteo.dz)

## Comité d'édition

|           |     |                          |
|-----------|-----|--------------------------|
| Directeur | Mr. | MOKHTARI Mohamed         |
| Membres   | Mr. | ABANE Hakim              |
|           | Mr. | SAHABI Abed Salah        |
|           | Mr. | BOUZGHAIA Siraj-Eddine   |
|           | Mr. | AIT-MEZIANE Mohand Ouali |





## Comité de lecture

|           |     |                        |
|-----------|-----|------------------------|
| Directeur | Mr. | MOKHTARI Mohamed       |
| Membres   | Mr. | SAHABI Abed Salah      |
|           | Mr. | HAMADACHE Bachir       |
|           | Mme | SABRI Amina Feriel     |
|           | Mr. | BOUZGHAIA Siraj-Eddine |
|           | Mr. | HEMDANE Yacine         |
|           | Mr. | BENAMARA Mohamed Arab  |
|           | Mr. | HAOUARI Mahmoud        |
|           | Mr. | ABANE Hakim            |
|           | Mr. | REZOUG Tahar           |
|           | Mr. | LAGHA Mohand           |



# Préface

*La recherche à MétéoAlgérie demeure un espace d'illustration de la capacité de l'office à innover et constitue par conséquent la pierre angulaire de sa stratégie visant à fidéliser et attirer davantage ses clients. Le développement de la météorologie, cette discipline scientifique interdisciplinaire exige une panoplie de conditions allant de la maîtrise des outils d'observation et d'analyse jusqu'au développement et la recherche. Pour ce faire, MétéoAlgérie continue à investir dans la recherche créatrice de la richesse et ne ménage aucun effort pour contribuer au mieux de ses capacités et accompagner de près toute action innovante lui permettant d'offrir à ses clients un service meilleur et de gagner ainsi davantage sa confiance et la conserver. C'est dans cette optique, qu'est venue l'idée de création du Journal Algérien de Météorologie Appliquée(JAMA) . Après le succès couronné par la publication du premier numéro de la revue JAMA en mars 2017, MétéoAlgérie s'est engagée dans une démarche pour faire de la publication de ce cette revue chaque année, une tradition pour à la fois célébrer la Journée Mondiale de la Météorologie et en même temps donner un rendez-vous scientifique à nos fidèles lecteurs et l'ensemble de la communauté scientifique intéressée par les activités de recherche menées par l'office.*



*Les articles figurant dans ce 2ème numéro exposent un nombre d'idées innovantes et couvrent un vaste éventail de spécialités allant de la prévision numérique et de la climatologie, en passant par la modélisation et le développement des interfaces pour le besoin opérationnel de MétéoAlgérie.*

*La multidisciplinarité des sujets abordés dans cette revue témoigne une fois de plus du renforcement de la cohérence entre les différentes structures de l'office et de la convergence des efforts sur les objectifs communs pour placer MétéoAlgérie à l'avant-garde de la science dans le domaine de la météorologie.*

*JAMA est devenue et restera un espace scientifique dédié aux chercheurs de MétéoAlgérie ainsi que de l'université algérienne, traitant les domaines liés à la météorologie en général. Elle illustrera toujours le degré de maîtrise et de compétence de nos chercheurs et développeurs.*

*En somme, notre métier nous oblige sans cesse à nous réinventer et à garder une posture résolument orientée vers l'innovation, seule manière de garantir le respect de nos engagements vis-à-vis de nos partenaires.*

**Mr. Brahim. IHADADENE**  
**Directeur Général de l'Office**  
**National de la Météorologie**

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Mr. Brahim. IHADADENE, the Director General mentioned in the text.





## Sommaire des Articles

|                         |                                                                                                                                                     |                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| A. AMBAR                | First tests with AROME 1.3 km : technical note and scale effect on the short term rainfall forecast.                                                | <a href="#">11</a> <a href="#">13</a> |
| A. AZZI                 | Les Signes Météorologiques Extremes, signes d'un éventuel changement climatique : cas des vagues de froid sur le nord de l'Algérie                  | <a href="#">15</a> <a href="#">18</a> |
| A. BAHLOULI             | Paramétrisation de la turbulence dans le modèle ALADIN : Apport du schéma physique de turbulence TKE                                                | <a href="#">19</a> <a href="#">21</a> |
| S. BOUARFA , K. SLIMANI | 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 | <a href="#">23</a> <a href="#">27</a> |
| S. CHIKHI               | Prévision des performances d'une turbine à gaz : analyse et validation                                                                              | <a href="#">29</a> <a href="#">32</a> |
| I. DEHMOUS              | Assimilation CANARI des données surface SYNOP pour le modèle ALADIN Algérie                                                                         | <a href="#">33</a> <a href="#">36</a> |
| O. DOUBA                | Inter comparaison entre la version ALADIN-SURFEX et celle d'ALADIN opérationnel                                                                     | <a href="#">37</a> <a href="#">42</a> |
| S. KAMECHE              | Développement d'une Interface de valorisation des prévisions météorologiques                                                                        | <a href="#">43</a> <a href="#">44</a> |
| S. MANSOURI             | Développement d'une Interface de contrôle en temps réel des modèles de prévision                                                                    | <a href="#">45</a> <a href="#">47</a> |



# First tests with AROME 1.3 km: technical note and scale effect on the short term rainfall forecast.

Abdenour AMBAR <sup>1\*</sup>, Amina Feriel SABRI <sup>2</sup>, Nesrine HAMEIDIA<sup>2</sup>, Rania NOUAR<sup>2</sup>

## Abstract

AROME is a convective-scale numerical weather prediction system developed by Météo France in close collaboration with national and international institutes so as to benefit from the latest research in atmospheric modeling. Today, this system is used by some fifteen countries already, for both operational and research purpose. This short paper aims to (i) define some technical notes about the AROME system and its operational use at Météo Algérie in Algeria, (ii) explain the scientific and the technical approach of reducing the horizontal resolution from 3.0 km to 1.3 km, (iii) show the first results obtained by the new configuration AROME 1.3 km on a small domain (North-center) and compare it to the operational configuration AROME 3.0 km .

## Keywords:

AROME — Convective Event — High-Resolution Model

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

<sup>2</sup> Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene (USTHB-FSTGAT), Bab-Ezzouar, Alger

\*Correspondant: ambar.abdenour@gmail.com

## 1. Introduction

The AROME forecasting system (Seity et al. (2011)) is a blend of the best components from the Meso-NH model, the ALADIN model, and the IFS/Arpège data assimilation software (Bouttier and Roulet (2008)). AROME is a convective-scale numerical weather prediction system developed by Météo France, its physical parameterizations comes mostly from the research Meso-NH model whereas the dynamic core is the Non-Hydrostatic ALADIN one.

AROME has been running operationally at Météo Algérie since February 2014, one year after the acquisition of a new HPC system. The current configuration of AROME Algeria covers only the Northern part of the country with an horizontal resolution of 3.0 km . This area restriction is caused by the high computational costs needed to run the model over the full domain. This did not prevent us to prepare a configuration covering the whole country (Ambar and Mokhtari (2016)) in the soon perspective to acquire a new HPC system with more resources (the procedure of purchase is in progress). The results obtained by fine mesh model AROME are quite encouraging; it has improve notably the very localized phenomena forecasts, especially in convective situations, for forecasts ranging from 3 hours to 48 hours, compared to ones of the ALADIN model with 8.0 km horizontal resolution. Thereby, improving the resolution of the AROME model from 3.0 km et 1.3 km is one of the priorities for the NWP service at the Météo Algérie. The main objective is to allow forecasters to progress in the anticipation and localization of severe weather phenomena. The challenges are multiple: the safety of people and property when it comes to alerting the public authorities and the population on the arrival of a major weather risk, the economic prevention when a company needs very fine meteorological information to organize its activities.

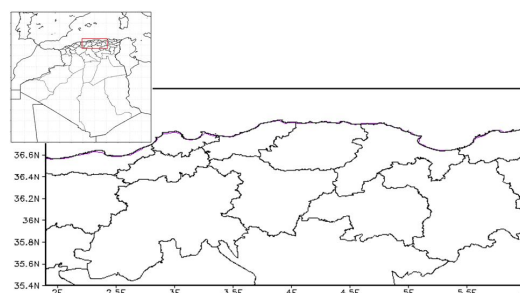


Figure 1. New configuration AROME-1.3 km domain.

## 2. Scientific and technical approach

It uses a non-hydrostatic dynamical core that was developed by Bénard et al. (2010). Physical parameterizations of the model are inherited from the French research community model Meso-NH (Lafore et al. (1997)) whereas the dynamic part is an adaptation for the fine scale of the ALADIN dynamic.

It uses the so-called ICE3 scheme for microphysics (Pinty and Jabouille (1998)) with five prognostic hydrometeor types (cloud water, cloud ice, rain, snow, and graupel) and a 1D prognostic TKE scheme based on Cuxart et al. (2000). Deep convection is assumed to be explicitly resolved by the model's dynamics. The shallow convection requires a parameterization of subgrid effect for which the Pergaud et al. (2009) (hereafter PMMC09) scheme is used. The surface scheme employs the three-layer "Surface Externalized" (SURFEX, Masson and Seity (2009)).

The AROME model implemented operationally at Météo Algérie is running on a 3.0 km horizontal grid resolution using 60 levels in the vertical. The model is run two times per day up to lead time of 48 h. The lateral boundary conditions are provided by the ALADIN model (8.0 km), running locally in ALGERIA.

In order to set up an AROME-1.3 km configuration, first of all we have prepared the CLIM files on a small domain that covers only the north-central part of the country (figure-

??). The choice of this area was made to meet the needs of a Master topic focused on intense precipitations over North-central Algeria. The prepared domain is characterized by a field that contains  $500 \times 500$  points (further details in the table 1 ).

Table 1. New configuration AROME-1.3 km characteristics.

|                               |                                                                                                  |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model                         | AROME                                                                                            |
| Cycle                         | 43T2                                                                                             |
| Resolution                    | 1.3 km                                                                                           |
| Levels                        | 60                                                                                               |
| Grid                          | $500 \times 500$                                                                                 |
| Area                          | $[35.4^{\circ}\text{N} - 37.2^{\circ}\text{N}]$<br>$[1.8^{\circ}\text{W} - 6.1^{\circ}\text{E}]$ |
| Initial/Boundaries conditions | ALADIN                                                                                           |
| Starting time                 | 0 h                                                                                              |
| Cycle interval                | 1 h                                                                                              |

### 3. Test case : January, 23rd and 24th 2017

We have performed two simulations using the operational configuration AROME 3.0 km (figure-??) and the new configuration AROME 1.3 km (figure-??), in order to predict the 24 hours total precipitations for January 23rd and 24th, 2017. The choice of this situation was made based on its high convective activity which can be taken as a typical case study for the convective scale of the AROME model. Also, this situation has caused considerable human damage, with 6 deaths during the whole episode (DGPC report, 2017).

First of all, the comparison between the results obtained by the two configurations showed the ability of the AROME model to predict severe rainstorm situations like the chosen one (23rd, 24th January). The model predicts the triggering of the situation on the North-central region of the country for January 23rd, and then its intensification during the next 24 hours. However, the results obtained by AROME 1.3 km gave more accuracy and more details on rainfall amounts and spatial distributions.

During January, 23rd, we note that AROME 3.0 km does not provide significant precipitations amounts in the region of Boumerdes and Blida, while AROME 1.3 km gave amounts that exceeded 30 mm in 24 h for those two regions, which are closer to the observations (60mm and 40mm in 24 hours were recorded on Boumerdes and Blida respectively based on ANRH network).

For January, 24th, the intensification of the situation could be seen for both configurations, but it is more accurate on the fields provided by AROME 1.3 km , especially in the region of Tizi Ouzou. Indeed, the red color on the map (which means rainfall above 80mm) obtained by AROME 3.0 km, covers almost all the Kabylie region while the observations recorded less than 40 mm. On the other side, AROME 1.3 km gave more realistic amounts with less than 60 mm in this region. For the other regions, we note that AROME 1.3 km overestimated the rains amounts in Bejaia with amounts that exceed 50mm/24h, whereas in reality this region had not recorded more than 10mm/24h. Even though the AROME 1.3 km configuration follows the trend of the operational configuration, either by overestimating or underestimating the rainfall amounts, it reduces the error margin by giving only 28mm / 24h.

During this extreme situation, we notice that AROME,

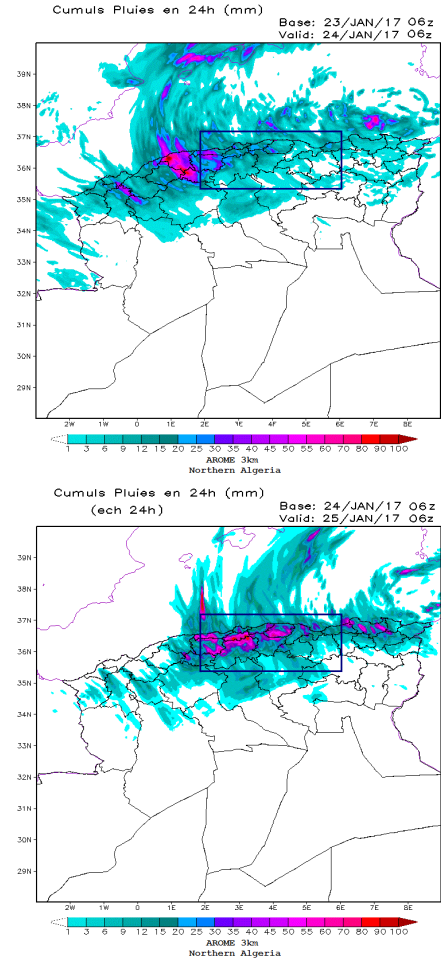


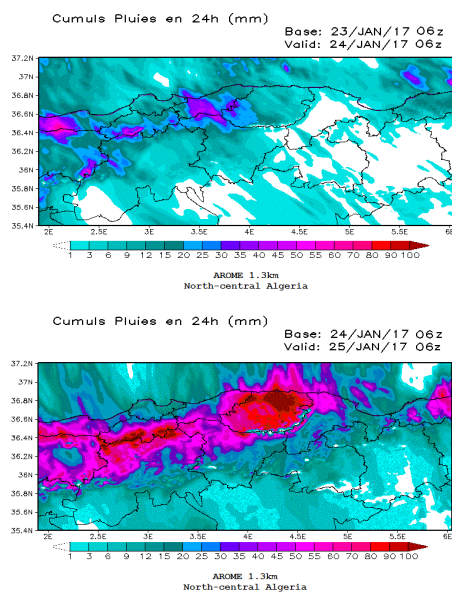
Figure 2. 24h total rainfall predicted by AROME 3.0 km on January, 23rd and 24th 2018

with its two configurations ( 3.0 km and 1.3 km ), follow the same trend as the observations. However, the comparison between the two configurations reveals that AROME 1.3 km reduces notably the error between simulated and observed precipitations compared to AROME 3.0 km .

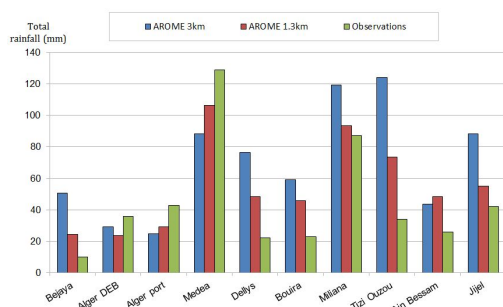
Switching from the 3.0 km configuration to the one of 1.3 km has improved the rainfall prediction and has allowed a better geographical localisation of the extreme values.

### 4. Conclusion

This work aimed to show the relative benefit of reducing the horizontal resolution of the convective scale model AROME, particularly in case of heavy rain situations. Indeed, going from 3.0 km to 1.3 km of horizontal resolution in AROME allowed a better physical realism, which can be mainly attributed to its mesoscale physics-dynamics at fine scale. AROME 1.3 km seems to be more accurate than AROME 3.0 km in predicting precipitation caused by convective processes. Nevertheless, this first version needs to be improved, especially by doing sensitivity tests on the impact of the physical parameterization at fine scale, trying to ensure a better numerical stability for long time steps (it caused crashes in a few cases) and maybe introducing some observations in its data assimilation cycle.



**Figure 3.** 24h total rainfall predicted by AROME 1.3 km on January, 23rd and 24th 2018.



**Figure 4.** 48h total rainfall predicted by AROME 3.0 km in blue, by AROME 1.3 km in red and recorded (in green) on January, 23rd and 24th 2018, at different stations of the North-central Algeria.

## References

Ambar, A. and Mokhtari, M. (2016). Desert dust modeling in arome: Contribution of physical parametrization at convec-

tive scale.

Bénard, P., Vivoda, J., Mašek, J., Smolíková, P., Yessad, K., Smith, C., Brožková, R., and Geleyn, J.-F. (2010). Dynamical kernel of the aladin-nh spectral limited-area model: Revised formulation and sensitivity experiments. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136(646):155–169.

Bouttier, F. and Roulet, B. (2008). Arome, the new high resolution model of meteo-france. *The European forecaster-Newsletter of the WGCEF*, printed by: Meteo-France, 13:27–30.

Cuxart, J., Bougeault, P., and Redelsperger, J.-L. (2000). A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 126(562):1–30.

Lafore, J. P., Stein, J., Asencio, N., Bougeault, P., Ducrocq, V., Duron, J., Fischer, C., Hérel, P., Mascart, P., Masson, V., et al. (1997). The meso-nh atmospheric simulation system. part i: Adiabatic formulation and control simulations. In *Annales Geophysicae*, volume 16, pages 90–109. Springer.

Masson, V. and Seity, Y. (2009). Including atmospheric layers in vegetation and urban offline surface schemes. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48(7):1377–1397.

Pergaud, J., Masson, V., Malardel, S., and Couvreux, F. (2009). A parameterization of dry thermals and shallow cumuli for mesoscale numerical weather prediction. *Boundary-layer meteorology*, 132(1):83.

Pinty, J.-P. and Jabouille, P. (1998). 6b. a mixed-phased cloud parameterization for use in a mesoscale non-hydrostatic model: simulations of a squall line and of orographic precipitation. In *Conference on Cloud Physics: 14th Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification*, pages 17–21.

Seity, Y., Brousseau, P., Malardel, S., Hello, G., Bénard, P., Bouttier, F., Lac, C., and Masson, V. (2011). The arome-france convective-scale operational model. *Monthly Weather Review*, 139(3):976–991.



# Les signes météorologiques extrêmes, signes d'un éventuel changement climatique : cas des vagues de froid sur le nord de l'Algérie

Amel AZZI <sup>1\*</sup>, Abderrahmane MEDJERAB <sup>2</sup>

## Résumé

L'Algérie a connu ces dernières années des phénomènes météorologiques extrêmes. En février 2012, l'Algérie a été plongée dans une vague de froid comparable à celle de janvier 2005. L'intensité de ces aléas météorologiques a eu des conséquences négatives sur la gestion de l'espace et la vie sociale et économique de la population. Ce travail se propose de faire une analyse climatique des mois de janvier de l'année 2005 et février de l'année 2012. Une typologie des vagues de froid qui ont sévi sur le Nord de l'Algérie, est effectuée depuis 1980. Les seuils choisis sont basés sur une définition de « la vague de froid », géographiquement déterminée à l'Algérie.

## Mots Clés:

Vague de froid — Nord de l'Algérie

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar-El-Beida, Alger

<sup>2</sup> Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene (USTHB-FSTGAT), Bab-Ezzouar, Alger

\*Correspondant: a.azzi@meteo.dz

## 1. Introduction

La variabilité naturelle du climat a toujours donné lieu à des phénomènes extrêmes. Cependant, la fréquence accrue de ces phénomènes pourrait être liée au changement climatique. La communauté scientifique s'accorde à dire que les caractéristiques physiques des phénomènes météorologiques et climatiques de ces dernières décennies, résultent de plus en plus du changement climatique.

En fin de mois de janvier 2012, l'Algérie, tout comme la Tunisie et une partie de la Libye ont subi, l'arrivée d'une vague de froid exceptionnelle par sa durée (près de 3 semaines), avec un record de niveau de neige à Alger depuis 65 ans. Une situation similaire avait été enregistré la fin du mois de janvier 2005, mais d'une durée moins longue (du 25 au 31 janvier 2005). Elle avait affecté les Hauts-Plateaux et les régions steppiques jusqu'à même le Nord Sahara. L'intensité de ces aléas météorologiques a eu des conséquences négatives sur la gestion de l'espace et la vie sociale et économique de la population, notamment la population des communes et localités montagneuses. La déclaration de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM (2006)-OMM (2013)), sur l'état du climat mondial, classe les années 2005 et 2012 respectivement au 2ème et 9ème rang des années les plus chaudes de la dernière décennie, et celles qui présentent d'importantes disparités régionales. L'objectif de ce travail est de réaliser une typologie des vagues de froid depuis l'année 1980, sur un certain nombre de stations du Nord de l'Algérie. Dans le but de connaître les caractéristiques et les facteurs de l'origine des vagues de froid de janvier 2005 et février 2012, une analyse climatique et une analyse des conditions synoptiques de ces deux événements extrêmes ont été réalisés.

## 2. Données et Méthodes d'approches

30 stations météorologiques d'expositions variées, situés au Nord de l'Algérie et représentatives des principaux topo-

climats de la région, ont été sélectionnées.

Les températures quotidiennes minimales enregistrées sur la période 1980- 2015, sont exploitées pour effectuer une typologie des vagues de froid. Cette méthode consiste à classer les vagues de froid en fonction d'un certain nombre de paramètres. Nous avons essayé de donner une définition de la vague de froid géographiquement spécifique à l'Algérie. Nous définissons ainsi la vague de froid comme étant une période durant laquelle la température minimale journalière est restée inférieure à  $-2^{\circ}\text{C}$  au moins 3 jours consécutifs et durant laquelle le minimum de cette période est descendu au moins deux fois sous la barre de  $-4^{\circ}\text{C}$  (Sabaa and Medjerab (2009) -Azzi (2013) -Azzi and Medjrab (2015) ).

Les paramètres pris en compte dans cette classification sont les suivants :

- Date de début et de fin de la vague de froid.
- Durée : le nombre de jours de la vague de froid.
- Poids : en degrés jours avec  $-2^{\circ}\text{C}$  de température minimale comme référence : Par exemple, une température minimale de  $-4.1$  aura un poids de  $-2 - (-4,1) = 2,1$ . On fait la somme de ces degrés jours pour toute la période de la vague de froid.
- Intensité : représente le poids par rapport à la durée. Des vagues de froid peuvent être longues et modérées, d'autres courtes mais intenses.
- Température minimale absolue enregistrée durant cette vague de froid.

Dans le but de connaître les caractéristiques des vagues de froid de janvier 2005 et février 2012, nous avons réalisé une analyse climatique. Une analyse des conditions synoptiques a également été réalisée pour connaître les facteurs à l'origine de ces deux événements extrêmes. Nous terminons notre étude par les impacts socio-économiques.



### 3. Résultats

Le classement des vagues de froid sur la période allant de 1980 à 2015, est effectué sur quelques stations.

L'évolution temporelle sur la période 1980-2015 du nombre de jours de vague de froid observés à la station de Bordj-Bou-Arreridj est présenté dans la figure 1. La taille des sphères est proportionnelle au poids de la vague de froid. Celle de février 2012 est tout à fait exceptionnelle. Elle est la plus importante depuis 1980 par sa durée et son poids, suivie de l'année 2005, puis des années 1999 et 1985.

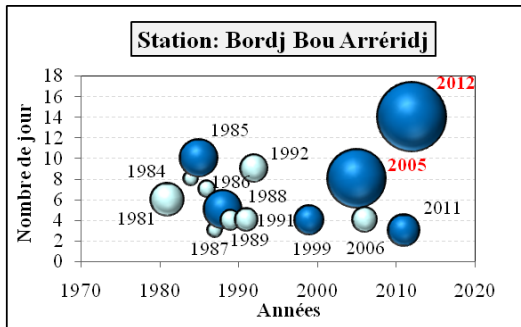


FIGURE 1. Vagues de froid observées à la station de Bordj Bou Arreridj sur la période 1980-2015

TABLE 1. Caractéristiques des principales vagues de froid au niveau des stations de Bordj-Bou-Arreridj et Sétif

| Années | Bordj-Bou-Arreridj<br>Poids | Durée    | Sétif<br>Poids | Durée    |
|--------|-----------------------------|----------|----------------|----------|
| 1985   | 7                           | 10 jours | 10.4           | 10 jours |
| 1988   | 7.1                         | 5 jours  | 5.9            | 4 jours  |
| 1989   | -                           | -        | 8.6            | 4 jours  |
| 1999   | 4.4                         | 4 jours  | 14.2           | 4 jours  |
| 2005   | 16.3                        | 8 jours  | 25.5           | 8 jours  |
| 2012   | 22.9                        | 14 jours | 29.1           | 13 jours |

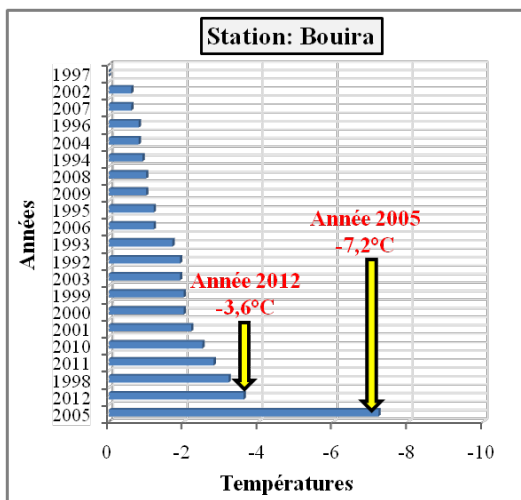


FIGURE 2. Classement des températures annuelles minimales absolues sur la période 1992-2012.

L'analyse des températures minimales absolues, indique que les températures les plus basses sont celles de l'année 2005 suivies de celles de l'année 2012. Le classement des années au cours de la période 1992-2012 en fonction de leurs températures minimales absolues, schématise clairement ce

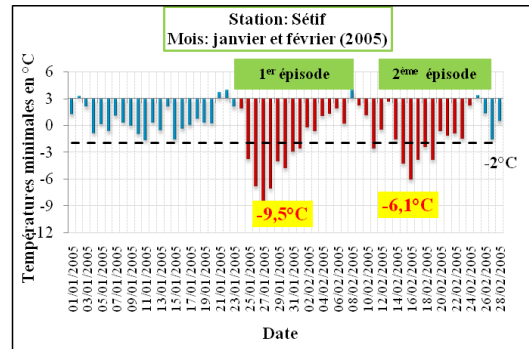


FIGURE 3. Températures minimales quotidiennes à la station de Sétif Aïn Sfiha(Période : 1er janvier au 28 février 2005).

caractère exceptionnel des années 2005 et 2012 considérées comme les années les plus froides de ces 20 dernières années. En effet, nous avons il a été enregistré à la station de Bouira des records de  $-7.2^{\circ}\text{C}$  durant la journée du 28 janvier 2005, et de  $-3.6^{\circ}\text{C}$  dans la journée du 05 février 2012 (figure-??).

L'analyse de l'évolution des températures minimales quotidiennes sur la période allant du 1er janvier au 28 février 2005 et du 1er janvier au 29 février 2012, nous fait ressortir clairement deux épisodes distincts. La station de Sétif Aïn Sfiha a totalisé 14 jours pour lesquels les températures minimale absolues ont affiché des valeurs inférieures à  $-2^{\circ}\text{C}$  avec un minimum de  $-9.5^{\circ}\text{C}$  pour la journée du 27/01/2005 (figure-??). En outre, lors de l'année 2012, elle a totalisé 10 jours où les températures minimales absolues ont affichés des valeurs inférieures à  $-2^{\circ}\text{C}$  avec un minimum de  $-7.2^{\circ}\text{C}$  dans la journée du 12/02/2012.

#### Aspect climatique des vagues de froid de janvier 2005 et février 2012

##### Évolution des températures

Au cours du passage des vagues de froid de janvier 2005 et février 2012, les températures sont restées très basses avec des minimas encore plus bas vers les régions intérieures. Un record de  $-14^{\circ}\text{C}$  a été enregistré dans la journée du 28 janvier 2005 à la station de Mécheria, et un record de  $-11^{\circ}\text{C}$  a été enregistré le 15 février 2012 à la station de Tiaret (figure-?? et figure-??).

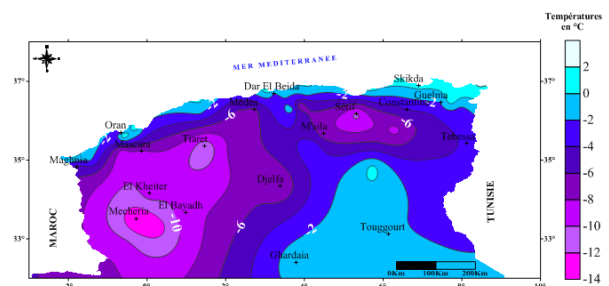
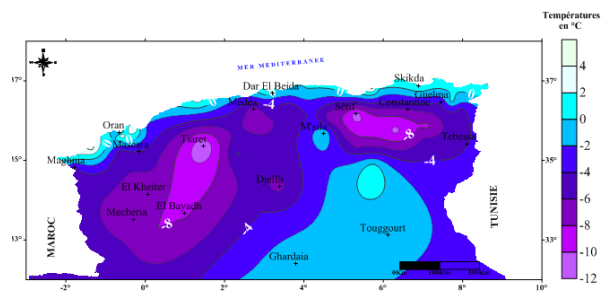


FIGURE 4. Répartition spatiale des températures minimales absolues du mois de janvier 2005.

##### Nombre de jour de gel est de neige très important sur toute la partie Nord du pays

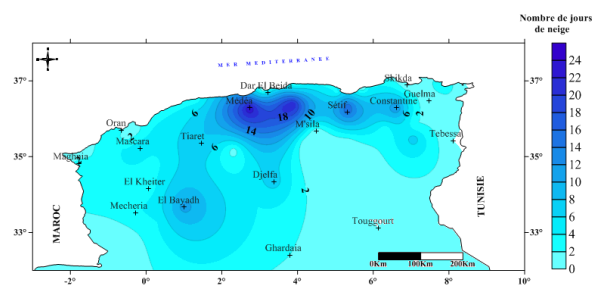
En 2012, la neige est tombée en abondance. Des épaisseurs de 292 cm ont été relevées à Médéa, 108 cm à Constantine, 108cm à Souk Ahras, 98 cm à Sétif, 94 cm à Mila, 70 cm à Miliana, 28 cm à Djelfa, 19 cm à El Kheiter, 3 cm à Alger



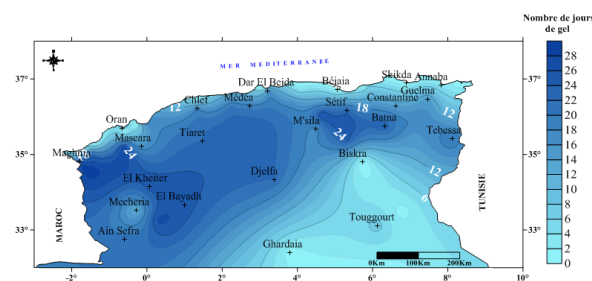


**FIGURE 5.** Répartition spatiale des températures minimales absolues du mois de février 2012.

(Dar El Beida). De la neige a même été observée par endroits sur les plages (plages de Tizirt, de Skikda), et s'est même étendue progressivement aux régions du Sud (de la neige a été observé sur les dunes de Béchar). Ce qui a laissé place à un froid sans précédent (Figures 6,7,8 et 9).



**FIGURE 6.** Répartition du nombre de jours de neige durant le mois de Janvier 2005.



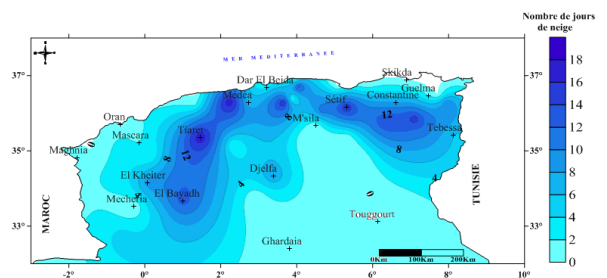
**FIGURE 7.** Répartition du nombre de jours de gel durant le mois de Janvier 2005.

### Des pluies diluviennes

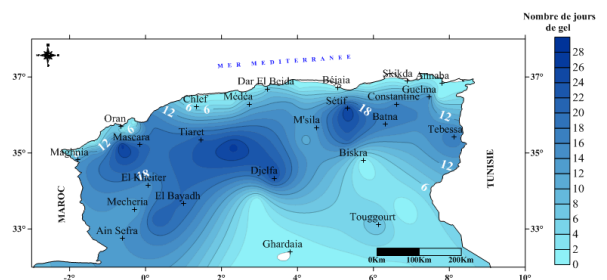
Des épisodes pluvieux importants ont été enregistrés durant le passage de ces deux vagues de froid, avec des pluies diluviennes recueillies sur ces deux mois, particulièrement sur les régions côtières (tableau.2). L'analyse des pluies maximales en 24 heures, recueillies à la station du littoral « Bejaia » sur la période allant de 1971 à 2015, fait ressortir clairement le caractère exceptionnel du mois de février de l'année 2012, avec un maximum de 64mm durant la journée du 03/02/2012, la valeur quotidienne la plus élevée depuis l'année 1971.

### Aspects atmosphériques des vagues de froid des mois de janvier 2005 et février 2012.

La vague de froid du mois de janvier de l'année 2005, était la conséquence directe de l'interaction de deux systèmes de pression. Tout d'abord un puissant anticyclone (1048 hPa) quasi stationnaire sur l'Océan Atlantique Nord, positionné à



**FIGURE 8.** Répartition du nombre de jours de neige durant le mois de Février 2012.



**FIGURE 9.** Répartition du nombre de jours de gel durant le mois de Février 2012.

l'Ouest de l'Irlande et une profonde dépression (990 hPa) centrée sur la mer Tyrrhénienne. Entre ces deux systèmes de pression on a assisté au renforcement d'un fort courant de Nord-ouest cyclonique perturbé, accompagné d'une succession de vagues d'air froid polaire sur le bassin occidental de la Méditerranée et les pays limitrophes du lundi 24 au lundi 31 janvier 2005 (Figure 11).

Quant au mois de février 2012, il a été marqué par un renforcement sensible de l'anticyclone des Açores (1044 hPa) vers la Scandinavie, puis vers l'Europe Centrale à partir du 6 février (Figure 12), favorisant l'établissement d'un régime de Nord à Nord-est vers la région du bassin occidental de la Méditerranée, accompagné d'importantes advections de masse d'air polaire. La pénétration massive de masses d'air froid et sec (continental) vers la Méditerranée a entraîné le développement d'une forte cyclogenèse sur le bassin méditerranéen avec un noyau (994 hPa) centré sur le Sud de l'Italie. À partir du 21 février, on assiste au passage rapide d'une limite frontale active sur nos régions du Nord, avec formation d'un système d'occlusion touchant principalement les régions de l'Est du pays en liaison avec le creusement d'un noyau dépressionnaire sur l'Italie.

### Impact socio-économique des vagues de froid de 2005 et 2012

Les conséquences des vagues de froid, étaient en partie liées à la fermeture des routes à cause des intempéries. Les routes fermées, ont ainsi isolées plusieurs wilayas et localités du Nord du pays (22 wilayas en février 2012 et 20 wilayas en janvier 2005), ce qui a ralenti l'approvisionnement en produits alimentaires, et a provoqué la hausse des prix. Ils ont par ailleurs augmenté le nombre d'interventions, qui d'après les services de la gendarmerie nationale et sur un total de 17.430 interventions à l'échelle nationale enregistré en février 2012, 9.350 ont eu lieu sur les routes et 8.080 pour la protection des sinistrés et protection des biens et des personnes. D'ailleurs, nous avons enregistré un nombre important de décès princi-

TABLE 2. Quantité de pluies recueillies du 21 au 31 janvier 2005 et du 1er février au 10 février 2012 dans quelques stations du Nord de l'Algérie. Source : ONM

| Stations   | Quantités(mm) |              | Stations   | Quantités(mm) |              |
|------------|---------------|--------------|------------|---------------|--------------|
|            | Janvier 2005  | Février 2012 |            | Janvier 2005  | Février 2012 |
| Jijel      | 222           | 258          | Médéa      | 92            | 128          |
| Annaba     | 91            | 99           | Chlef      | 22            | 111          |
| Béjaïa     | 142           | 219          | Miliana    | 88            | 104          |
| Alger Port | 107           | 186          | Souk Ahras | 18            | 104          |
| Tizi Ouzou | 108           | 155          | Skikda     | 136           | 110          |
| Bouira     | 77            | 73           | Mostaganem | 11            | 57           |
| El kala    | 107           | 169          | Saïda      | 07            | 53           |

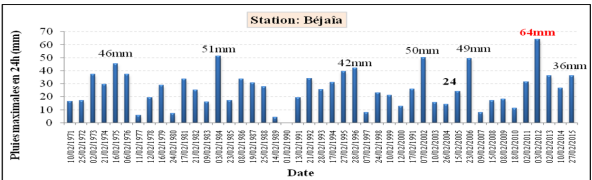


FIGURE 10. Les pluies maximales en 24 heures enregistrées durant le mois de février à la station de Béjaïa (1971- 2015).

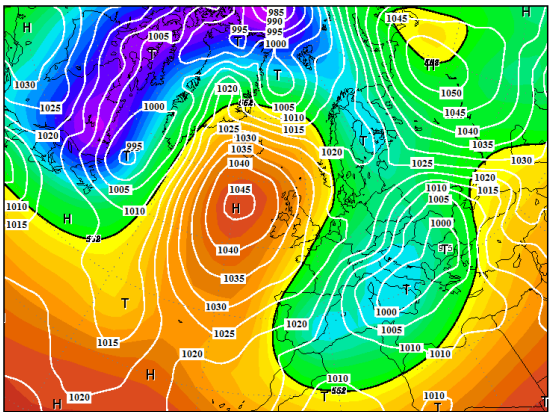


FIGURE 11. Situation en surface du 27 janvier 2005 . Source : ONM

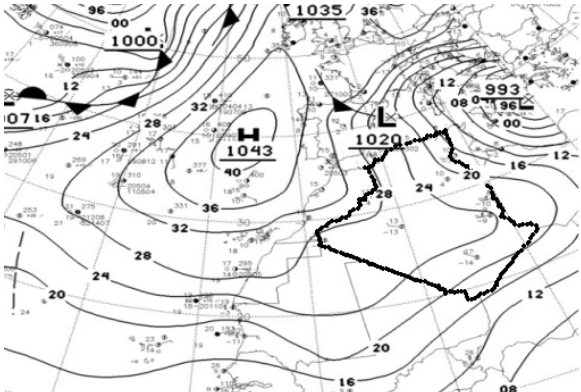


FIGURE 12. Situation en surface du 06 février 2012. Source : ONM

palement à cause des accidents de la route, ou des accidents domestiques par asphyxie suite à l'inhalation de gaz.

Lors du passage de ces deux vagues de froid, nous avons atteint des records en consommation d'énergie. En 2005, le pays a généré une puissance de 6411MW, alors qu'en 2012 nous avons atteint une puissance de 8305 MW.

#### 4. Conclusion

L'Algérie a connu ces dernières années des vagues de froid exceptionnelles. Les résultats obtenus dans la présente étude, nous indiquent que les vagues de froid de janvier 2005 et février 2012, sont tout à fait exceptionnelles. Elles sont les plus intenses depuis les 3 dernières décennies. La vague de froid de février 2012 était tout à fait exceptionnelle, essentiellement par son poids et sa durée (du 27 janvier jusqu'à la fin du mois de février 2012). Aussi par la quantité des pluies enregistrées. Les pluies maximales recueillies en 24 heures, affichent des valeurs record avec 64 mm enregistrés dans la journée du 03/02/2012 à la station de Béjaïa, la valeur quotidienne la plus élevée depuis 1971. La vague de froid de janvier de l'année 2005 quant à elle, était tout à fait exceptionnelle par le nombre de jour de neige (un maximum de 24 jours de neige

enregistré à Médéa), et les températures minimales absolues enregistrées. Un record de  $-14^{\circ}\text{C}$  a même été enregistré à la station de Mécheria à la journée du 28 janvier 2005. Ces aléas météorologiques, ont isolés les populations des communes et localités montagneuses à cause de la fermeture des routes, ce qui a provoqué des perturbations dans les réseaux d'approvisionnement en gaz et en électricité, la flambée des prix des produits à large consommations, et surtout un nombre important de décès, plusieurs personnes ont péri dans des accidents de la route et d'autres par asphyxie suite à des émanations de gaz, depuis le début des intempéries.

#### Références

(2006). Déclaration de l'omm sur l'état du climat mondial en 2005.

(2013). Wmo statement on the status of the global climate in 2012.

Azzi, A. (2013). Analyse des changements climatiques dans le bassin versant de la soummame : réflexion en termes de conséquences hydrologiques.

Azzi, A. and Medjrab, A. (2015). The cold waves in northern algeria, analysis and impacts. In *IPCC Workshop on Regional Climate Projections and their Use in Impacts and Risk Analysis Studies, from September 15th to 18th 2015- National Institute for Spatial Research- Sao José Dos Compos-Brazil*.

Sabaa, S. and Medjerab, A. (2009). La vague de froid du mois de janvier 2005 dans le nord-est de l'algérie. In *XXII ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie. Cluj-Nopoca. Roumanie.6 p*.

# Paramétrisation de la turbulence dans le modèle ALADIN : Apport du schéma physique de turbulence TKE

Abdelhak BAHLOULI<sup>1\*</sup>, Mohamed BOUZGHAIA<sup>1</sup>, Oussama DOUBA<sup>1</sup>, Mohamed MOKHTARI<sup>1</sup>

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier le schéma physique de la turbulence utilisé dans le modèle opérationnel ALADIN de l'ONM. Pour ce faire, des simulations ont été réalisées avec deux configurations du modèle ALADIN afin de prospecter l'apport du schéma physique de turbulence sur le modèle. La situation choisie est celle du 30 novembre 2017 qui est caractérisée par une advection d'air froid sur le nord Algérie, ce qui a eu pour conséquence de fortes chutes de neige.

## Mots Clés:

ALADIN — Couche Limite Atmosphérique — Turbulence

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

\*Correspondant: bahloulimeteo19@gmail.com

## 1. Introduction

La couche limite atmosphérique (CLA) est directement soumise à l'influence de la surface terrestre. Le jour, elle absorbe le rayonnement solaire, et la nuit elle se refroidit par émission infrarouge. Ainsi, le sol impose à travers elle un flux de chaleur vers les étages atmosphériques supérieurs. D'autre part, la CLA est le siège d'un important cisaillement de vent (Wilson (2013)).

Ces deux effets combinés provoquent de la turbulence. La turbulence atmosphérique engendre des tourbillons de tailles variées. Les plus grands tourbillons sont créés par des flux ascendants qui vont du sol au sommet de la couche limite et par une subsidence compensatoire qui apparaît lorsque le flux heurte le sommet de la CLA. Les plus petits tourbillons sont de l'ordre du millimètre, taille pour laquelle les forces moléculaires entrent en jeu pour dissiper l'énergie.

La turbulence de couche limite influence fortement le comportement de l'atmosphère dans son ensemble en accélérant le transfert de matière et d'énergie entre la surface et les couches supérieures. Ainsi, la modélisation de la couche limite atmosphérique représente un enjeu important pour la prévision du temps et la projection climatique.

Dans des travaux antérieurs, il a été remarqué une sous-estimation des coefficients de transports au sein de la CLA dans la configuration opérationnelle ALADIN-Algérie conduisant à une surestimation systématique du vent et de la température au niveau de la surface. Cette étude est une première tentative d'ajuster la paramétrisation physique de la turbulence pour remédier à ce problème.

## 2. Physique des schémas de turbulence

Dans le modèle ALADIN la paramétrisation de la turbulence au sein de la CLA se fait par le schéma de Louis (Louis (1979)), avec un nombre de Richardson modifié pour l'évaluation de la convection peu profonde (Geleyn (1986)) pour corriger un excès de sécheresse dans le schéma d'origine.

Depuis 2009, une nouvelle physique pour la couche li-

mite planétaire est disponible dans le modèle ALADIN. Cette physique est basée sur le schéma CBR00 pour le calcul de l'énergie cinétique turbulente (TKE) (Cuxart et al. (2000)) et le schéma de la convection peu profonde KFB développé par Bechtold et al. (2001).

## 3. Description des expériences

L'expérience réalisée a consisté à modifier le schéma CBR00 par l'activation des fonctions **F0**, **F1**, **F2** impliquées dans le calcul des longueurs de mélange.

- **F0** : Fonction statistique asymétrique de BOUGEAULT, utilisé pour le calcul des coefficients d'échanges vertical turbulent et de la production thermique humide.
- **F1/F2** : Fonctions statistiques asymétriques, utilisées pour le calcul des nébulosités et de l'eau condensée stratiforme.

De plus, pour assurer la consistance de la nouvelle configuration, il a été nécessaire de procéder à un ajustement du schéma microphysique par l'activation du cycle cryoscopique. La période choisie pour ce test de sensibilité s'étend du 15 jusqu'à 30 novembre 2017. La comparaison des résultats se fait avec les observations des stations de : Annaba, Dar-El-Beida, Béjaia-Aéroport et Constantine.

Les figures 1 et 2 représentent la différence du vitesse des composantes méridiennes et zonales du vent prévues par ALADIN-OPER et ALADIN-EXP, obtenues pour la journée du 30 novembre 2017 à 00 h. Il est possible d'observer que les valeurs de différence du vent dans le domaine de l'Algérie sont comprises entre -0.033 et -0.138.

La figure 3 présente les diagrammes d'évolution et de dispersion de la vitesse du vent dans les différentes stations considérées. Le modèle suit les variations temporelles rapides de la vitesse du vent, mais restitue mal sa valeur. On observe en effet une surestimation systématique de ce paramètre particulièrement marquée à Dar-El-Beida et Béchar. Aucune tendance spécifique ne se dégage des diagrammes de dispersion, puisque les erreurs modèles semblent être indépendantes de la

TABLE 1. Écart quadratique moyen et biais pour les deux cas expérimental et opérationnel

| STATION         | RMSE<br>OPER | (km/h)<br>EXP | BIAIS<br>OPER | (km/h)<br>EXP |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| ANNABA          | 12,3         | 11,0          | -2,6          | -1,6          |
| DAR-EL-BEIDA    | 11,1         | 11,7          | -7,9          | -8,3          |
| BEJAIA-AEROPORT | 11,5         | 10,6          | +2,6          | +2,8          |
| CONSTANTINE     | 13,5         | 11,7          | -7,5          | -6,7          |
| TEBESSA         | 11,9         | 10,2          | -2,3          | -1,0          |
| ORAN-SENIA      | 13,0         | 12,4          | -7,5          | -6,8          |
| BISKRA          | 13,2         | 10,7          | -4,5          | -2,3          |
| TLEMCEN-ZENATA  | 14,5         | 12,8          | -7,0          | -6,8          |
| GHARDAIA        | 14,5         | 12,7          | -7,1          | -5,8          |
| BECHAR          | 12,1         | 11,7          | -8,0          | -7,2          |
| OUARGLA         | 15,1         | 13,8          | -6,5          | -6,5          |
| IN-AMENAS       | 10,5         | 11,1          | -0,1          | +0,5          |
| Moyenne         | 12,8         | 11,7          | -4,87         | -4,14         |

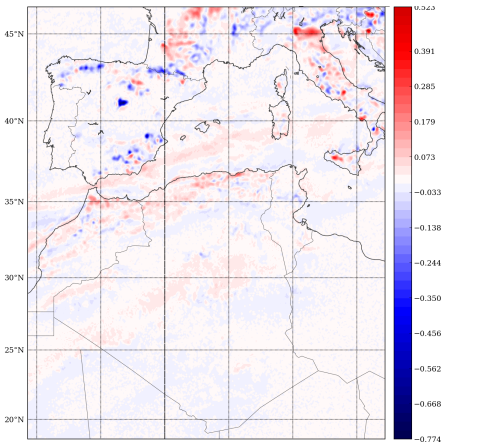


FIGURE 1. Différence entre la vitesse du vent méridien obtenue lors d’un couplage avec la chaîne opérationnelle et celle de la perturbation du modèle.

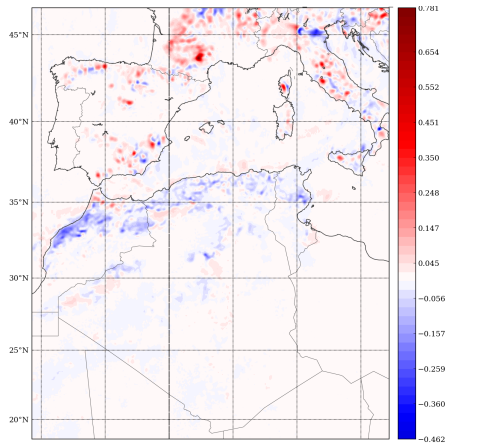


FIGURE 2. Différence entre la vitesse du vent zonal obtenus lors d’un couplage avec la chaîne opérationnelle et celle de la perturbation du modèle.

valeur de la vitesse du vent. L’expérience considérée tout en conservant les mêmes propriétés que l’opérationnel diminue légèrement la tendance du modèle à surestimer le vent.

Le calcul des indicateurs d’erreurs ( table 1 ) renforce cette première analyse. En effet, une diminution de l’ordre de 10% du biais et de la racine de l’erreur quadratique moyenne sur le vent est observée .

4. Conclusion

Ce travail avait pour objectif de montrer l’apport du schéma de turbulence sur le modèle ALADIN. Cette étude est basée sur une comparaison entre deux expériences. La première fait appel au schéma de turbulence utilisé en opérationnel. Par contre la deuxième expérience fait appel à une variante de ce schéma introduisant des fonctions statistiques asymétriques pour le calcul des longueurs de mélange. Une amélioration a été observée au niveau des indicateurs d’erreurs sur le vent à dix mètres. Cette amélioration peut être imputée a une intensification des échanges turbulents de quantité de mouvement entre la haute atmosphère et la surface. De plus amples investigations sont en cours, faisant intervenir des schémas plus

élaborés de turbulence ( en particulier des schémas pronostiques).

Références

Bechtold, P., Bazile, E., Guichard, F., Mascart, P., and Richard, E. (2001). A mass-flux convection scheme for regional and global models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 127(573) :869–886.

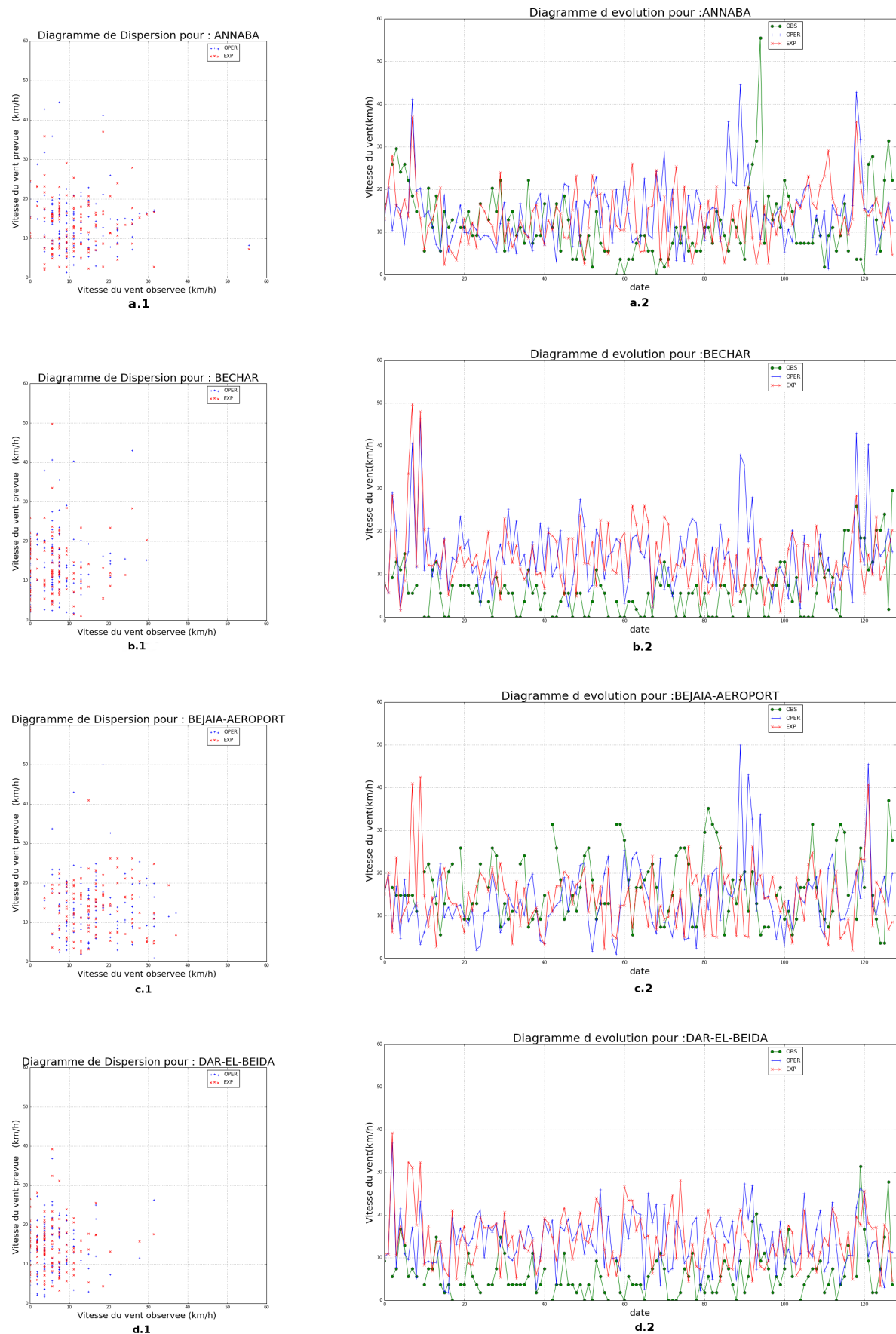
Cuxart, J., Bougeault, P., and Redelsperger, J.-L. (2000). A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 126(562) :1–30.

Geleyn, J. (1986). Use of a modified richardson number for parameterizing the effect of shallow convection. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 64 :141–149.

Louis, J.-F. (1979). A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere. *Boundary-Layer Meteorology*, 17(2) :187–202.

Wilson, R. (2013). *Une introduction à la physique dans la couche limite planétaire*.





**FIGURE 3.** Diagrammes d’évolution et de dispersion du vent à dix mètres : ALADIN-OPER et ALADIN-EXP , 15 au 30 Novembre 2017



# 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 Ferial SABRI<sup>1</sup>

## Résumé

Cette étude vise tout d'abord à approfondir nos connaissances sur le phénomène de vent de sable, à travers l'analyse statistique des données de visibilité enregistrées par les stations météorologiques implantées au Sud de l'Algérie durant la période (2005-2014). En second lieu, nous avons utilisé le modèle AROME 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 — Préviation 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

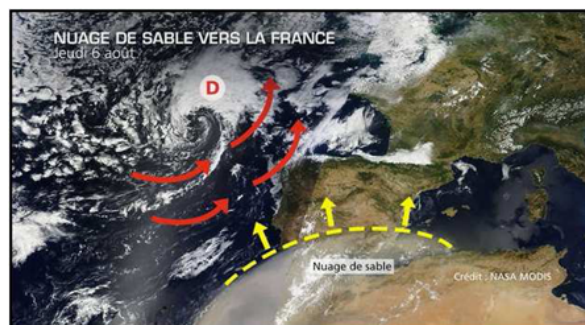
Généralement, l'Algérie est soumise aux perturbations du front polaire et du front des Alizés, ainsi qu'aux perturbations temporaires méditerranéennes et tropicales. Mais ces influences dont dépendent les structures des régimes pluviométriques ne sont pas identiques sur l'ensemble du territoire. (Chaumont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



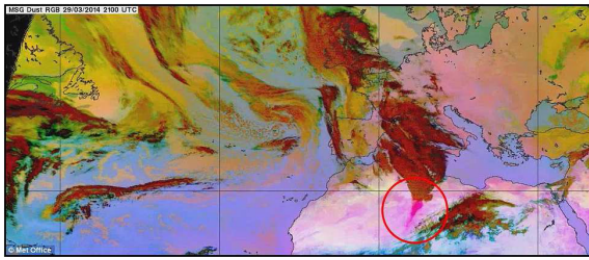
**FIGURE 1.** Image satellite SEVIRI (EUMETSAT) montrant un nuage de poussière sur la Méditerranée (Source : actualite.lachainemetee.com/ 2015).

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 données 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

### Choix des données et des stations 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



**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).

(ONM).

### 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

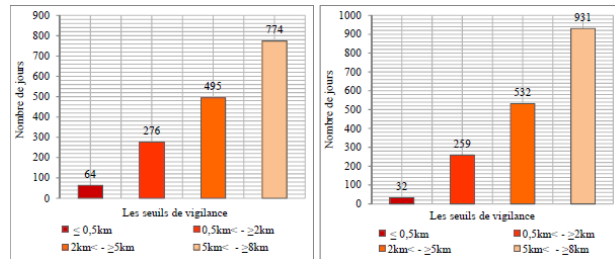
Nous avons réalisé des simulations sur le calculateur de l'ONM (IBM) en utilisant le modèle AROME-DUST. Cette configuration permet de mieux localiser les zones de soulèvements de poussières désertiques. Nous avons utilisé les sorties liées aux poussières désertiques : concentration de sable, épaisseur optique, visibilités, 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 pareils mais nous remarquons que pour le seuil [ 0 km - 0.5 km ] et [ 0.5 km - 2 km ] les totaux de jours de vent de sable dans la station de Ouargla étaient 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 été enregistrée les plus grands nombres de jours 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.



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

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

La situation des 11 au 13 mai 2017 a été caractérisée par de forts soulèvements de sable sur la région de Tamanrasset, 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 de 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.

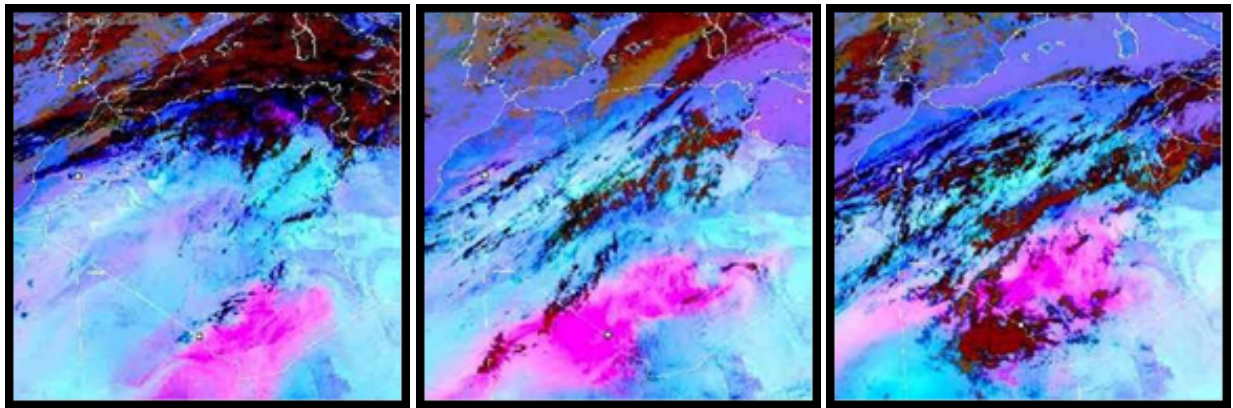
#### Analyse des champs de visibilité

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 (inférieure 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 faibles 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.

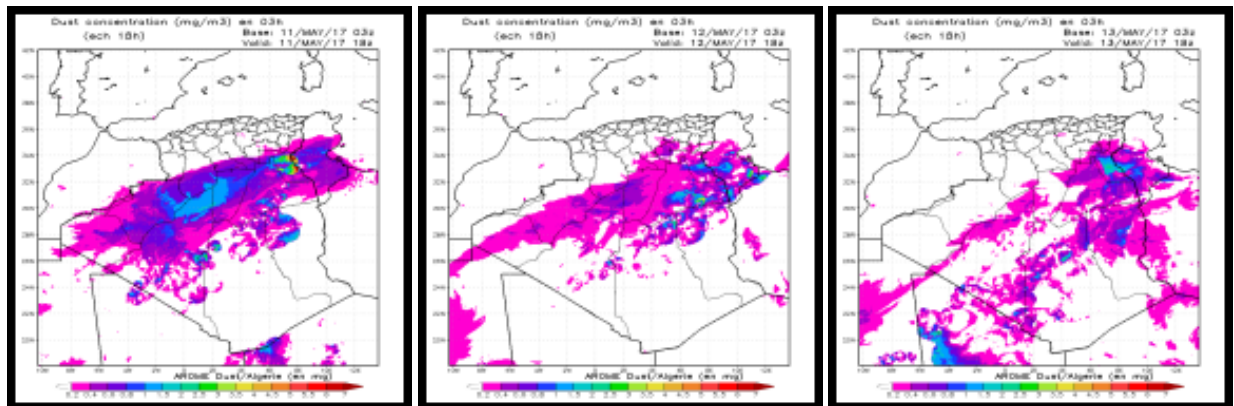
Ces résultats peuvent être confirmés à partir des (METAR) transmis durant ces journées à midi. Les figures 7 et 8 représentent les visibilités observées (METAR) et simulées dans les stations d'El Oued et Ouargla.

En effet, ces deux figures révèlent le bon comportement du modèle AROME-Dust par rapport aux observations. Malgré

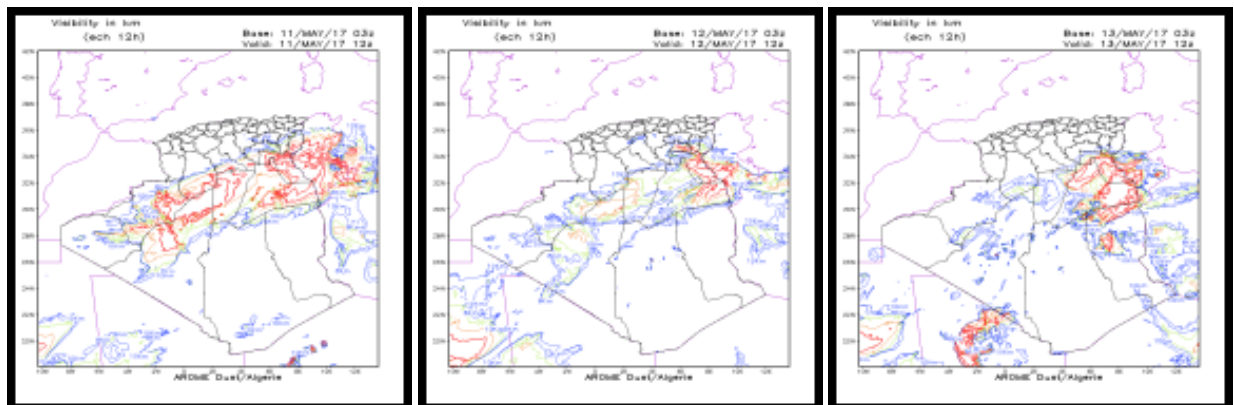




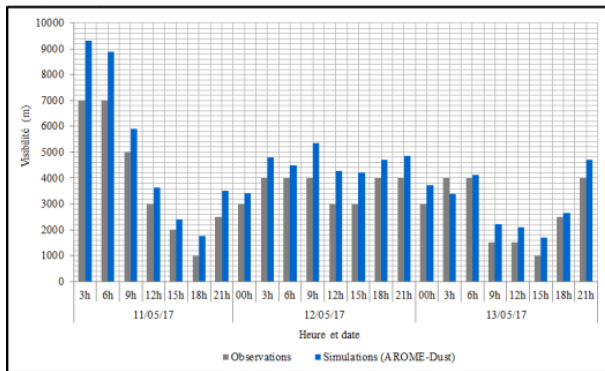
**FIGURE 4.** Images satellitaires MSG-SEVIRI prise : 11, 12 et 13 mai 2017 à 12h, du gauche à droite respectivement.



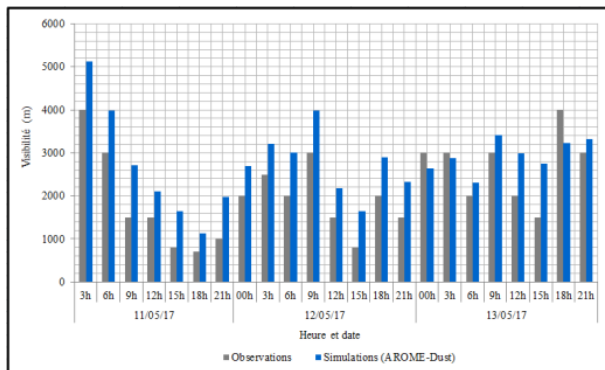
**FIGURE 5.** Concentrations des poussières désertiques prévues par AROME-Dust pour les journées 11, 12 et 13 mai 2017 à 18 h, du gauche à droite e respectivement.



**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.

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.

### Forçage thermique

L'analyse des champs de différences de températures en surface ( $^{\circ}\text{C}$ ) 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  $1^{\circ}\text{C}$  à  $3^{\circ}\text{C}$  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  $-6^{\circ}\text{C}$ , et confirme ainsi le forçage 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 dépassent pas  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . 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  $-100 \text{ W/m}^2$  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  $100 \text{ W/m}^2$ .

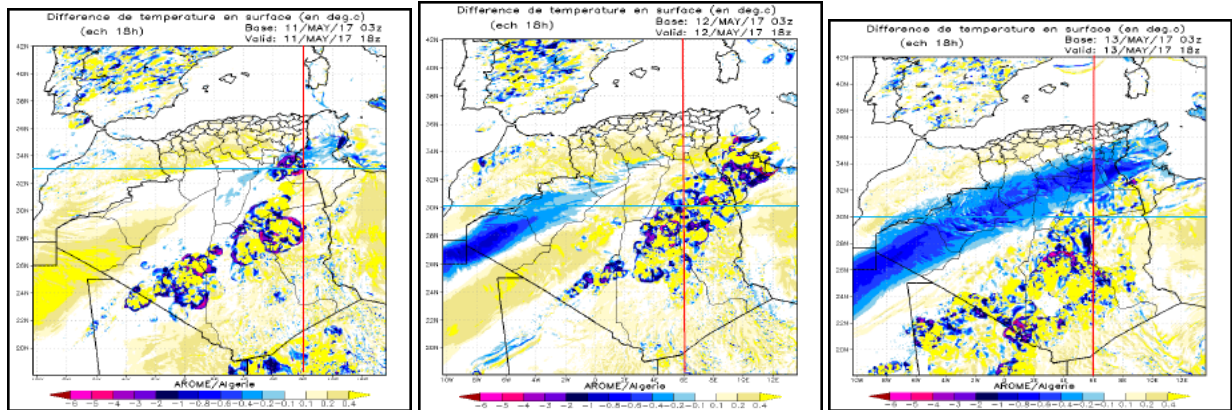
## 5. Conclusion

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.

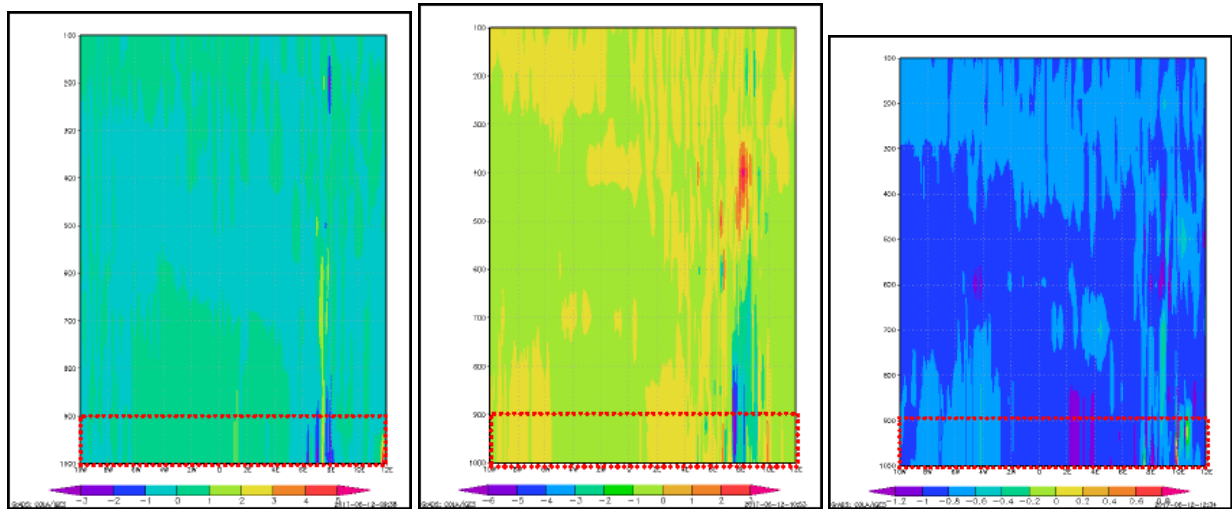
Les simulations réalisées avec le modèle AROME ont permis de mettre en évidence l'impact radiatif des poussières désertiques. Durant l'épisode, nous avons enregistré une diminution du flux solaire net à la surface de l'ordre de  $100 \text{ W.m}^{-2}$ . Cette diminution est accompagnée d'une diminution de température de l'ordre de  $3^{\circ}\text{C}$ . 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

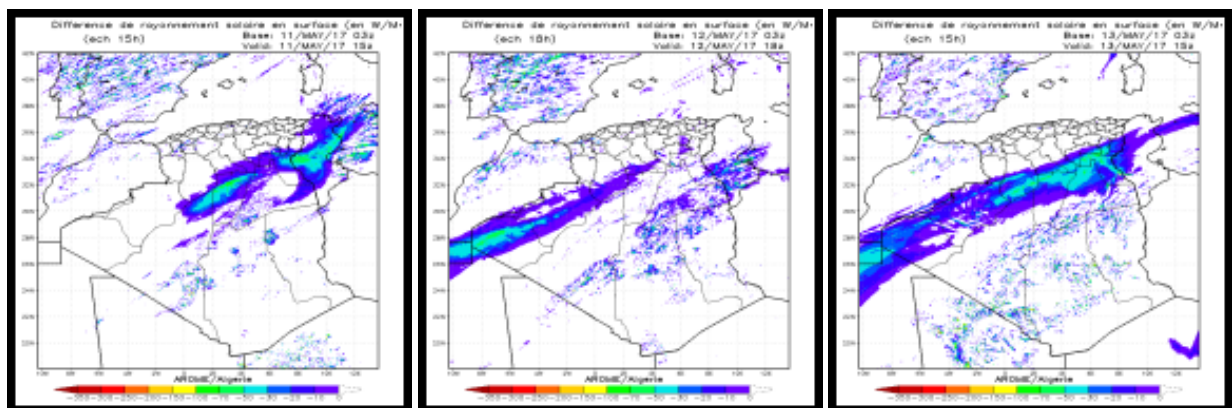
- Ambar, A. and Mokhtari, M. (2016). Desert dust modeling in arome : Contribution of physical parametrization at convective scale.
- Chaumont, M. and Paquin, C. (1971). *Carte pluviométrique de l'Algérie : au 1 : 500,000*. Société d'histoire naturelle.



**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.





# Prévision des performances d'une turbine à gaz : analyse et validation

Sara CHIKHI <sup>1\*</sup>, Mohamed MOKHTARI<sup>2</sup>

## Résumé

Une étude comparative entre les performances d'une turbine à gaz prévues, calculées sous l'effet des températures ambiantes simulées par ALADIN, et les performances calculées sous l'effet des températures observées par la station d'Alger Port au cours de l'année 2017 a été réalisée. Les résultats montrent que les températures élevées influent négativement sur les performances de la turbine à gaz. Nous avons enregistré une réduction de 36 MW de la puissance électrique produite pour un intervalle de température situé entre  $-2^{\circ}\text{C}$  et  $38.5^{\circ}\text{C}$ . Le rapport entre le rendement prévu et le rendement réel est estimé à 95 % ce qui est très satisfaisant..

## Mots Clés:

Turbine à gaz — Rendement thermique — Puissance électrique — Modèle ALADIN — Messages SYNOP

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

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

\*Correspondant: scusthb@gmail.com

## 1. Introduction

Les turbines à gaz sont des moteurs à combustion interne, utilisant le pouvoir calorifique du fuel (généralement le gaz naturel) pour faire tourner l'arbre de la turbine de détente. D'une façon plus simple, elles transforment l'énergie thermique dégagée par la combustion du gaz en énergie mécanique, puis électrique en utilisant un alternateur.

En Algérie, la plupart des centrales de production d'électricité utilisent ces turbines pour les cycles simples ou combinés avec des turbines à vapeurs, à cause de leur faible taux d'émission des gaz à effet de serre estimé entre 404 et 631 g/kWh (Jacobson (2009)). Malheureusement, ces turbines sont très sensibles à la température de l'air ambiant qui varie considérablement entre le jour et la nuit, l'été et l'hiver, ce qui fait que leur rendement thermique d'exploitation est très affecté. Pour cela, la prévision de ces fluctuations du rendement ainsi que la puissance électrique dues aux conditions météorologiques est primordiale pour prendre les mesures nécessaires afin d'assurer l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité.

Cet article s'inscrit dans ce contexte. Il consiste en la prévision des performances d'une turbine à gaz, de type siemens SGT5-4000F, « HEAVY DUTY », sous l'effet des températures ambiantes prévues par le modèle atmosphérique ALADIN (Termonia et al. (2018) ), Les performances prévues seront, ensuite, confrontées à celles obtenues avec les températures réelles observées pendant toute l'année 2017.

## 2. Calcul du rendement d'une turbine à gaz

Le fonctionnement de la turbine peut être représenté par le cycle de Joule-Brayton, qui tient son nom de l'ingénieur américain George Brayton (1830–1892), c'est un cycle thermodynamique à caloporteur gaz. Il existe deux types de cycles selon qu'il soit ouvert, ou refermé sur l'atmosphère. Il est caractérisé par ces quatre principales phases : une compression adiabatique, un chauffage isobare, une détente adiabatique jusqu'à

la pression ambiante, et un refroidissement isobare. Aussi par ces deux formes : l'idéal est représenté par le cycle 1,2,3,4 sur le diagramme (T,S) et le réel qui est représenté par le cycle 1,2',3',4' sur le diagramme (T,S), de la Figure 2. Pour ce dernier, des pertes d'énergie par dissipation visqueuse sont provoquées pendant la compression et la détente et exprimé par un rendement isentropique de chacun de ces deux instruments (Cengel and Boles (2006))

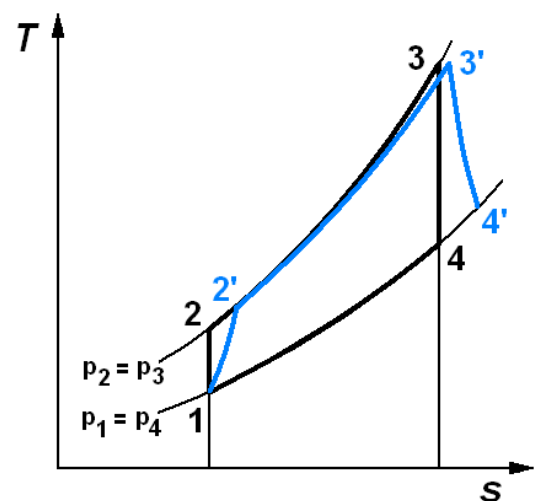


FIGURE 1. Cycle de Joule-Brayton idéal et réel

Le modèle est basé sur les deux principes de la thermodynamique. Il permet de présenter des relations entre le débit de fuel, les températures à chaque point principal du cycle, y compris les enthalpies, et les chaleurs spécifiques.

Dans le but de déterminer le rendement et la puissance électrique produite, faisant le bilan énergétique de chacun des compresseurs, chambre de combustion et la turbine de détente, nous obtenons les expressions suivantes du rendement thermique et de la puissance.

- Rendement thermique :

$$\eta_{th} = \frac{T_3 \cdot \eta_{tur} - T_a \cdot \pi^{\frac{k-1}{k}} \cdot \eta_{com}^{-1}}{T_3 - T_a - T_a \cdot (\pi^{\frac{k-1}{k}} - 1) \eta_{com}^{-1}} \times \left(1 - \pi^{\frac{1-k}{k}}\right) \quad (1)$$

$$\pi^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{P_{2,s}}{P_a}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{P_3}{P_{4,s}}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_{2,s}}{T_a} = \frac{T_3}{T_{4,s}} \quad (2)$$

- Puissance :

$$P_T = \dot{m}_{air} \left[ C_{p,gaz} \cdot T_3 \left(1 - \pi^{\frac{1-k}{k}}\right) \eta_{tur} - C_{p,air} \cdot T_1 \left(\pi^{\frac{k-1}{k}} - 1\right) \eta_{com}^{-1} \right] \quad (3)$$

- Rendement isentropique de la turbine :

$$\eta_{tur} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4,s}} \quad (4)$$

- Rendement isentropique de compresseur

$$\eta_{com} = \frac{T_{2,s} - T_a}{T_2 - T_a} \quad (5)$$

Avec :

- $P$  : Puissance (W)
- $W$  : Travail (J)
- $C_p$  : Chaleur spécifique ( $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )
- $\eta$  : Rendement (-)
- $T$  : Température (K)
- $\pi$  : Rapport de compression (-)
- $\dot{m}$  : Débit ( $\text{kg s}^{-1}$ )
- $P$  : Pression (Pa)
- $V$  : Volume ( $\text{m}^3$ ).

Il apparaît clairement que la température ambiante ( $T_a$ ) influence les performances et la puissance produite par la génératrice à gaz, elle constitue un paramètre opératoire clé non contrôlé, dont les variations saisonnières et l'amplitude dépendent du site de production.

### 3. Résultats et discussion

#### Hypothèses de l'analyse

La turbine considérée dans cette étude, est une turbine à gaz, type siemens SGT5-4000F, « HEAVY DUTY » destinée à la production de l'énergie électrique d'un seul étage de compression, et un seul arbre de détente, dont les caractéristiques nominales sont données dans le tableau 1 (siemen.com / gaz-turbines).

#### Effet de la température ambiante sur les performances de la turbine

Pour mettre en évidence le comportement de notre turbine à gaz en fonction de la température ambiante, nous avons utilisé les données de température observées par la station d'Alger-Port située dans la même zone de la centrale électrique d'El-Hamma, durant l'année 2017.

TABLE 1. Caractéristiques nominales de la turbine étudiée

|                                       |         |
|---------------------------------------|---------|
| Puissance électrique                  | 307 MW  |
| Taux de compression                   | 18.8    |
| Température de flamme                 | 1190 °C |
| Température d'échappement             | 579 °C  |
| Rendement isentropique de la turbine  | 85 %    |
| Rendement isentropique de compresseur | 80 %    |

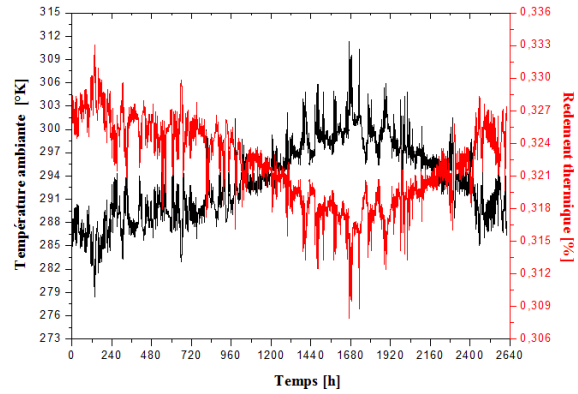


FIGURE 2. Évolution de la température ambiante et du rendement en fonction du temps.

Les figures 3 et 4 montrent que les performances de la turbine sont inversement proportionnelles à la température ambiante. Le rendement thermique maximal de la turbine est de l'ordre de 33.3% et il est enregistré au milieu de mois de janvier. En été, sous l'effet des températures élevées, ce rendement diminue jusqu'à la valeur 31 %. La valeur minimale de ce rendement est obtenue au début du mois d'Août (Fig. 4).

Le même comportement est enregistré pour la puissance. Elle oscille entre la valeur maximale de l'ordre de 234 MW obtenue en mi-janvier et la valeur minimale de l'ordre de 198 MW qui est obtenue en été (Fig.3). Soit une diminution de la puissance de l'ordre de 36 MW pour des températures qui varient entre  $-2^\circ\text{C}$  et  $38.5^\circ\text{C}$ .

#### Inter-comparaison entre les performances obtenues sous l'influence des températures ambiantes prévues par ALADIN et observées

Pour cette partie, nous avons réalisé une étude comparative entre les performances obtenues sous l'influence des températures observées (SYNOP) et celles prévues en utilisant les températures simulées par ALADIN pour l'année 2017.

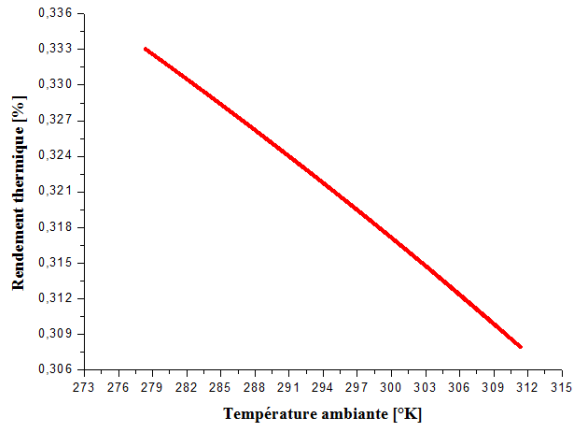
L'analyse des résultats d'inter-comparaison montre que l'allure des courbes d'évolution des performances prévues calculées à partir des données de température simulées par ALADIN suit celle calculées à partir des températures observées.

Le rendement maximal prévu est de l'ordre de 33.72% et il est obtenu en hiver. Par contre le rendement minimal prévu est obtenu en été et il est estimé à 30.7%, ce qui correspond au rendement obtenu à partir des températures observées.

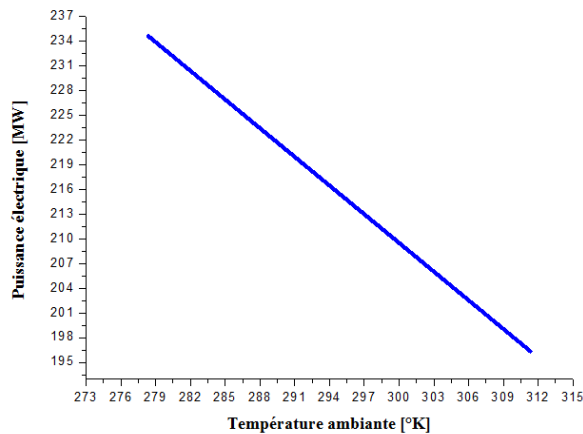
La puissance maximale prévue est de l'ordre de 244 MW et il est obtenu en hiver. Par contre la puissance minimale prévue est obtenue en été et elle est estimée à 197 MW.

Nous avons, ensuite, calculé le rapport entre les performances prévues calculées à partir des données de température simulées et les performances réelles calculées à partir des températures observées. En moyen ce rapport est estimé à 95% ce qui est très acceptable.

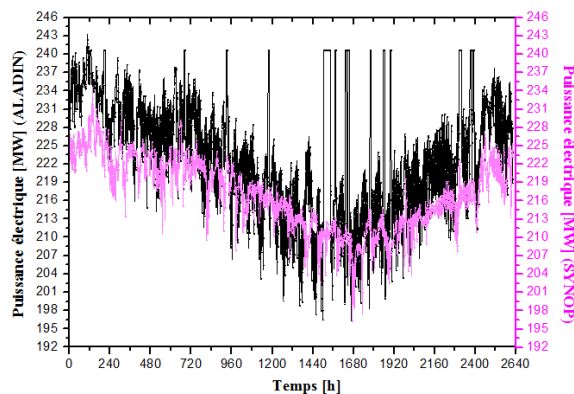




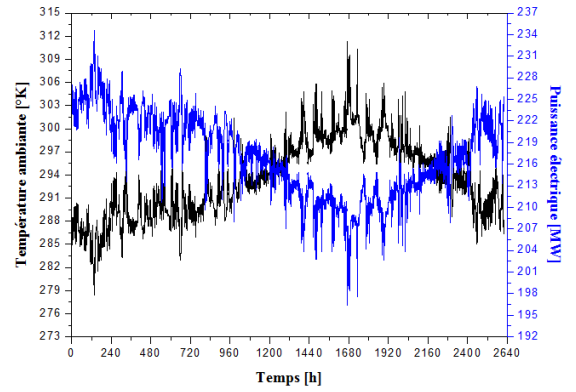
**FIGURE 3.** Evolution de la température ambiante et la puissance électrique produite par la turbine en fonction du temps.



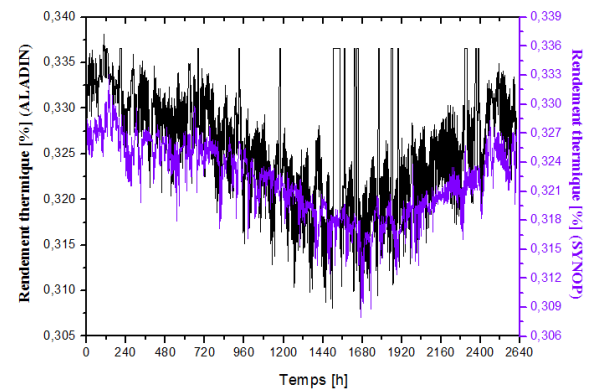
**FIGURE 4.** Évolution du rendement thermique en fonction du temps calculé à partir des températures observées (trait noir) et prévues par ALADIN (trait vert).



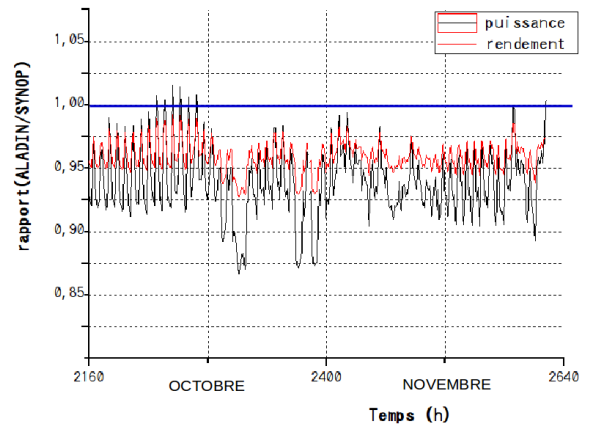
**FIGURE 7.** Rapport des performances obtenue par les données ALADIN/SYNOP pour les mois d'octobre et novembre



**FIGURE 5.** Évolution de la puissance en fonction du temps calculé à partir des températures observées (trait rose) et prévues par ALADIN (trait noir).



**FIGURE 6.** Rapport des performances obtenue par les données ALADIN/SYNOP pour les mois de janvier et février



**FIGURE 8.** Rapport des performances obtenue par les données ALADIN/SYNOP pour les mois de juin et juillet.

## 4. Conclusion

Les relations qui expriment le comportement de la turbine à gaz sont obtenues par la réalisation d'un bilan énergétique pour chaque composant, elles combinent les températures, les débits de fuel, d'air, et la chaleur spécifique à pression constante. Elle peut être modélisée aussi par les enthalpies pour chaque point. Il apparaît clairement que la température ambiante constitue un paramètre clé dans le calcul des performances d'une turbine à gaz. Dans cette étude, nous avons utilisé, à la fois, les températures observées et celles simulées par ALADIN pour calculer ces performances. Les résultats montrent que pour un intervalle de température situé entre  $-2^{\circ}\text{C}$  et  $38.5^{\circ}\text{C}$ , nous avons enregistré une réduction de 36 MW de la puissance électrique produite. En outre, l'erreur commise sur le rendement simulé par rapport au rendement réel est de l'ordre de 5%.

## Références

- Cengel, Y. A. and Boles, M. A. (2006). *Thermodynamics : an engineering approach*, volume 1000. Mc-Graw Hill.
- Jacobson, M. Z. (2009). Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy & Environmental Science*, 2(2) :148–173.
- Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derková, M., El Khatib, R., et al. (2018). The aladin system and its canonical model configurations arome cy41t1 and alaro cy40t1. *Geoscientific Model Development*, 11(1) :257.

# Assimilation CANARI des données surface SYNOP pour le modèle ALADIN Algérie

Idir DEHMOUS<sup>1\*</sup>, Mohand Ouali AIT MEZIANE<sup>1</sup>

## Résumé

Cet article présente les premiers résultats de l'implémentation de CANARI avec le modèle ALADIN à l'Office National de Météorologie. En effet, CANARI est une technique d'assimilation qui utilise l'algorithme de l'interpolation optimale, opérationnelle à Météo France depuis les années 1990. En premier lieu, nous allons donner une brève description de l'étape du pré-Processing des observations qui a pour objectif la préparation des observations en format BUFR et la génération de la base de données ODB-ECMA (Observation Data Base), nécessaire en entrée pour CANARI. Ensuite, nous allons décrire notre expérience qui s'est déroulée sur une période s'étalant sur deux semaines du 13-04-2017 au 30-04-2017 en prenant la prévision du modèle ALADIN du réseau 00h valide à 06H comme ébauche et le fichier d'observations synoptiques de la même heure. Les deux paramètres analysés sont la température et l'humidité à 2 mètres pour lesquels les valeurs données par la prévision opérationnelle et celles données par l'analyse sont comparées à l'observation.

## Mots Clés:

CANARI — ALADIN — SYNOP — ODB — Analyse

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

\*Correspondant: eddiehmo@gmail.com

## 1. Introduction

L'un des problèmes majeurs de la prévision numérique du temps est de trouver l'état atmosphérique initiale le plus proche de la réalité. Pour ce faire, l'assimilation de données est un ensemble de méthodes et techniques qui permettent une meilleure estimation de cet état. Le principe de l'assimilation consiste en une combinaison des données observations, prévision antérieure (ébauche) ainsi que l'information apportée par la climatologie, avec les approches des modèles d'assimilation on aura des états atmosphériques initiaux analysés.

L'une des méthodes utilisées pour analyser certains paramètres au niveau de la surface est CANARI (Code d'Assimilation Nécessaire pour ARPEGE pour ses Rejet et son Initialisation) a été introduite durant les années 1990 à météo France pour le modèle à aire limitée ALADIN (Fischer et al. (2006)), elle repose sur le principe de l'interpolation optimale.

L'équation typique d'un problème d'interpolation optimale est donnée (Bouttier (2007)) par :

$$X_a = X_b + K(Y - H[X_b]) \quad (1)$$

Où

$$K = BH^T(HBH^T + R)^{-1} \quad (2)$$

$X_b$  est l'état d'ébauche (issue d'une prévision ancienne),  $X_a$  est l'état d'analyse,  $H$  opérateur d'observations qui tendent à simuler les valeurs d'ébauche sur les points d'observations,  $B$  matrice de covariance d'erreur du modèle,  $R$  est matrice de covariance d'erreur d'observation.

Notre travail consiste en le branchement de la chaîne d'assimilation des données CANARI au modèle ALADIN et mettre en évidence son apport à la qualité de la prévision. La chaîne a été branchée durant la période du 13-04-2017 au 30-04-2017. Nous avons pris la prévision du modèle ALADIN du réseau 00h valide à 06H comme ébauche et le fichier d'observations synoptiques de la même heure pour générer des états analysés.

Les deux paramètres analysés sont la température et l'humidité à 2 mètres pour lesquels les valeurs données par la prévision opérationnelle et celles données par l'analyse sont comparées à l'observation.

## 2. Format et type d'observations

Météo France utilise le binaire OULAN pour générer le fichier OBSOUL afin de convertir les données alphanumérique en format lisible pour le programme BATOR. D'autres versions ont été développées du programme OULAN afin de tenir compte des stations d'observations des autres pays du consortium ALADIN, (Randriamampianina and Storto (2008)).

Au niveau de l'ONM, le programme OULAN n'étant pas disponible, les synops sont encodés directement en format BUFR, pour générer les fichiers d'entrées pour le programme BATOR.

Dans notre expérience 35 stations sont utilisées pour chaque analyse (figure 1).

## 3. Preprocessing des observations et préparation de l'ODB

Afin de réaliser nos expériences d'assimilation CANARI pour le domaine ALADIN Algérie, nous avons commencé par la préparation des observations en format ODB (Observation Data Base). Le format ODB a été développé au sein de l'ECMWF (European center for Medium-range Weather Forecasts) et est conçu pour gérer des flux de données considérables d'observations (Saarinen (2004)).

Il existe deux types de formats ODB :

- Le format non compressé ECMA utilisé exclusivement pour le modèle CANARI et le screening quand il s'agit d'une configuration 3DVAR.

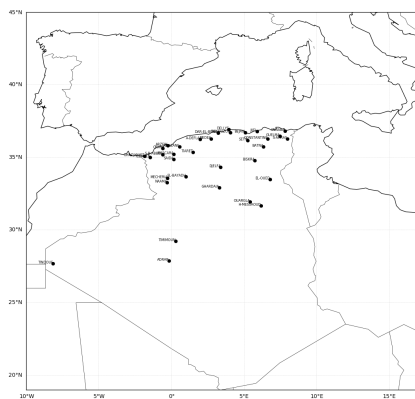


FIGURE 1. Emplacement des stations d'observations.

— le format compressé CCMA, généralement utilisée pour les configurations variationnelles ( 3DVAR , 4DVAR ).

Dans notre expérience d'implémentation du modèle CANARI , l'ODB a été générée sous format ECMA. Le programme qui génère l'ODB est le binaire BATOR du code ARPGE/ALADIN . Ce dernier est un programme qui vise à extraire les observations à partir des données observées en formats OBSOUL ,GRIB et BUFR et les écrire dans la base de données ODB.

Dans le cas où plusieurs types d'observations sont utilisés (AMDAR, ASCAT, etc), une sous base ECMA (ECMA . amdar ,ECMA . ascat etc.) pour chaque type d'observation est nécessaire. Une fois les bases ECMA générées, elles sont ensuite fusionnées en utilisant le binaire odbtools (SHUFFLE). La base de données finale contient tous les fichiers requis, et est utilisée comme entrée pour CANARI.

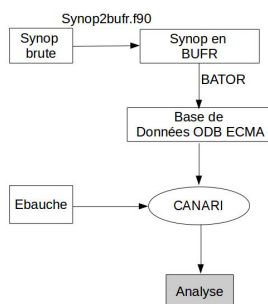


FIGURE 2. Processus d'analyse surface CANARI.

## 4. Description de l'expérience

Notre expérience d'assimilation CANARI pour le modèle ALADIN Algérie s'est déroulée sur la période allant du 13-04-2017 jusqu'au 30-04-2017 en prenant à chaque fois le fichier synoptique de 06h comportant les stations sélectionnées (figure 1) , Les fichiers observations contiennent les paramètres standards, à savoir la température à deux mètres, l'humidité

relative à deux mètres, la pression au niveau de la mer, la nébulosité, la vitesse et la direction du vent, et la prévision ALADIN du réseau 00H valide à 06h. De plus, outre les données observations et le fichier ébauche, les deux fichiers climatologiques du mois en cours et du mois précédent sont nécessaire à la mise à jour des constantes climatologiques (végétation, albédo..etc. )Taillefer (2002). Par ailleurs, lors de la configuration de CANARI, seule l'analyse des deux variables températures et l'humidité relative à 2 mètres sont activées .

## 5. Résultats et Conclusions

### Impact d'une seule observation

La figure 3 et 4 montrent l'impact d'une seule observation sur la température et l'humidité à 2 mètre. Ces résultats concernent la station de Dar El-Beida pour la date du 13-04-2017 à 06h.

On remarque bien un incrément (différence analyse-ébauche) assez considérable pour les deux paramètres T2m et H2m. L'information apportée par la source d'observation tend à s'étaler sous l'effet de l'interpolation optimale en suivant des contour circulaires, puis s'atténue complètement à mesure que l'on s'éloigne de la station considérée ( à environ 100km du point d'observation), avec des incréments allant de  $-6^{\circ}\text{C}$  à  $6^{\circ}\text{C}$  pour la température et de  $-0.5\%$  à  $0.5\%$  pour l'humidité à deux mètres.

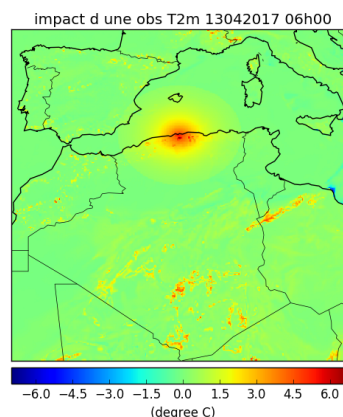


FIGURE 3. Impact d'une seule source d'observation sur le champ incrément (analyse- ébauche) de la température.

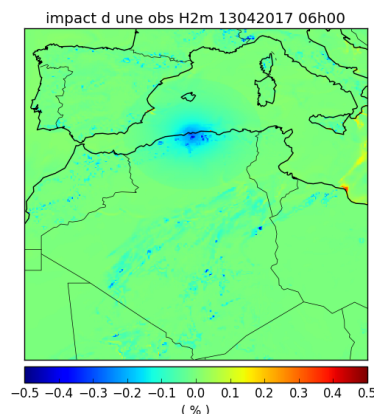


FIGURE 4. Impact d'une seule source d'observation sur le champ incrément (analyse- ébauche) de l'humidité.

### Impact de plusieurs observations

Les figures ci-dessous montrent la différence entre le champs de température d'ébauche, issue de la prévision 06h et l'analyse obtenue après l'injection des observations. Afin de bien voir l'effet de l'analyse sur l'ébauche utilisée, seul l'analyse des deux paramètres, température et humidité à 2 mètre est activé.

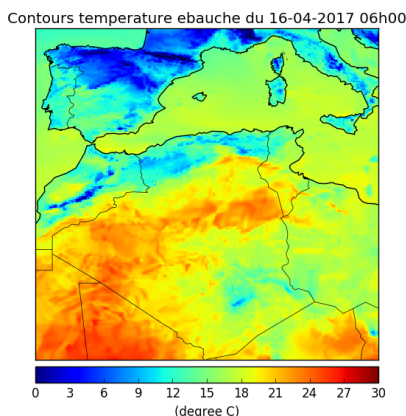


FIGURE 5. Profil de température à 2 mètre de l'ébauche.

En effet, étant donnée que la température à la surface de la mer (SST) utilisée dans notre analyse est celle du modèle ARPEGE interpolée sur la grille ALADIN 8km, les altérations que l'on voit sur les champs de température et de l'humidité analysé (figure 6 et 8) sont dues principalement à « l'étalement » de l'information apportée par les observations, particulièrement pour les régions du nord, nord ouest et sud-ouest. Ce sont des régions relativement à forte densité d'observation.

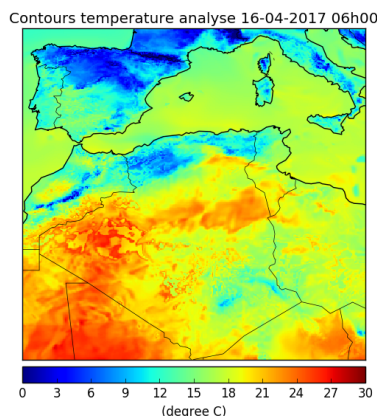


FIGURE 6. Profil de température à 2 mètre de l'analyse.

À cause du nombre réduit de stations d'observations utilisées pour notre expérience (35 stations), la différence entre les champs analysés et ceux extraits de l'ébauche est difficile à distinguer. Pour mieux mettre en évidence l'apport de ces dernières à l'analyse, l'évolution des paramètres T2m et H2m a été tracée au cours des différentes échéances, ainsi que leurs biais par rapport aux valeurs observées.

Concernant l'évolution de la température à 2 mètre, la figure 10 montre des biais nettement meilleurs comparés aux prévisions opérationnelles, soit un biais moyen de 2.45 °C pour les champs ébauche contre 1.70 °C pour les champs analysés. On remarque que l'analyse CANARI tend à prendre des

Contours humidite ebauche du 16-04-2017 06h00

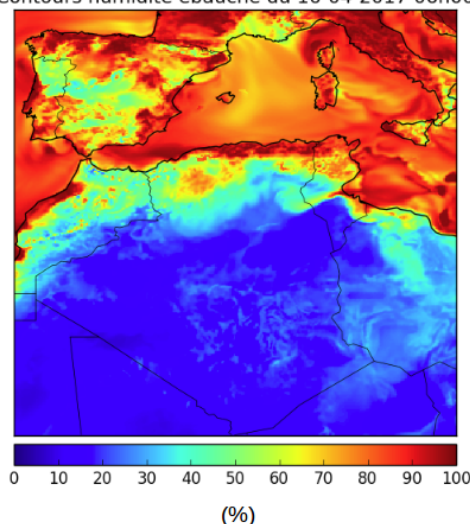


FIGURE 7. Profil humidité de surface de l'ébauche.

Contours humidite analyse du 16-04-2017 06h00

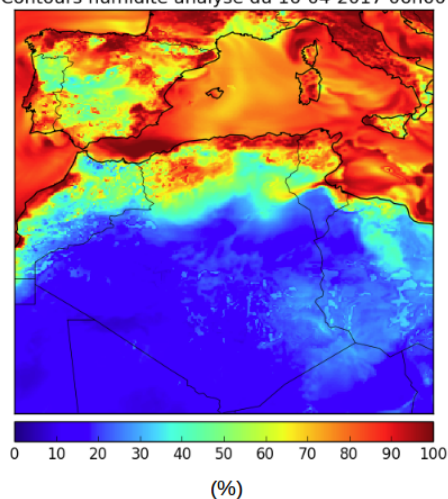


FIGURE 8. Profil humidité de surface de l'analyse.

valeurs comprises entre celles données par l'observation et celles données par l'ébauche (figure 9), excepté pour les journées du 26-04-2017 au 28-01-2017 où on remarque une légère dégradation des scores relatifs à l'analyse.

Quant à l'évolution de l'humidité en surface, la figure 11 montre des oscillations autour des données d'observations et de l'ébauche ALADIN. Néanmoins on constate que les valeurs de l'humidité analysée ont tendance à prendre des valeurs entre celles données par l'observation et par la prévision opérationnelle. D'autre part, la figure 12 montre une diminution des biais moyens entre l'analyse et l'ébauche avec 0.65 % pour l'ébauche et 0.40 % pour les humidités analysées.

## 6. Conclusion

D'après notre expérience on peut dire que le modèle CANARI a bien été implémenté sur HPC avec archivage des fichiers analyses et des bases de données ODB ont été générées à partir des observations synoptiques.

L'introduction des observations montre un impact sur le



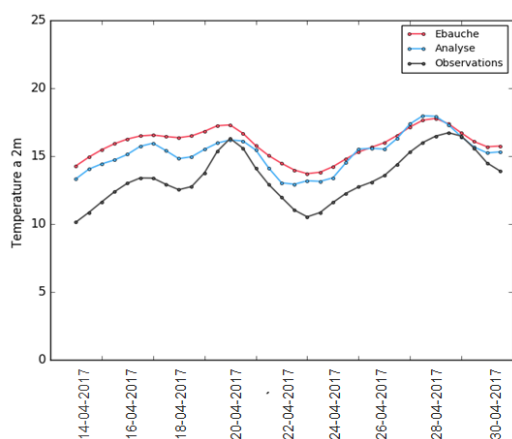


FIGURE 9. Température à deux mètres.

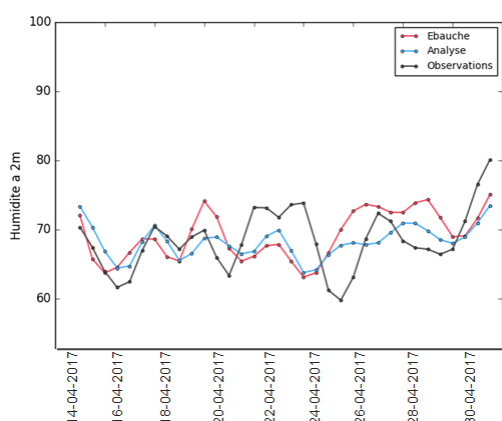


FIGURE 10. Humidité de surface donnée par l'ébauche, l'analyse et les observations.

paramètre température à deux mètres (figure 9) avec une diminution appréciable du biais par rapport aux prévisions ALADIN non analysées (biais moyen de  $2.45^{\circ}\text{C}$  pour l'ébauche contre  $1.70^{\circ}\text{C}$  pour l'analyse).

Quant aux profils relatifs à l'humidité à deux mètres analysée, ils montrent des oscillations autour des données obser-

vations et de l'ébauche ALADIN (figure 11), néanmoins on constate une diminution des biais moyens entre l'analyse et l'ébauche  $0.65^{\circ}\text{C}$  pour l'ébauche et  $0.40^{\circ}\text{C}$  pour les humidités analysées (figure 10).

Finalement, des tests sur une durée plus étendue seront envisagés avec un cycle d'assimilation utilisant des observations principales (chaque 06h) (prise en compte des influences du rayonnement).

D'après notre expérience, on peut dire que le modèle CANARI a bien été implémenté avec succès sur le calculateur de l'ONM avec archivage des fichiers analyse et des bases de données ODB générées à partir des observations synoptiques.

Les scores donnés par les analyses des deux paramètres T2m et H2m sont plutôt encourageant, avec des biais moyennement meilleurs comparé avec ceux donnés par les prévisions non analysées. En effet, l'analyse combine les deux informations données par l'ébauche et l'observation et l'interpole par la méthode de l'interpolation optimale sur le domaine analysé. Par ailleurs, elle a un effet de redressement sur les prévisions données par le modèle ALADIN, lequel au sens statistique « oublie » les conditions initiales du modèle ARPEGE auquel il est couplé au fur et à mesure qu'il s'éloigne de son réseau d'assimilation (réseau 00h dans notre cas). Finalement, des tests sur des périodes plus étendues seront à envisager afin de tenir compte des réseaux d'intégration diurne (réseau 12h) ainsi que les effets des saisons sur les analyses CANARI.

## Références

- Bouttier, F. (2007). Arome, avenir de la prévision régionale.  
 Fischer, C., Montmerle, T., Auger, L., and Lacroix, B. (2006). Météorologie, 54 édition.  
 Randriamampianina, R. and Storto, A. (2008). Aladin-harmonie/norway and its assimilation system : the implementation phase. *HIRLAM Newsletter*, 54 :20–30.  
 Saarinen, S. (2004). *ODB User Guide*. ECMWF, draft : 1st edition.  
 Taillefer, F. (2002). Based on arpège cycle cy25t1 for aladin.



# Inter comparaison entre la version ALADIN-SURFEX et celle d'ALADIN opérationnel

Oussama DOUBA<sup>1\*</sup>, Mohamed MOKHTARI<sup>1</sup>

## Résumé

Cet article présente une étude préliminaire sur le couplage de la surface externalisée (SURFEX) avec le modèle opérationnel ALADIN-Algérie utilisé actuellement à Météo Algérie. L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'apport du schéma de surface à la qualité de la prévision dans la perspective d'implémenter cette version (ALADIN-SURFEX) en opérationnel. Cette version est confrontée, à la fois, à ALADIN opérationnel et aux observations. L'analyse des résultats montre une nette amélioration des scores de la température à deux mètres, de l'humidité à deux mètres et du vent à dix mètres, notamment pour la partie nord de l'Algérie. Pour la partie sud de l'Algérie, la version ALADIN opérationnel se comporte mieux que à ALADIN-SURFEX.

## Mots Clés:

ALADIN — SURFEX — ISBA — Schéma de Surface

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

\*Correspondant: [douba.oussama69@gmail.com](mailto:douba.oussama69@gmail.com)

## 1. Introduction

Le rôle d'un schéma de surface dans les modèles de prévision numérique du temps est de simuler les échanges d'énergie, de quantité de mouvement, et de matière (eau, CO<sub>2</sub>, etc.) entre la surface et l'atmosphère. La surface est la limite inférieure du modèle atmosphérique. Elle présente une forte variabilité spatio-temporelle, et nécessite des paramétrisations physiques spécifiques : zones urbaines, naturelles, etc. A cet effet, une meilleure prise en compte de ces échanges permettra, certainement, d'améliorer les scores des modèles numériques de prévision du temps.

Aujourd'hui, plusieurs schémas de surface qui fonctionnent en mode couplé ont été développés à l'instar du schéma externalisé SURFEX (Masson et al. (2012)) développé au Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM). SURFEX permet une description détaillée de l'état de la surface grâce à l'approche par « Tiling ». Plus précisément, un schéma physique spécifique est utilisé en fonction du type de couvert présent : ISBA pour le couvert nature, TEB (Town Energy Balance) (Masson (2000)) pour les zones urbaines, WATFLX au-dessus des lacs et SEAFLX au-dessus des océans et mers.

Notre étude s'inscrit dans ce contexte, elle consiste à faire une inter-comparaison entre la version opérationnelle ALADIN (Termonia et al. (2018)) utilisée actuellement à Météo Algérie et couplée avec le schéma de surface ISBA (Noilhan and Planton (1989)) et la version ALADIN couplée avec la surface externalisée SURFEX. Pour réaliser cette étude, nous avons lancé des simulations avec le système couplé ALADIN-SURFEX durant la période 01-31 Janvier 2017. Les résultats de ces simulations sont confrontés à la fois aux observations et aux sorties du modèle ALADIN-Algérie opérationnel.

## 2. Description du système ALADIN-SURFEX

SURFEX est la plateforme de modélisation de surface. C'est un code autonome de surface, qui permet de simuler les flux échangés entre la surface et l'atmosphère et qui peut être

exploité en mode couplé à d'autres modèles météorologiques ou en mode offline. Dans notre cas de couplage ALADIN avec SURFEX, chaque point de grille du modèle est représenté par quatre types de surface : mer ou océan, lac, zones urbaines et continent (sol et végétation). La prévision de référence, allant jusqu'à 24H d'échéance, a été réalisée sur une période d'un mois (Janvier 2017). Le cycle utilisé durant cette prévision est le cy40 et pour SURFEX c'est la version v7.2. Le couplage atmosphérique du modèle (données initiales et aux bords) est fait avec le modèle global ARPEGE toutes les trois heures.

## 3. Descriptions des expériences

### Calcul des scores de fiabilité

Afin de pouvoir quantifier la fiabilité des résultats obtenus, nous avons calculé les biais des deux configurations utilisées par rapport aux observations. Nous nous sommes intéressés dans le calcul des biais aux paramètres suivants : température à 2 mètres, humidité relative à 2 mètres et vitesse du vent à 10 mètres. Pour cette comparaison, nous avons choisi cinq (05) stations synoptiques réparties en deux régions différentes :

- Région nord : Annaba, Dar-El-Beida, Chlef.
- Région sud : In-Salah, El-Oued.

## 4. Résultats et discussions

### Température à deux mètres

D'après la figure-?? on remarque qu'il y a une différence de température jusqu'à 2 °C dans certaines régions, un biais positif dans les régions montagneuses notamment l'Atlas marocain, les Pyrénées et les Alpes, et un biais négatif dans les plaines.

Nous avons représenté dans la figure-?? l'évolution des biais de température pour les cinq (5) stations considérées. L'analyse de ces courbes montre que ALADIN-SURFEX se comporte mieux que ALADIN-OPER.

Le tableau-?? montre le biais et l'écart type pour chaque station obtenus par les deux modèles. On remarque que les

TABLE 1. Configuration ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX

|                             | ALADIN-OPER                                                                                     | ALADIN-SURFEX                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Domaine                     | [10.71 °E – 17.21 °W]<br>[18.54 °S – 18.54 °N]                                                  | [10.71 °E – 17.21 °W]<br>[18.54 °S – 18.54 °N]                                                                                                                                                                             |
| Résolution                  | 8000m                                                                                           | 8000m                                                                                                                                                                                                                      |
| Niveaux verticaux           | 70                                                                                              | 70                                                                                                                                                                                                                         |
| Niveau profond              | 2                                                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                          |
| Couplage                    | ARPEGE (tri-horaire)                                                                            | ARPEGE (tri-horaire)                                                                                                                                                                                                       |
| Schéma de surface           | ISBA                                                                                            | SURFEX (ISBA, TEB, WATFLX et SEAFLEX)                                                                                                                                                                                      |
| Paramètres d’initialisation | Température/humidité de surface.<br>Contenu en eau (liquide, glace, neige)<br>Hauteur de neige. | Température/humidité de surface<br>Contenu en eau (liquide, glace, neige)<br>Hauteur de neige.<br>Résistance dynamique.<br>Rayonnement IR/Solaire Direct/Diffus<br>Température/Humidité des routes, des toits et des murs. |
| Climatologie                | Température de surface et dans le sol<br>Albédo<br>Argile/Sable<br>Géopotential à la surface    | Température de surface et dans le sol<br>Albédo<br>Argile/Sable<br>Géopotential à la surface                                                                                                                               |
| Type de couvert décrit      | Nature                                                                                          | Nature, ville, lac, mer                                                                                                                                                                                                    |
| Initialisation des champs   | fichier climatologie                                                                            | fichier climatologie + fichier des variables pronostique                                                                                                                                                                   |

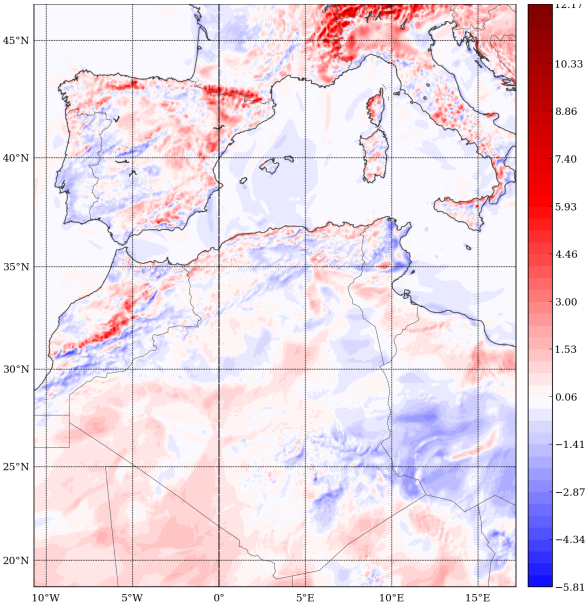


FIGURE 1. Moyenne mensuelle de la différence de température à 2 mètres entre ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX pour le mois de janvier 2017

écarts-types et les biais sont faibles pour les 3 premières stations (Région 1) pour ALADIN-SURFEX, cela signifie que la dispersion est moindre et les graphes de régression de ALADIN-SURFEX (figure-??) sont mieux ajustés que ceux de ALADIN-OPER. Par contre l’écart type pour les deux stations de la région deux est faible pour ALADIN-OPER, cela signifie que ALADIN-SURFEX est moins bon que ALADIN-OPER (figure-??).

Humidité à 2m

D’après la figure 4, les courbes a.1, b.1 et c.1 montrent que ALADIN-SURFEX donne de bons résultats de l’humidité relative à deux mètres par rapport à ALADIN-OPER et les diagrammes de dispersion a.2, b.2 et c.2 (régions 1) montrent bien que SURFEX a un effet positif sur la prévision de l’humidité relative à 2m dans cette région. Par contre on remarque dans la région 2 courbe d.1 et e.1 que ALADIN-OPER donne

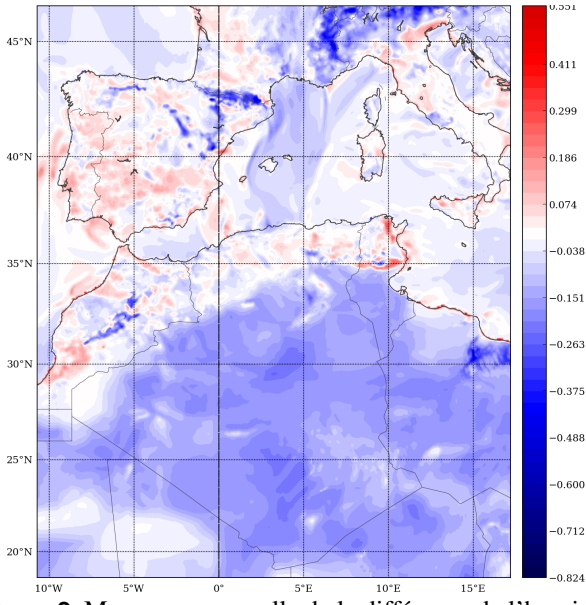


FIGURE 2. Moyenne mensuelle de la différence de l’humidité à deux mètres entre ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX pour le mois de janvier 2017.

des bons résultats de l’humidité relative à deux mètres par rapport à ALADIN-SURFEX.

Les résultats du tableau 3 montrent que ALADIN-SURFEX a de meilleurs scores pour l’humidité relative à 2m dans la région nord . Par contre ALADIN-OPER présente de meilleurs score dans la région sud.

Vent à 10 mètres

Les courbes de la figure 5 présentent l’évolution du biais de vitesse du vent à 10 mètres entre ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX et les diagrammes de dispersion pour les stations considérées.

D’après les courbes de la figures 5 nous remarquons que dans la région nord (a.1, b.1 et c.1) la prévision de ALADIN-SURFEX présente une amélioration des scores de fiabilité par rapport à la prévision opérationnelle, par contre ALADIN-OPER présente de meilleurs scores dans le sud par rapport à ALADIN-SURFEX (d.1 et e.1).

**TABLE 2.** Indicateurs d'erreurs pour ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX : Température à deux mètres, Humidité à 2 mètres, et Vent à dix mètres.

| Paramètre | Station      | Biais<br>ALADIN-OPER | ALADIN-SURFEX | Ecart type<br>ALADIN-OPER | ALADIN-SURFEX |
|-----------|--------------|----------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| T2M       | Annaba       | -2.69                | -2.58         | 1.20                      | 0.67          |
|           | Dar-El-Beida | -5.68                | -4.10         | 1.34                      | 1.14          |
|           | Chlef        | -0.79                | -0.49         | 1.12                      | 0.91          |
|           | In-Salah     | -0.47                | -1.18         | 1.23                      | 1.72          |
|           | El-Oued      | -1.07                | -2.01         | 0.74                      | 0.85          |
| H2M       | Annaba       | 6.47                 | 3.07          | 11.23                     | 11.20         |
|           | Dar-El-Beida | 1.57                 | 1.07          | 11.95                     | 11.32         |
|           | Chlef        | -10.44               | -9.76         | 10.79                     | 9.35          |
|           | In-Salah     | -1.42                | 3.40          | 8.31                      | 9.83          |
|           | El-Oued      | -0.10                | 3.04          | 10.15                     | 10.56         |
| W10M      | Annaba       | -2.02                | -0.35         | 1.31                      | 1.21          |
|           | Dar-El-Beida | 1.36                 | 1.17          | 1.42                      | 1.13          |
|           | Chlef        | -0.68                | 0.07          | 1.52                      | 1.30          |
|           | In-Salah     | -0.18                | 0.47          | 1.23                      | 1.74          |
|           | El-Oued      | 0.26                 | 0.42          | 0.54                      | 0.72          |

D'après les résultats du tableau 4, nous remarquons que la prévision de ALADIN-SURFEX améliore les scores du vent à 10m dans la région 1 (Nord), par contre dans la région 2 (Sud) la prévision de ALADIN-SURFEX n'a pas amélioré les scores de la vitesse du vent à 10m du mois de janvier. D'après les résultats obtenus, on peut avancer que le couplage de SURFEX avec ALADIN a permis d'améliorer les scores de la prévision notamment sur les régions nord du pays. Par contre, sur les régions du sud, le système couplé ALADIN-SURFEX a montré ses limites.

D'autre part SURFEX calcule les flux moyens pour l'impulsion, la chaleur sensible et latente, puis renvoie ces quantités dans l'atmosphère en ajoutant des termes radiatifs comme la température de surface, l'albédo direct et diffus et aussi l'émissivité de surface. Cette information a permis de donner une meilleure prévision de la température deux mètres. L'humidité est le paramètre le moins bien restitué par les modèles numériques. Le couplage de ALADIN avec SURFEX permet d'améliorer la prévision de ce paramètre uniquement dans la région nord, parce que ces régions situées à proximité des côtes qui ont une forte humidité avec des masses d'air hétérogènes sont bien modélisées par SURFEX. Par contre, SURFEX reproduit mal les taux d'humidité pour les régions de sud caractérisées par des masses d'air homogènes. En ce qui concerne le paramètre vent à 10 mètres, on constate des différences au-dessus des reliefs. En effet, l'orographie joue un rôle important sur la vitesse et la direction du vent et perturbe la circulation atmosphérique par effet de canalisation et de brises de pente ou de vallée.

## 5. Conclusion

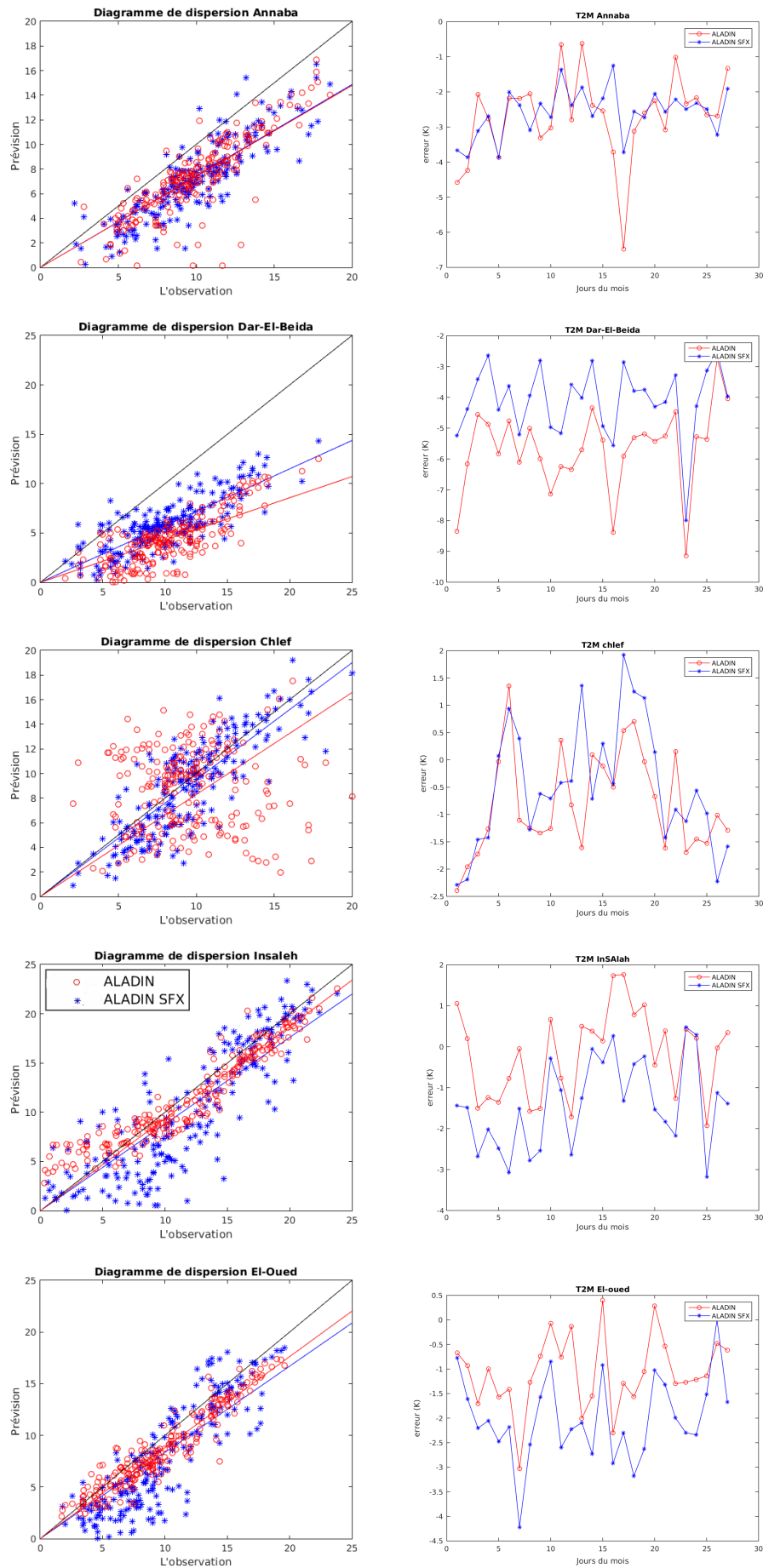
Une étude comparative entre le système couplé ALADIN-SURFEX et la version opérationnelle ALADIN-OPER est réa-

lisée dans le but de prospecter l'apport de SURFEX à la qualité de la prévision. Les simulations réalisées pour le mois de Janvier 2017 ont montré que l'activation du schéma de surface SURFEX a permis d'améliorer les scores du modèle notamment sur les régions nord du pays. Cette amélioration est probablement due à la distinction entre les différents types de couverts faite dans SURFEX.

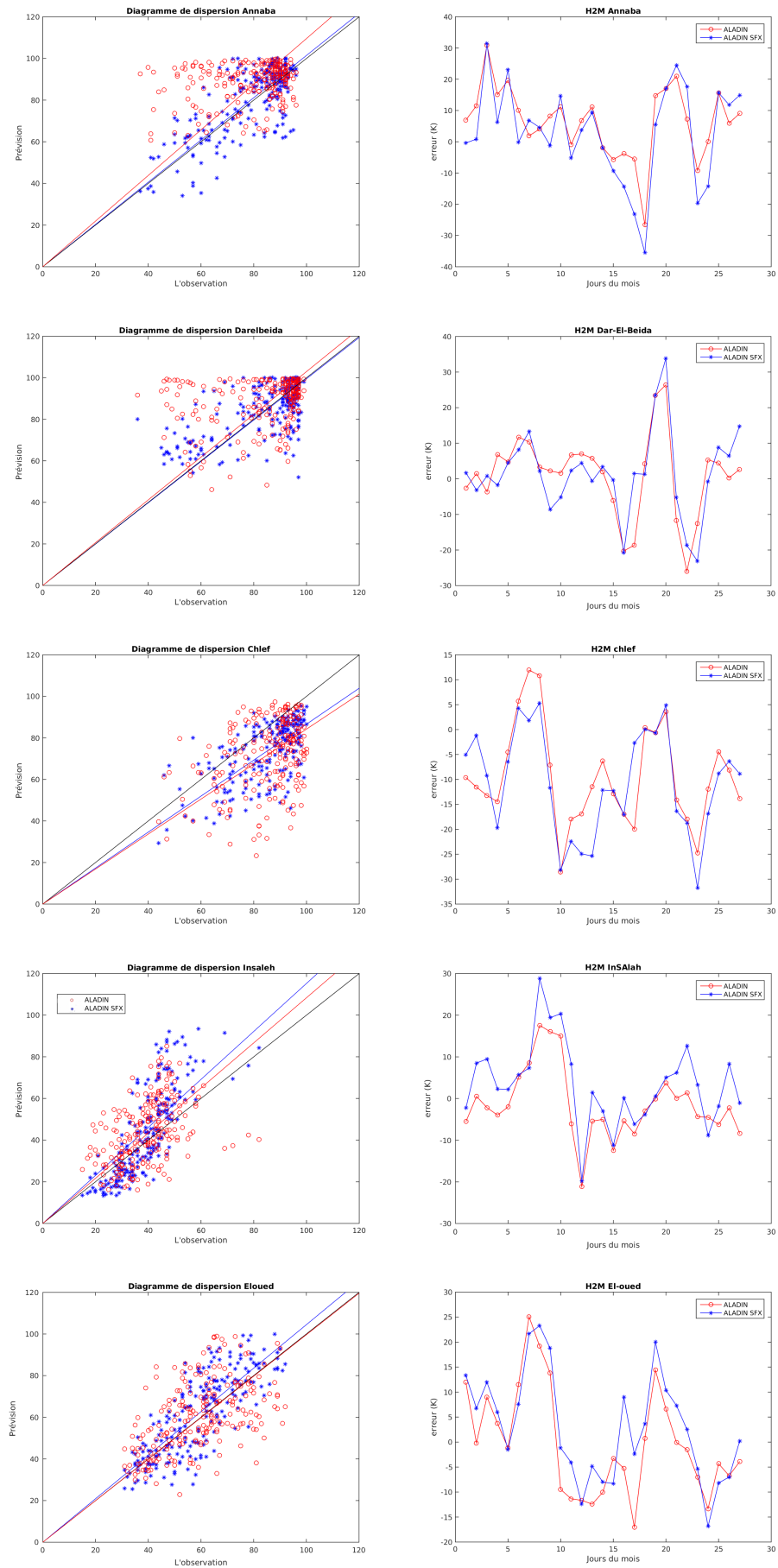
Pour généraliser nos conclusions sur le comportement du système couplé ALADIN-SURFEX pour les autres régions et les autres périodes de l'année, nous envisageons de réaliser plus de simulations et d'investigation avec plusieurs configurations du couplage.

## Références

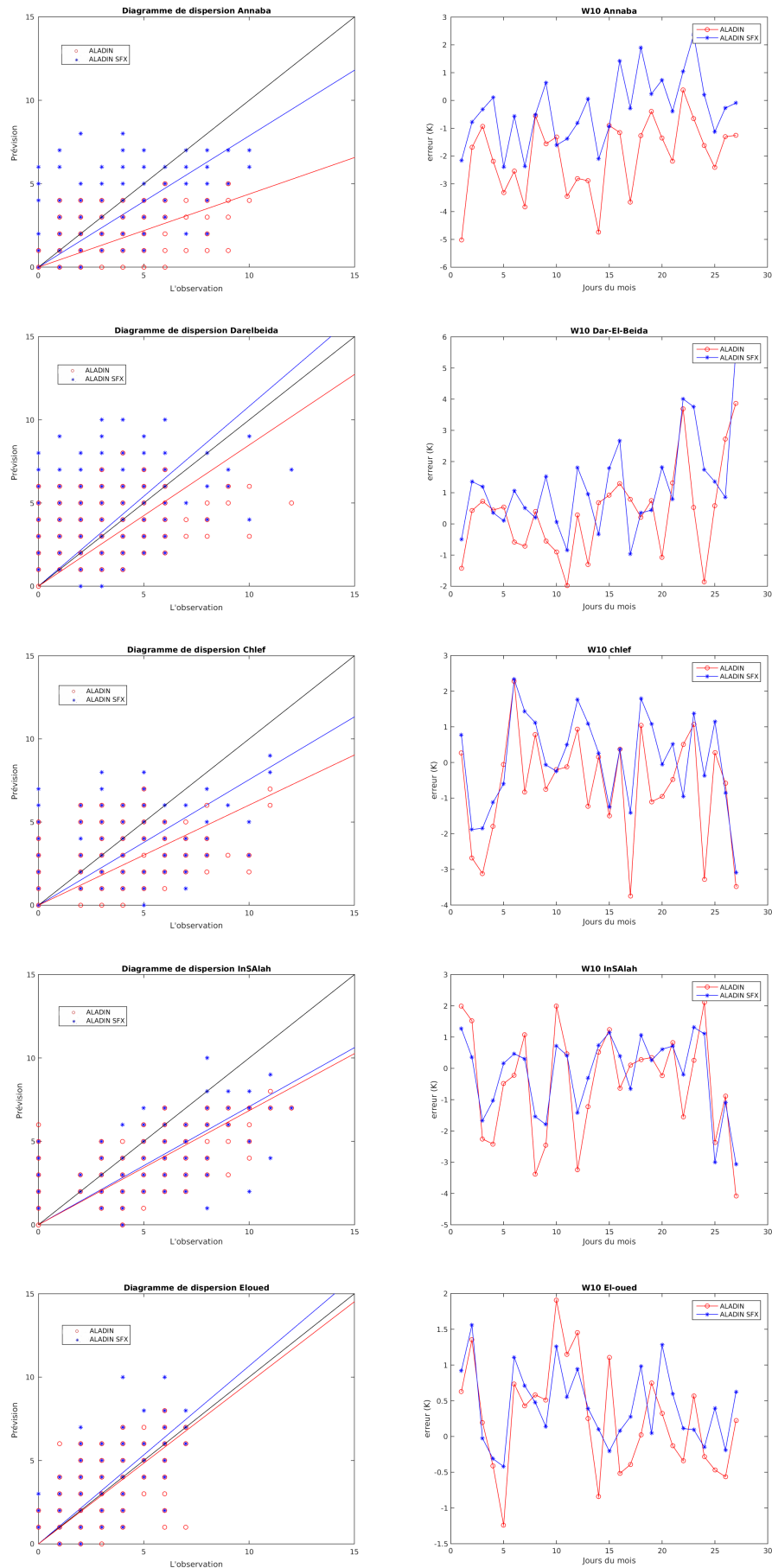
- Masson, V. (2000). A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Boundary-layer meteorology*, 94(3) :357–397.
- Masson, V., Le Moigne, P., Martin, E., Faroux, S., Alias, A., Alkama, R., Belamari, S., Barbu, A., Boone, A., Bouysse, F., et al. (2012). The surfexv7. 2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of earth surface variables and fluxes. *Geoscientific Model Development Discussions*, 5 :3771–3851.
- Noilhan, J. and Planton, S. (1989). A simple parameterization of land surface processes for meteorological models. *Monthly weather review*, 117(3) :536–549.
- Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouysse, F., Brožková, R., Bénard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derková, M., El Khatib, R., et al. (2018). The aladin system and its canonical model configurations arome cy41t1 and alaro cy40t1. *Geoscientific Model Development*, 11(1) :257.



**FIGURE 3.** Diagrammes d'évolution et de dispersion de la température à deux mètres : ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX , Janvier 2017



**FIGURE 4.** Diagrammes d'évolution et de dispersion de l'humidité relative à deux mètres : ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX , Janvier 2017



**FIGURE 5.** Diagrammes d'évolution et de dispersion du vent à dix mètres : ALADIN-OPER et ALADIN-SURFEX , Janvier 2017



# Développement d'une interface de valorisation des prévisions météorologiques

Sofiane KAMECHE<sup>1\*</sup>, Mohammed MOKHTARI<sup>1</sup>

## Résumé

Une interface web permettant de valider les prévisions météorologiques a été présentée dans cet article. L'objectif de cette interface est d'assurer la cohérence entre les prévisions automatisées et les prévisions élaborées par les prévisionnistes.

## Mots Clés:

Interface WEB — prévision — validation — bases de données

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

\*Correspondant: s.kameche@meteo.dz

## 1. Introduction

Dans le cadre du projet d'appui à la modernisation de l'Office National de la Météorologie, la direction générale de l'office a prévu l'automatisation de sa production afin de satisfaire la demande croissante de ses clients qui devient de plus en plus exigeante au niveau des détails ainsi que la fiabilité des prévisions (prévisions très localisées, produits diversifiés et fréquence horaire). Aujourd'hui, la satisfaction de cette demande est possible grâce aux développements croissants des modèles de prévision numérique du temps. Ces modèles permettent d'élaborer directement les produits dites « de base » (pictogrammes, températures ou valeurs de vent du site [www.meteo.dz](http://www.meteo.dz), cumuls des pluies) à l'aide des algorithmes associés.

Cependant, cette évolution comporte des risques majeurs (diffusion de prévisions non contrôlées, des incohérences entre les différentes productions réalisées par l'ONM, faisabilité technique) avec des conséquences en cascade pour les utilisateurs « grand public », les professionnels et les institutions, la chaîne d'alerte et de gestion de crise.

Dans le but d'assurer la cohérence entre les prévisions automatisées et les directives élaborées par les prévisionnistes et notamment entre la carte de prévision et la carte de vigilance, cette interface a été développée.

## 2. Caractéristiques générales de l'interface

C'est une interface WEB conçue en WYSIWYG « What You See Is What You Get » (Barroca (2003)) pour faciliter la manipulation des données de prévision (température, vent et humidité état du ciel, vigilance, pictogrammes ...) où chaque pictogramme correspond à un phénomène particulier. Comme toute application WEB, cette interface a été développée en utilisant des programmes codés en HTML et en JavaScript (Pilgrim (2010)) pour l'interactivité et la présentation des informations sur une « CARTE DE PREVISION » d'une part ; d'autre part, ces informations qui contiennent des prévisions sont lues à partir d'une base de données non validée présente sur le serveur MySQL de la machine de production afin d'être validée par le prévisionniste puis transférée vers le serveur WEB (Siegel (1998)) de l'O.N.M par le biais de programmes

écrit en PHP (Rigaux (2001)) comme l'illustre la figure ?? .

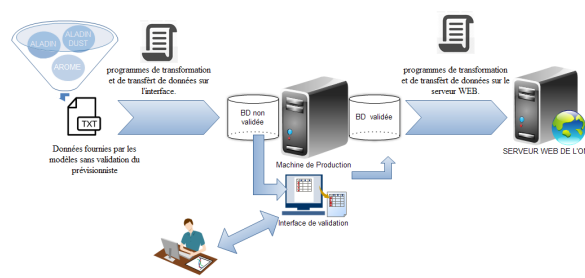


FIGURE 1. Schéma descriptif de l'interface de validation des prévisions météorologiques

## 3. Fonctionnement

Dans un premier temps, l'utilisateur de l'interface « prévisionniste » aura à s'identifier par mesure de sécurité comme l'illustre la figure Fig 2.

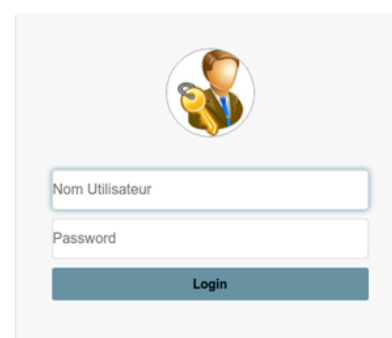


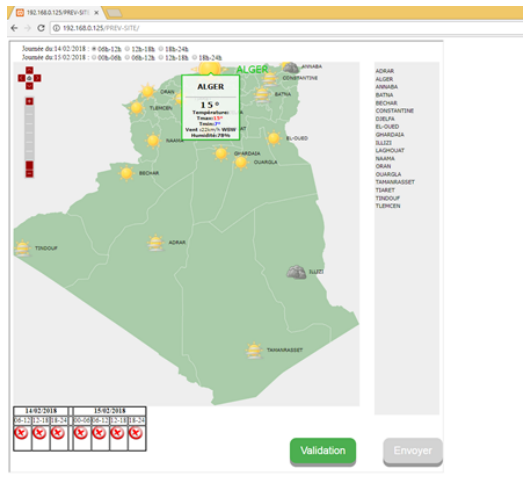
FIGURE 2. Capture d'écran de la page d'identification.

Ensuite, après identification, s'affichent les prévisions météorologiques des 48 wilayas de l'Algérie pour les 48 heures d'échéance pour les périodes (06-12, 12-18, 18-00) le jour « J » et (00-06, 06-12, 12-18, 18-24) le jour « J+1 » soit au total sept (07) périodes. Initialement, cette interface est alimentée automatiquement par les prévisions issues des modèles opérationnels de l'ONM à savoir : ALADIN, AROME et ALADIN DUST.

Après avoir consulté d'autres sources d'informations et d'autres modèles tels que les modèle ARPEGE et IFS, et les observa-

tions en temps réel, le prévisionniste peut, à tout moment, en se servant de cet outil apporter les changements qu'il juge nécessaires sur la wilaya ainsi que la période de son choix.

Cette vision globale que l'on va nommer « CARTE des PRÉVISIONS », permet à l'utilisateur de sélectionner la ville qui est l'objet de modification ainsi que la période concernée, comme on le voit sur la figure Fig3.



**FIGURE 3.** Capture d'écran de l'interface de valorisation de la carte de prévision météorologique sur l'Algérie

Une fois cette sélection établie, l'utilisateur aura la possibilité de mettre à jour les données de cette WILAYA (température moyenne d'une période, température minimale et maximale de la journée, force et direction du vent, humidité et état du ciel à travers une panoplie de pictogrammes pour le (jour) et pour la (nuit) comme le montrent les figures Fig4.a et Fig 4.b en utilisant de simples clics.

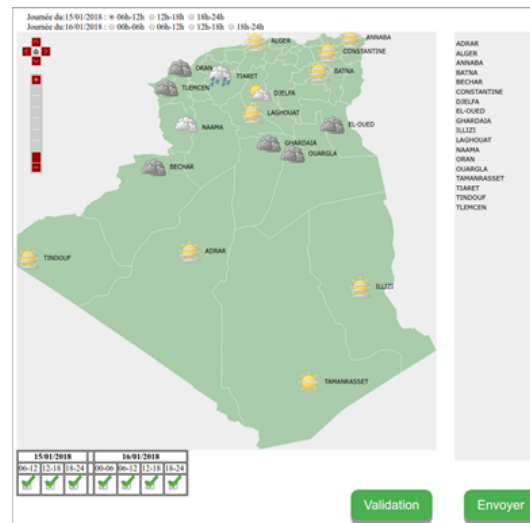


**FIGURE 4.** Capture d'écran de l'interface de saisie des données de prévision pour ALGER.(JOUR)



**FIGURE 5.** Capture d'écran de l'interface de saisie des données de prévision pour ALGER.(NUIT)

L'envoi des données validées vers le serveur WEB de l'ONM



**FIGURE 6.** Capture d'écran du site de l'interface de validation (fin des validations)



**FIGURE 7.** Capture d'écran du site de l'ONM www.meteo.dz

Fig 6 ne sera possible qu'après la validation de l'ensemble des échéances comme il est indiqué sur la figure Fig 5.

## 4. Conclusion

A travers cette interface, la carte de prévision affichée habituellement sur le site web de l'ONM initialement automatisée au moyen des données des sorties des modèles pourrait enfin être modifiée par le prévisionniste pour être en cohérence avec les prévisions définitives élaborées et expertisées par le centre de prévision de l'ONM. Cette interface de validation des prévisions se considère par conséquent un outil incontournable permettant non seulement aux prévisionnistes d'intervenir rapidement sur la carte de prévision brute mais également d'accomplir cette tâche de manière aisée.

## Références

- Barroca, C. (2003). *Graphisme et ergonomie des sites web*. Dunod.
- Pilgrim, M. (2010). *HTML5 : Up and Running : Dive into the Future of Web Development*. " O'Reilly Media, Inc."
- Rigaux, P. (2001). *Pratique de MySQL et PHP*. O'Reilly.
- Siegel, D. (1998). *Secrets des sites Web qui réussissent : gestion de projet sur le World Wide Web*. Simon Schuster Macmillan.

# Développement d'une interface de contrôle en temps réel des modèles de prévision

Sofiane MANSOURI<sup>1\*</sup>

## Résumé

Cet article décrit l'interface de contrôle des modèles de prévision météorologique opérationnels à l'ONM. Cette interface est alimentée en temps réel par des données de prévision issues des modèles ALADIN et AROME et les observations météorologiques. Ces données sont archivées dans une base de données bien structurée et interactive qui pourrait être consultée via cette interface. En plus de l'archivage, cette interface à multifonctionnalité permet le calcul des biais, la moyenne des biais sur une période donnée, les cumuls de pluies et de neige ainsi que les extrêmes de température.

## Mots Clés:

Contrôle des modèles — Scores — RMSE — Biais — Vérification

<sup>1</sup> Office national de la météorologie (CNPM-ONM), Dar El Beida, Alger

\*Correspondant: mansourisofiane34@gmail.com

## 1. Introduction

Le contrôle et la vérification de la qualité des produits des modèles de prévision numérique du temps est d'une importance capitale. Ceci fournira une estimation objective de l'erreur de ces modèles pour chaque paramètre physique et donnera une vision sur la progression de la performance de ces modèles en passant d'une version à une autre. À cet effet, des protocoles d'évaluation des prévisions ont été édictés par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) afin que les différents centres nationaux de prévision du temps puissent comparer leurs résultats comme par exemple : l'erreur quadratique moyenne (RMSE), le Biais, l'erreur moyenne absolue (MAE) ...etc.

L'ONM calcule périodiquement des statistiques de vérification pour sa chaîne de prévision numérique du temps basée sur les modèles ALADIN et AROME. Des rapports mensuels et une synthèse annuelle sont fournies dans ce domaine. Malheureusement, les prévisionnistes prennent connaissance de ces statistiques ultérieurement ce qui affecte faiblement le contrôle et la correction du processus de rédaction de leurs bulletins météorologiques.

Afin de pouvoir donner une idée sur le degré de la confiance que l'on puisse accorder aux prévisions météorologiques issues de la chaîne de PNT de l'ONM en temps réel, nous avons développé un outil informatique permettant le contrôle et la vérification des modèles ALADIN et AROME par rapport aux observations en temps réel. Cela permettra de donner une idée sur le comportement de ces modèles au moment où le prévisionniste rédige ses directives. Ce qui par conséquent constitue un outil d'aide à la décision, notamment dans des situations de vigilance extrême.

## 2. Conception de l'interface

Cette interface est une application web client-serveur développée en utilisant une panoplie de programmes : HTML et CSS (Aubry (2016)), JavaScript (Harris (2009)) pour présenter les résultats sous forme des graphes, PHP (O'Reilly (2003), Milleriaux (2017)) pour la communication de l'appli-

cation et les bases de données, SQL (Rimerie (2011)) pour créer les bases de données et MYSQL (O'Reilly (2003)) pour gérer les bases de données.

La réalisation de cette interface est précédée d'une méthodologie d'analyse et de conception qui a permis de formaliser les différentes étapes du développement de cette application afin de répondre aux exigences de l'utilisateur. Ces étapes sont en nombre de trois à savoir : Authentification (connexion), affichage des données et calcul des biais et déconnexion (figure 1).

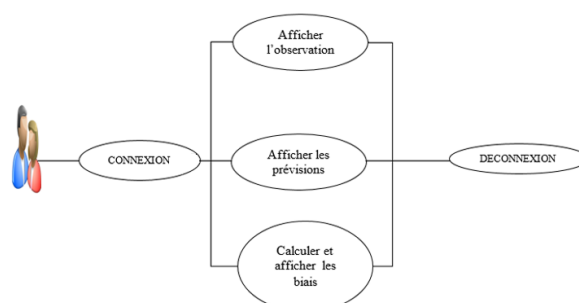


FIGURE 1. Schéma d'utilisation globale de l'application

## Étape authentification

Cette partie permet de se connecter à l'application via un Login et un mot de passe.

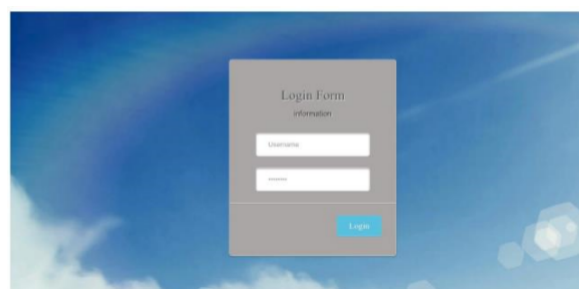


FIGURE 2. Capture d'écran pour la page d'authentification

### Conception de la base de données

La conception de la base de données est basée sur le modèle relationnelle où chaque phénomène est représenté par plusieurs tables. Chaque table a un identifiant unique qui le distingue des autres éléments de la base de données.

La sélection des données dans la base se fait par des jointures SQL en utilisant les relations entre les tables.

La base de données est alimentée, à la fois, par les observations enregistrées par les 81 stations professionnelles du réseau de l'ONM et les sorties des modèles ALADIN et AROME. Les paramètres contrôlés sont : température, pression, vent, humidité, pluie, neige, température maximale et température minimale.

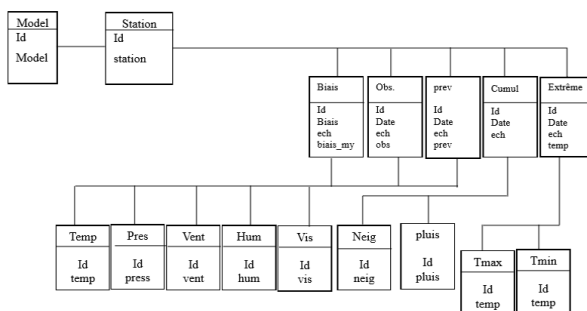


FIGURE 3. Modèle conceptuel de la base de données

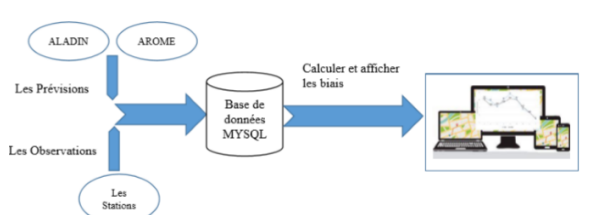


FIGURE 4. Schéma descriptif de l'application de contrôle

### Étape Affichage et calcul des biais

Plusieurs icônes permettant de choisir la manœuvre sur la base de données sont disponibles :

- Liste : Modèles — choix du modèle à vérifier.
- Liste : Station — choix de la station d'observation.
- Date : Période — choix de la période de vérification
- Menu : Biais — affichage des prévisions, des observations et des erreurs sous forme de graphes pour les paramètres : température, pression et humidité. et affichage du Biais moyen.
- Menu : Cumul — calcul des cumuls de pluie et de neige en 24 heures sur la période choisie.
- Menu : Extrêmes — contrôle des températures extrêmes. Le résultat des biais des températures maximale et minimale pour la période choisie sont affichés sous forme de graphe.
- Menu : Vent — contrôle de la vitesse et de la direction du vent
- Menu : Observation — affichage de l'évolution tri-horaire des données d'observation enregistrées par les stations professionnelles et les prévisions issues des modèles ALADIN et AROME, projetées sur ces stations durant

la période choisie. Le choix de la station se fait via une carte dynamique.



FIGURE 5. Capture d'écran pour l'Interface de contrôle : évolution tri-horaire des biais de température



FIGURE 6. Capture d'écran pour l'Interface de contrôle : évolution des cumuls de précipitation à 24 h

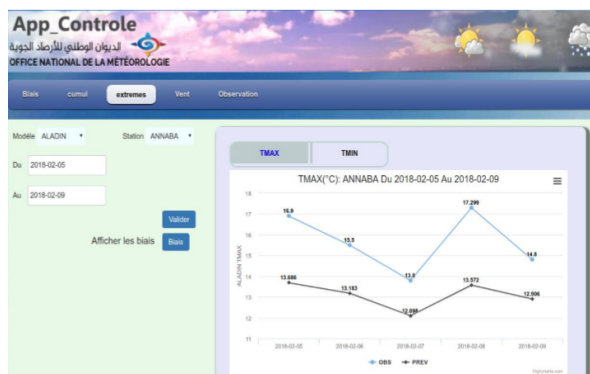


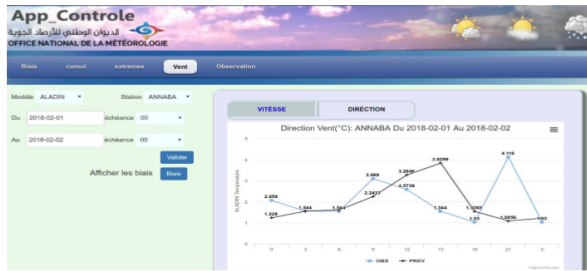
FIGURE 7. Capture d'écran pour l'Interface de contrôle : évolution journalière des températures maximales.

## 3. Conclusion

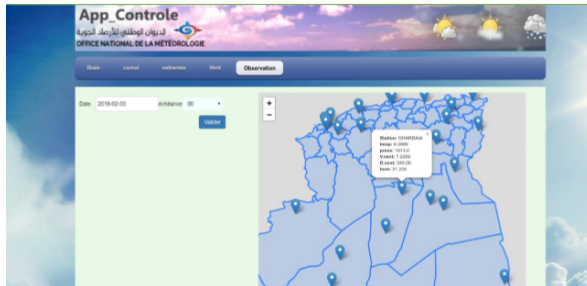
Cette application est un outil d'aide à la décision. Elle permet au prévisionniste de contrôler et de vérifier les prévisions météorologiques issues des modèles numériques du temps opérationnels à l'ONM par rapport aux observations au moment où il élabore ses directives. Grâce à cet outil, le prévisionniste saura, en temps réel le comportement des modèles ALADIN et AROME, ce qui lui permettra en conséquence de prendre la bonne décision notamment dans le cas des situations extrêmes.

## Références

- Aubry, C. (2016). *Maîtrisez les standards des applications Web*. (3e édition) édition.
- Harris, A. (2009). *JavaScript and AJAX for Dummies*. John Wiley & Sons.



**FIGURE 8.** Capture d'écran pour l'Interface de contrôle : évolution tri-horaire de la vitesse du vent



**FIGURE 9.** Capture d'écran de l'interface d'observation.

Milleriaux, D. (2017). *Conception et programmation orientées objet.*

O'Reilly (2003). *Pratique de MySQL et PHP.*

Rimerie, R. (2011). *La réponse pour les développeurs web.*

