

Journal Algérien de Météorologie Appliquée

Mété  Algérie

الديوان الوطني للأرصاد الجوية

Office National de la Météorologie



ISSN 3088-7925

Volume 4, Juin 2020

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

JOURNAL ALGÉRIEN DE MÉTÉOROLOGIE APPLIQUÉE

Volume 4 - Juin 2020

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

Comité d'édition

Directeur Mr. MOKHTARI Mohamed
Membres Mr. AIT MEZIANE Mohand Ouali
Mr. SAHABI ABED Salah
Mr. HAMADACHE Bachir

Comité de lecture

Directeur Mr. MOKHTARI Mohamed

Membres Mr. SAHABI ABED Salah

Mr. HAMADACHE Bachir

Mr. ABANE Hakim

Mr. DEHMOUS Idir

Mr. AMBAR Abdenour

Mr. HAMADACHE Rafik

Mr. CHELMOUNI Said

Préambule

Le numéro 4 de notre revue JAMA qui retrace le dynamisme de notre office et sa volonté à maintenir un standard élevé dans la recherche et la qualité, est paru cette année dans des circonstances très particulières imposées par la crise sanitaire du COVID-19, qui n'a pas tout de même empêché les jeunes talents de l'ONM à poursuivre leurs projets de développement et rédiger leurs articles illustrant le travail et les efforts consentis tout au long de cette période.



Cette revue continue à être réputée au sein de nos partenaires scientifiques et socio-économiques, pour être l'un des meilleurs moyens de communication de Météo Algérie afin d'élucider ses travaux de recherche/développement orientés vers les nouveaux services. Elle demeure néanmoins, une tribune pour exposer les aboutissements de nos ingénieurs et constitue par voie de conséquence un canal de communication et de partage d'informations avec les météorologistes nationaux et/ou étrangers, ainsi qu'avec la communauté scientifique activant dans le domaine des sciences de l'atmosphère en général.

Les sciences météorologiques et climatologiques progressent à un rythme rapide, et nous sommes, chaque fois, mieux à même d'en tirer concrètement profit pour répondre à la fois aux besoins croissants de notre société et en même temps d'intégrer les efforts de la communauté mondiale.

Conscient de cette réalité, l'office accorde de plus en plus une place privilégiée à la recherche scientifique. Cette dernière qui a comme but ultime l'amélioration continue et permanente de nos différentes prestations et de nos services offerts à la population, est devenue incontestablement depuis sa première parution, une source du dynamisme au sein de l'office et de sa capacité à se renouveler.

Dans cette approche proactive adoptée par MétéoAlgérie, ce numéro met en exergue les divers résultats atteints sur un vaste éventail de spécialités à savoir : la prévision numérique du temps, la climatologie, la modélisation marine et le développement des interfaces informatiques pour les besoins opérationnels de Météo Algérie. Pour permettre une meilleure diffusion à large échelle, les articles publiés dans ce numéro seront accessibles à partir du site internet de Météo Algérie (www.meteo.dz).

Enfin, à travers ce numéro, je réitère mon engagement personnel et celui de mes collaborateurs à contribuer de notre mieux au rayonnement et à l'avancement du secteur de la recherche et de développement au sein de MétéoAlgérie, et d'accompagner les techniciens fervents et dévoués qui s'emploient à mettre au point les nouveaux outils et les nouvelles technologies pour donner un élan supplémentaire à notre office . Bonne lecture

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

Sommaire des Articles

S. SAHABI ABED	Conception et développement de l'application de l'indice de rayonnement Ultraviolet (UVI)	13	16
I. BOUSRI	Application du SPC pour le contrôle des METAR	17	20
O. DOUBA	Développement et conception de l'application de contrôle de TAF «AmetT AFC»	21	24
H. ABANE	Contribution à l'étude de l'occurrence des phénomènes lithométéores sur le sud-ouest algérien : Classification en types de temps par la méthode Jenkinson-Collison	25	29
M. Mezred	Développement d'un portail web fournissant des produits climatologiques pour le Centre Climatique Régional - Afrique du Nord de l'OMM	30	36
F. HADDI	Conception et développement de l'application AmetDBase (Algerian Meteorological DATA Base)	37	40
O. DOUBA	Vigilance crues d'Oueds	41	44
H. CHELLAL	Conception et développement d'un programme de filtrage et d'extraction des messages SYNOP des stations automatiques reçus de DCP_EumetSAT	45	48
N. KESSALI	Implémentation et validation d'un système de prévision des vagues près des côtes	49	53
O. DOUBA	Développement et conception de l'application MétéOrage	54	60
M. MOKHTARI	Comparaison entre les précipitations prévues en utilisant deux schémas de convection : PCMT et Bougeault (1985)	61	65
O. DOUBA	Conception et développement de l'application AmetView (Algerian Meteorological Viewer)	66	68
A. BOUCETTA	Détermination du risque de la sécheresse et des incendies de forêts en Algérie au moyen de l'Indice Keetch Byram Drought (KBDI)	69	81
O. DOUBA	Étude de développement sur la prévision du brouillard	82	87

Conception et développement de l'application de l'indice de rayonnement Ultraviolet (UVI)

Salah SAHABI ABED^{1*}, Oussama DOUBA¹, M'hamed BOURSSIA¹, Lyes SADEG¹, Mohamed Ikbel BENZAOU¹, Ghanim BEHAZ¹, Fayçal HADDI¹, Rezak OTHMANI¹

Abstract

L'indice de rayonnement ultraviolet (UVI) a été adopté à l'échelle internationale pour à la fois sensibiliser et en même temps prévenir le public à se protéger contre le cancer de la peau. Le présent article présente un projet d'élaboration d'une carte de prévision de l'indice ultraviolet (UVI) ayant pour but la compréhension, la sensibilisation sur l'impact des rayons UV en provenance du soleil et l'information du grand public sur son intensité maximale prévue en chaque région ou point du pays. Beaucoup de services météorologiques des pays développés ont déjà intégré le bulletin de prévision sur l'intensité de l'UV et le niveau de risque associé dans leurs bulletins de prévision du temps ou de météorologie des plages ainsi que leurs systèmes d'alerte. Il existe dans la littérature plusieurs études menées sur l'usage de ce produit à l'instar des États-Unis, Canada, Europe, Australie, Nouvelle-Zélande. Cependant, la compréhension et l'utilisation des UVI pour informer sur les comportements de sécurité contre les rayonnements solaires nocifs demeurent plus faibles. Durant l'été, le risque des effets de l'UV est le plus important. En effet, et dans les plages, le phénomène de bronzage intentionnel sous un soleil de plomb cause des maladies dermatiques graves. Davantage d'efforts seront nécessaires afin d'aider les populations à se servir des prévisions de l'UV pour choisir les moments à éviter à s'exposer au soleil que ce soit en plage ou en ville ou même au moment d'exercer un travail en plein air.

Keywords

Indice du Rayonnement Solaire Ultraviolet UVI, maladie de la peau, bulletin d'alerte et de prévision de l'UV

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant:salah_sahabi@yahoo.com

Contents

Introduction	1
1 Méthodologie :	2
2 Conception de l'application pour la production de la carte de l'indice UVI :	2
3 Conclusion	4
References	4

Le rayonnement ultraviolet [1] peut endommager la peau et les yeux ainsi que supprimer le système immunitaire[2] (Meves et al., 2003). Les rayons ultraviolets sont le principal facteur de risque le plus évitable de mélanome et de cancers cutanés autres que le mélanome, qui touchent des millions de personnes chaque année dans le monde [2]. L'indice UV (UVI) a été développé pour la première fois au Canada en 1992 et adopté par le service météorologique national (SMN) des États-Unis et l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA), l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) ainsi que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1994. Le développement de l'UVI, qui en réalité est une mesure des niveaux d'UVR (Rayonnement ultraviolet) à la surface de la Terre, fut publié en 1995 à la suite d'une collaboration entre l'OMM, l'OMS, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, la Commission Internationale de Protection Contre les Rayonnements non-

Ionisants, ainsi que l'Office Fédéral de Radioprotection Allemand [3]. L'UVI avait pour objectif de sensibiliser et d'alerter le public sur la nécessité d'une protection solaire afin de réduire le risque de cancer de la peau. Bien que différentes versions de l'UVI existaient dans le monde avant la normalisation de l'UVI solaire global en 2002 et partageaient sensiblement de nombreuses qualités similaires. Malgré de légers changements dans la palette de couleurs, les catégories d'exposition étiquetées et la plage de valeurs, les niveaux UVR réels n'ont pas changé.

Les valeurs de l'UVI vont de 1 à 12+ et sont associées à différentes recommandations pour la protection solaire. Par exemple, à une valeur UVI de 3, une protection solaire est recommandée (c.-à-d., Chercher de l'ombre pendant le midi, augmenter la couverture des vêtements, la protection solaire et le chapeau), et à une valeur UVI de 8, une protection solaire supplémentaire est recommandée (c.-à-d., Éviter d'être à l'extérieur pendant le midi, plus d'accent sur la protection solaire) [3] (OMS). Italia et Rehfuess [4] ont effectué une revue systématique de 25 études pour examiner l'efficacité des UVI et son impact sur cinq catégories de résultats : familiarité, connaissances, attitude, comportement et exposition au soleil. Dans l'ensemble, les chercheurs ont découvert des niveaux faibles à intermédiaires de sensibilisation aux UVI, de faibles niveaux de compréhension des UVI et une influence minimale des UVI sur la protection

solaire. Les auteurs ont conclu que la mise en œuvre de l'UVI n'avait pas entraîné une amélioration généralisée de la protection solaire ou une réduction de l'exposition au soleil. Le présent article a pour objet d'explorer la production de la carte des UVI prévu jusqu'à 72 heures d'échéance en s'appuyant sur les sorties de modèles dédiés à cet effet. Dans cette étude, nous introduirons également les comportements nécessaires visant à la réduction des risques de maladies, et ce, en étendant les travaux d'Italia et Rehfuess [4] et en incluant de nouvelles études (celles menées après 2010). Le développement de la carte de l'indice ultraviolet (UVI) est fait sur toute l'Algérie alimenté par le modèle de prévision globale Allemand Icosahedral Nonhydrostatic (ICON) qui donne une prévision de 3 jours de cet indice avec une valeur maximale prévue chaque jour.

1. Méthodologie :

La variation du rayonnement UV peut s'exprimer de diverses façons, et il est souvent complexe et difficile de déterminer quelles mesures seraient plus pertinentes à un effet biologique donné. Une autre difficulté similaire consiste à déterminer quelles longueurs d'onde seraient à considérer. Un spectre d'action, dans le cas d'un effet biologique donné, exprime l'efficacité du rayonnement à chacune des longueurs d'ondes sous la forme d'une fraction de l'efficacité à une certaine longueur d'onde standard. Dans le cas de l'érythème induit par l'exposition aux rayons UV (coup de soleil), le spectre d'action adopté par la plupart des organismes internationaux est celui de la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), le spectre d'action utilisant la méthode décrite par McKinlay 1987 [5]:

$$E(\lambda) = 1$$

quand $250\text{nm} < \lambda < 298\text{nm}$,

$$E(\lambda) = 10^{0.094(298-\lambda)}$$

quand $298\text{nm} < \lambda < 328\text{nm}$,

$$E(\lambda) = 10^{0.015(139-\lambda)}$$

quand $328\text{nm} < \lambda < 400\text{nm}$. E : le spectre d'action ; λ : longueur d'onde. Dans une gamme assez étendue de conditions atmosphériques, l'irradiation pondérée de la CIE change d'environ 1,2 % pour un changement de 1 % de la valeur de l'ozone.

L'indice UV constitue lui-même une échelle d'irradiation qui est calculée en multipliant par 40 le taux d'irradiation de la CIE en watts m^{-2} . La valeur par temps clair au niveau de la mer dans les tropiques se situerait normalement dans la plage de 10 – 12 ($250\text{--}300\text{ mWm}^{-2}$, 10 étant une valeur exceptionnellement élevée pour les moyennes latitudes du Nord). Cette échelle a été adoptée par l'OMM et l'OMS et est utilisée dans plusieurs pays. L'indice UV prend comme valeur un entier de 1 à 12+, croissant en fonction de l'intensité

du rayonnement ultraviolet, avec un code de couleur international reconnu pour chaque degré, et donc du caractère de risque de plus en plus néfaste de son impact sur la santé. Il peut dépasser le niveau 12 en montagne (altitude) ainsi que dans certaines régions du monde où les trous dans la couche d'ozone sont particulièrement prononcés, comme l'hémisphère Sud, et même parfois dans les zones désertiques très élevées.

Les valeurs de l'indice UV se regroupent en cinq plages, chacune définissant un niveau de risque physiologique [3] comme le montre le tableau 1.

L'indice UV atteint son maximum dans l'été. C'est à midi, lorsque le soleil est au plus haut dans le ciel, que l'indice UV est à son maximum. Plus l'on se rapproche de l'équateur, plus l'indice UV est élevé. En altitude, l'intensité solaire est plus élevée qu'en basse altitude, car l'atmosphère est moins présente pour absorber les rayons. Ainsi, en montagne, l'indice UV est plus élevé qu'au niveau de la mer. Le vent est trompeur et très dangereux pour l'ultraviolet car il procure de la fraîcheur et fait disparaître la sensation chauffante du soleil. Le risque de coup de soleil devient alors beaucoup plus élevé car l'intensité solaire reste identique peu importe la vitesse du vent. Aussi, la température de l'air ne dépend pas de l'indice UV: il peut faire 20°C avec un indice UV de 10 (Très élevé). L'altitude fait baisser la température, mais augmente l'intensité UV du Soleil car l'atmosphère est plus fine et moins dense. En Algérie, l'indice UV atteint fréquemment 7 (Élevé) vers le milieu du printemps et dépasse 10 (Très élevé) dans l'été, et peut même parfois atteindre des valeurs extrême (11,12+) et ce, selon également la zone où l'on se trouve. Comme le Sahara occupe les trois-quarts du pays, un indice UV de fortes valeurs touche fréquemment alors une bonne partie de la surface du pays. Dans les régions du littoral, on s'attend à des maximums de UVI pendant la saison estivale. L'intensité du rayonnement UV est décrite par plusieurs niveaux : un niveau bas (0-2), modéré (3-5), élevé (6-7), très élevé (8-10) et extrême (11-12+).

2. Conception de l'application pour la production de la carte de l'indice UVI :

Dans le but de produire une carte de prévision de l'indice UV visant à informer le grand public sur le niveau de l'intensité du rayonnement UV prévu en fonction des conditions météorologiques, nous avons développé une application WEB mettant en évidence la répartition spatiale de l'UVI sur toutes les wilayas du territoire national. Il s'agit d'une carte semblable à celle déjà opérationnelle et relative à la vigilance météorologique. La figure 1 illustre un exemple de carte informant sur le degré de l'intensité de cet indice (UVI) prévu pour la journée du 11 février 2020. L'alimentation de la carte de UVI se fait automatiquement par le modèle global Allemand Icosahedral Nonhydrostatic (ICON), qui donne des prévisions de trois (03) jours de cet indice et pour chaque jour et chaque point de grille. Les données relatives

Indice UV	Niveau de risque	Couleur	Protection(s) recommandée(s)
1-2	Faible	Vert	Port de lunettes de soleil en cas de journées ensoleillées.
3-5	Modéré	Jaune	Se couvrir et porter un chapeau et des lunettes de soleil. Appliquer un écran solaire de protection moyenne (indice de protection de 15 à 29), surtout pour une exposition à l'extérieur pendant plus de trente minutes. Rechercher l'ombre aux alentours de midi, quand le soleil est au zénith.
6-7	Élevé	Orange	Réduire l'exposition entre 11 h et 17 h. Appliquer un écran solaire de haute protection (indice de 30 à 50), porter un chapeau et des lunettes de soleil, et se placer à l'ombre.
8-10	Très élevé	Rouge	Sans protection, la peau sera endommagée et peut brûler. L'exposition au soleil peut être dangereuse entre 11 h et 17 h; la recherche de l'ombre est donc importante. Sont recommandables le port de vêtements longs, d'un chapeau et de lunettes de soleil, ainsi que l'application d'un écran solaire de très haute protection (indice + 50).
11-12+	Extrême	Violet	La peau non protégée sera endommagée et peut brûler en quelques minutes. Toute exposition au soleil est dangereuse, et en cas de sortie il faut se couvrir absolument (chapeau, lunettes de soleil, application d'un écran solaire de très haute protection d'indice + 50).

Table 1. Les différentes valeurs de L'UVI avec leurs niveaux de risque et la couleur correspondante associés aux recommandations de protection (source :Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

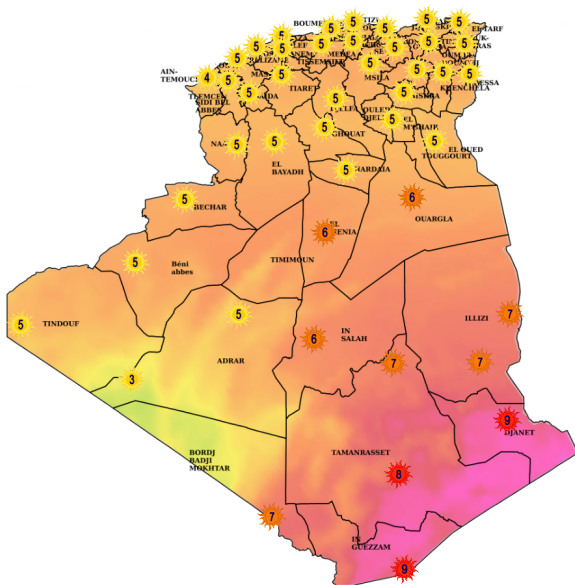


Figure 1. Carte de l'indice UV prévu pour la journée de 11 Février 2020.

aux niveaux de l'intensité de l'ultraviolet sont ensuite interpolées sur une grille de 12,5 Km de résolution, en latitude et longitude (LatLon), et par la suite interpolées sur des points fixes avec la technique d'interpolation de la pondération inverse à la distance sur toutes les direction [6], qui tient compte l'effet de mask (terre-mer), et l'effet de l'altitude.

Le développement informatique de l'application est

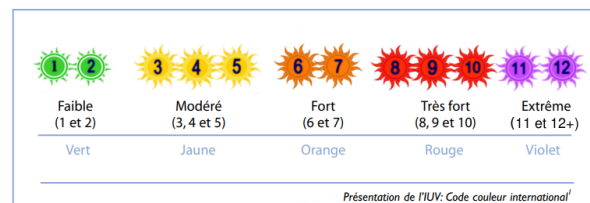


Figure 2. Palette du code international des couleurs de l'indice ultraviolet UVI

conduit avec la dernière technologie existante en informatique (Technologie des Frameworks). Nous avons utilisé le Framework Laravel pour le coté BackEnd pour assurer la tâche de calcul (Interpolation et décodage) et la sécurité de l'application, et le Framework ReactJs pour le coté FrontEnd pour assurer plus de flexibilité et plus de choix aux utilisateurs. Comme nous avons assuré le contact entre les deux Frameworks par la technique RestApi. Une base de données de type SQL (PostGreSql) avec deux tables déferentes fut installées pour la donnée brute du modèle numérique et l'autre pour la donnée après validation de la carte. L'utilisateur final peut voir directement le tracé de l'indice UVI sur toute l'Algérie avec un code de palette international (figure 2), des couleurs et des valeurs de quelques points sur la carte (Figure1).

La force de cette application réside également dans la possibilité de suivre l'évolution prévue de l'indice UVI au-dessus d'un point donné du pays depuis la carte et pour une période de 3 jours ou bien de le comparer simultanément avec d'autres points et sur un même graphique. La

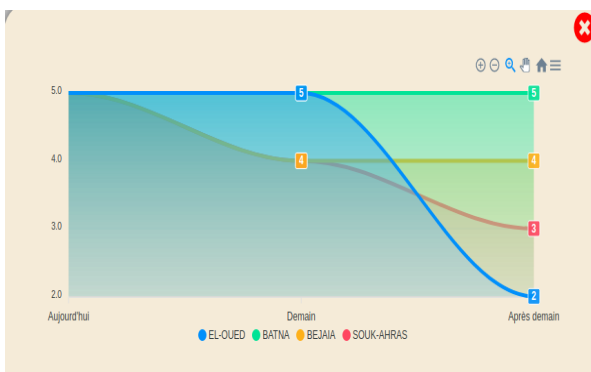


Figure 3. Graphe de l'évolution de l'indice UV sur 3 jours au-dessus de 4 villes d'Algérie d'après la carte de prévision élaborée dans la journée du 11 février 2020

figure 3 montre un exemple de comparaison de l'évolution chronologique de l'indice UVI sur 4 villes en Algérie : El-Oued, Batna, Bejaia et Souk-Ahras et ce, à travers la carte élaborée en date 11 février 2020.

3. Conclusion

L'indice ultraviolet (UVI) est un indice très utilisé dans plusieurs pays du monde sa prévision est élaborée au même titre que les autres paramètres météorologiques (i.e: Température, pluie...) ou environnementales (qualité de l'air,...), ayant pour but d'alerter les populations ainsi que les pouvoirs publics sur le niveau du degré ou du risque du rayonnement UV prévu par suite des conditions météorologiques attendues. Cette carte prévue de l'UVI est intégrée dans le système d'alerte précoce souvent d'ordre météorologique dans le but d'informer également les institutions en charge du problème de la santé publique. L'indice étant catégorisé en 12 niveaux établis conjointement par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). La diffusion de cette information se considère comme une action d'anticipation visant à sensibiliser sur le danger de s'exposer au rayonnement solaire UV dans la journée et en même temps de guider et de conseiller la population afin d'éviter les moments les plus dangereux de la journée coïncidant avec les pics de l'indice UV.

L'Office National de la Météorologie compte à son tour en sa qualité d'établissement ayant pour mission la protection des biens et des personnes, de diffuser en été prochain les cartes prévues de cet indice afin de sensibiliser le grand public sur le niveau de l'UV et les risques qui pourraient être encourus suite à une exposition prolongée directement au soleil. La production de cette carte se fera sur une échéance de 72 heures et l'alimentation de l'application générant cette carte se fera par le biais du modèle global allemand ICON.

References

- [1] Marjam-Jeanette Barysch, Laurence Feldmeyer, Heike Bischoff-Ferrari, Günther Hofbauer, and Reinhard Dummer. Vitamine d, ultraviolets et cancer de la peau. *Revue médicale suisse*, 6(246):884–885, 2010.
- [2] Sewon Kang, Jin Ho Chung, Joo Heung Lee, Gary J Fisher, Yian Sheng Wan, Elizabeth A Duell, and John J Voorhees. Topical n-acetyl cysteine and genistein prevent ultraviolet-light-induced signaling that leads to photoaging in human skin in vivo. *Journal of Investigative Dermatology*, 120(5):835–841, 2003.
- [3] World Health Organization, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, et al. Indice universel de rayonnement uv solaire: guide pratique. Technical report, Geneve: Organisation mondiale de la Sante, 2002.
- [4] Nadia Italia and Eva A Rehfuess. Is the global solar uv index an effective instrument for promoting sun protection? a systematic review. *Health education research*, 27(2):200–213, 2012.
- [5] B Diffey and AF McKinlay. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin, human exposure to uv radiation: Risks and regulations, 83–87. *Elsevier*, NY, 2382:2385, 1987.
- [6] Oussama DOUBA, Mohamed Bouzghaia, and Mohamed MOKHTARI. Comparaison entre les methodes d'interpolation spatiale: Application aux grilles des modeles aladin et arome. *JAMA*, 3:13–18, 2019.

Application du SPC pour le contrôle des METAR

Islam BOUSRI^{1*}, Abdelhadi SABBA², Sara CHIKHI¹,

Abstract

La Maîtrise statistique des procédés, ou le SPC est une application qui utilise des techniques statistiques pour contrôler un procédé ou une méthode de production. Les principaux outils et procédures utilisés peuvent nous aider à surveiller le comportement des processus, à découvrir les problèmes dans les systèmes internes et à trouver des solutions aux problèmes de production. Le présent travail représente une adaptation de cette technique pour contrôler la qualité des messages METAR, et SYNOP. Les données sous forme de paramètres mesurés sont obtenues en temps réel. Ces données sont ensuite reportées sur un graphique avec des limites de contrôle prédéterminées. Ces limites sont déterminées par la moyenne et la taille de l'échantillon.

Keywords

La méthode SPC, METAR, SYNOP, principe de Pareto, Carte de contrôle.

¹ Prévision Numérique du Temps, Centre National de la météorologie, Office Nationale de La Météorologie, 1, Avenue Mohamed Khemisti BP 153 Dar el Beida-16011- Alger. Algérie

² Direction Météorologique de la Région Centre, Office Nationale de La Météorologie, 1, Avenue Mohamed Khemisti BP 153 Dar el Beida-16011- Alger. Algérie

*Correspondant: bousri.islam@gmail.com

Contents

Introduction	1
1 Théorie et formules Mathématiques	2
1.1 Le principe de Pareto	2
1.2 Carte de contrôle	2
2 Résultats et discussions	3
3 Conclusion	4
References	4

Le SPC ou Statistical Process Control est défini comme un élément d'assurance qualité. Son but est de contrôler un processus évaluable, et de le traduire en graphique temporel basé sur des fondements statistiques. On dit qu'un processus est sous contrôle statistique lorsque toutes les causes spéciales de variation ont été éliminées et que seule la variation de cause naturelle (ou courante) subsiste. Un graphique de contrôle est illustré par des données qui se situent dans les limites de contrôle en l'absence de modèles ou de tendances non aléatoires. Les méthodes de contrôle des processus statistiques sont appliquées à pratiquement tout type d'organisation, y compris les organisations de service, de fabrication et d'enseignement. M. Pettersson a utilisé en 2004, la méthode SPC comme moyen d'amélioration de la précision de détection des taux de désabonnement croissants. Il a montré que les méthodes SPC peuvent fournir aux analystes de marchés un outil puissant pour suivre les mouvements et les désabonnements des clients. Un système d'alerte précoce (SAP), basé sur les mêmes idées que celles utilisées dans les industries de transformation, a été construit, il donnera une prévoyance et un temps plus long pour réagir contre le désabonnement, offrant ainsi un avan-

tage sur les concurrents [1]. F. MONFORT a réalisé une application de la carte de contrôle à la surveillance du taux en filature peignée en 2005. Il a discuté l'efficacité statistique du test de contrôle quotidien du contremaître en filature et la précision souhaitable dans le centrage initial du taux [2]. En 2006, B. Fournier et al, ont présenté une famille très flexible de distributions statistiques et ont proposé l'introduction dans la méthodologie SPC des distributions lambda généralisées (GLD). Ils ont démontré par cette étude que les limites de contrôle généralement considérées dans le RCP sont prévues avec précision lors de la modélisation des lois statistiques habituelles au moyen de ces distributions. Ils ont traité aussi des données expérimentales issues d'une ligne de production industrielle à l'aide d'un logiciel basé sur les règles SPC Western Electric [3]. S.L. Jeng a développé en 2007 un modèle de réseau neuronal avec analyse en composantes indépendantes (ICA) afin d'identifier la perturbation et reconnaître les changements dans les paramètres de processus corrélés. Ces modèles de réseaux conceptuels peuvent être utilisés pour surveiller et éliminer les paramètres du processus de fabrication lorsqu'une perturbation se produit dans le processus sous-jacent. Il a tracé le graphique de Shewhart traditionnel et le graphique à somme cumulée (CUSUM), pour l'ensemble des données simulées afin d'évaluer la capacité d'identification de l'approche proposée [4].

Le but de notre travail est d'appliquer la méthode de contrôle des processus statistiques au contrôle des messages METAR. Plus précisément; la carte de contrôle, et le principe de Pareto.

1. Théorie et formules Mathématiques

Le principe de Pareto

Le principe de Pareto est également appelé la loi des 80-20, ou le principe de la rareté des facteurs [5][6]. Il indique que pour de nombreux événements, environ 80% des effets proviennent de 20% des causes. Il tient son nom de l'économiste italien Vilfredo Pareto qui, en 1906, a remarqué que 80% des terres en Italie appartenaient à 20% de la population. Il a confirmé le principe lorsqu'il a également remarqué que 20% des gousses de pois dans son jardin produisaient 80% des pois [6]. Il a ensuite mené des enquêtes sur une variété d'autres pays et a découvert que le principe s'appliquait en matière de propriété foncière par rapport à la population. Une observation attentive de nombreux domaines permettrait de réaliser que ce principe est en fait plus répandu. En affaires par exemple, une règle de base est que 80% de vos ventes proviennent de 20% de vos clients. Bien qu'il ne soit pas surprenant que les 20% les plus aisés de la population mondiale contrôlent 82,70% de leurs revenus [7], il est intéressant de savoir que la règle s'applique également aux sous-ensembles de la fourchette de revenus. Un exemple est que les 3 personnes les plus riches du monde en possèdent autant que les 7 suivantes réunies [7]. Dans les lignes qui suivent la loi de Pareto est présentée sous un angle pratique et très simplifié qui est généralement employé dans les domaines de la qualité et de la gestion. Néanmoins cette loi est définie de manière très précise sur le plan mathématique. Soient a et b deux nombres réels strictement positifs. La densité de probabilité d'une loi de Pareto de paramètres a et b est définie pour $x \in [a; +\infty[$ par la formule :

$$f_{a,b} = \frac{b \cdot a^b}{x^{b+1}} \quad (1)$$

Et la fonction de répartition est :

$$F_{a,b}(x) = 1 - \left(\frac{a}{x}\right)^b \quad (2)$$

$$F_{a,b}^{-1}(P) = \frac{a}{(1-P)^{\frac{1}{b}}} \quad (3)$$

avec $0 \leq P < 1$

Carte de contrôle

Le concept de la carte de contrôle statistique a été développé pour la première fois dans les années 1920 par Shewhart [8] afin d'améliorer la fiabilité des systèmes de transmission téléphonique. Le concept résulte de l'observation que les opérateurs réagissent souvent de manière excessive et apportent des changements inappropriés dans les paramètres en réponse à des variations d'indicateurs qui sont simplement aléatoires [9]. Des connaissances préalables sont requises pour la conception de la carte p . Lors de la création

d'un diagramme p , la taille de l'échantillon et la fréquence d'échantillonnage doivent d'abord être spécifiées avant de tracer la proportion observée d'événements indésirables dans chaque échantillon successif [10]. La carte p , où p représente la proportion, est utile pour la surveillance de routine d'un résultat binaire, comme la survenue d'un événement indésirable (par exemple, suivre la proportion de produits non conformes). Pour X une variable aléatoire qui à un METAR reçu $X = 1$ si le message est juste sinon $X = 0$. La proportion p de messages erronés dans l'ensemble de la réception correspond à la probabilité pour que X prenne la valeur 1. X suit une loi de Bernoulli de paramètre $B(p)$. Lorsqu'un échantillon de n message est tiré dans l'ensemble des messages reçus, on sait que la variable aléatoire $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ qui à un tel échantillon associe le nombre de messages erronés dans l'échantillon comme suit :

- La loi hypergéométrique $H(N, pN, n)$, N étant le nombre total de messages reçus, lorsque le tirage de l'échantillon est un tirage sans remise.
- La loi binomiale $B(n, p)$ lorsque le tirage de l'échantillon est un tirage avec remise, ou considéré comme tel si la taille de l'échantillon est inférieure à 10% de la taille de la population.

Dans notre cas, nous nous placerons dans le second cas.

Alors, la variable aléatoire $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$, qui à chaque échantillon de taille n associe la proportion de messages erronés dans cet échantillon p pour moyenne : p , et pour écart type : $\frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}}$

La proportion théorique de messages erronés étant p , les limites de la carte p de Shewhart sont, pour un échantillon de taille n_i :

$$p_i \in \left[p - \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n_i}}, p + \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n_i}} \right]$$

$K=1,2$ Voici comment se présente une carte p :

- $p - 2 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n_i}}, p + 2 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n_i}}$: Sont nommées respectivement limite de contrôle inférieure (LCI) et limite de contrôle supérieure (LCS) de la carte.
- $p - \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n_i}}, p + \frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n_i}}$: Sont nommées respectivement limite de surveillance inférieure (LSI) et limite de surveillance supérieure (LSS) de la carte.

On remplace systématiquement LIC ou de LIS par 0 si le calcul de LIC ou de LIS donne un résultat négatif. On remarquera que les limites de contrôle et de surveillance varient en fonction de la taille de l'échantillon. Pour éviter cette variation, il est fréquent d'imposer que les échantillons aient tous la même taille. Pour chaque échantillon prélevé de n_i messages, on calcule la proportion d'erreur :

$$p_i = \frac{D_i}{n_i} \quad (4)$$

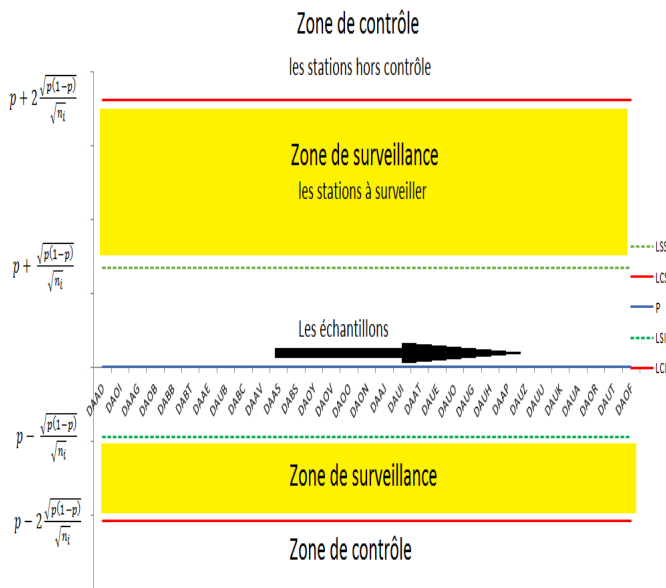


Figure 1. Représentation générale d'une carte de contrôle.

faisant le rapport du nombre de message erroné dans l'échantillon: D_i , par le nombre de message reçu dans l'échantillon: n_i . Sur la carte de contrôle, on porte la ligne centrale, les limites de contrôle et les points M_i de coordonnées (i, P_i) . Si tous les points M_i sont situés entre les limites de contrôle, le processus est déclaré maîtrisé ; dans le cas contraire, le processus est déclaré non maîtrisé.

2. Résultats et discussions

Appliquant la carte P, durant le mois de juillet 2019, nous avons calculé la proportion d'erreur pour chaque station en fonction du nombre de messages reçus erronés respectivement (Tableau 01), afin de calculer la moyenne p , les limites de contrôle (LCS, LCI) et les limites de surveillance (LSS, LSI) représentés dans le Tableau 02.

La figure suivante représente une carte P, des proportions d'erreurs des messages METAR du le mois de juillet 2019. La ligne rouge représente la limite de contrôle supérieur, en orange, la limite de surveillance supérieure, en bleu la proportion P , alors que les limites de contrôle et de surveillance inférieures ne sont pas représentées sur la carte, car elles comportent des valeurs négatives, ce qui implique une valeur nulle pour ces dernières.

Nous avons remarqué qu'il n'y a pas une grande variation de la moyenne et que tous les points se trouvent entre les deux limites (contrôle et surveillance), sauf pour la station de Ghardaïa qui a dépassé légèrement le seuil de surveillance. Cette analyse montre que le processus de production des METAR est stable et est sous contrôle. Aussi, la station de Ghardaïa est une station à surveiller, ce qui nécessite une action corrective à envisager, après détermination de la cause des erreurs commises. Appliquant le principe de Pareto, nous avons constaté que la source principale

NOM DE STATION	RECU	Nbre D'ERREUR	TAUX D'ERREUR
BOU-SAADA	402	0	0,00%
CHLEF	744	1	0,13%
DAR ELBEIDA	1487	0	0,00%
TIARET	744	0	0,00%
ANNABA	1486	2	0,13%
BATNA	742	0	0,00%
BEJAIA SOUMMAM	744	1	0,13%
BISKRA	743	0	0,00%
CONSTANTINE	1485	3	0,20%
JIJEL-ACHOUAT	743	0	0,00%
SETIF-AIN ARNET	742	0	0,00%
TEBESSA	1487	0	0,00%
EL-BAYADH	744	2	0,27%
MASACRA GHRIS	744	0	0,00%
ORAN-SENIA	1485	4	0,27%
TLEMCEN-ZENATA	1487	0	0,00%
DJANET	742	0	0,00%
IN-SALAH	741	2	0,27%
TAMANRASSET	1487	2	0,13%
OUARGLA	743	0	0,00%
TOUGGOURT	744	0	0,00%
ADRAR	740	0	0,00%
BECHAR	743	0	0,00%
TIMIMOUN	743	0	0,00%
TINDOUF	744	0	0,00%
EL-GOLEA	743	3	0,40%
EL-OUED	744	0	0,00%
GHARDAIA	744	5	0,67%
HASSI MESSAOUD	1487	1	0,07%
ILLIZI	744	0	0,00%
IN-AMENAS	738	3	0,41%

Table 1. La proportion d'erreur pour chaque station

n	31	
P	0,10%	
LCS	1,80%	
LSS	0,67%	
LSI	-0,47%	
LCI	-1,03%	

Table 2. Paramètres de la carte de contrôle.

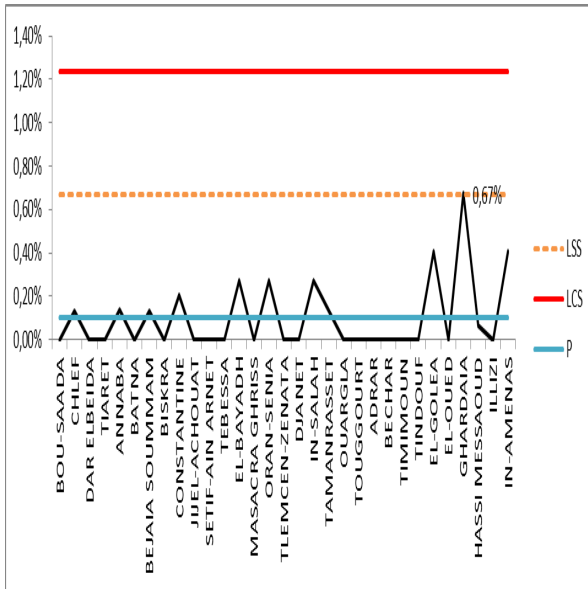


Figure 2. La carte P des METAR pour le mois de Juillet 2019.

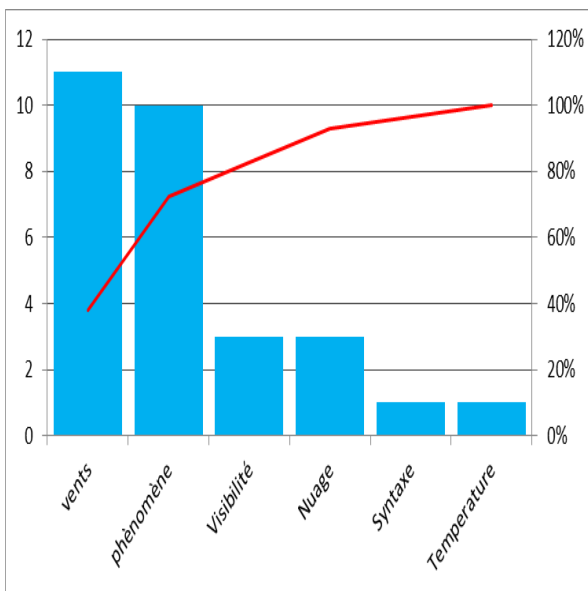


Figure3. Carte de Pareto des erreurs.

des erreurs commises dans les METAR, provient du codage du groupe vent. Le diagramme indique 11 erreurs dans le groupe vent, ce qui représente 38 % de toutes les erreurs. 72 % des erreurs globales proviennent des deux premiers types : vent et phénomène.

3. Conclusion

Une approche de contrôle qualité des METAR par le SPC a été réalisée grâce à l'utilisation de la carte de contrôle, et le principe de Pareto. Ces deux derniers représentent les principaux outils de la maîtrise statistique des procédés. L'étude facilite l'évaluation de la qualité des METAR, par la détection des anomalies, et la détermination des causes de la plupart des erreurs. Dans plus de 90 % des METAR reçus, les erreurs commises ont porté sur les phénomènes suivants : vents, temps présent, visibilité et nuage).

References

- [1] Magnus Pettersson. Spc with applications to churn management. *Quality and Reliability Engineering International*, 20(5):397–406, 2004.
- [2] F Monfort. Application de la carte de contrôle à la surveillance du taux en filature peignée. efficacité du test. centrage initial. *Revue de Statistique Appliquée*, 3(4):27–43, 1955.
- [3] Benjamin Fournier, Nicolas Rupin, Maxence Bigerelle, Denis Najjar, and Alain Iost. Application of the generalized lambda distributions in a statistical process control methodology. *Journal of process control*, 16(10):1087–1098, 2006.
- [4] Shuen-Lin Jeng, Jye-Chyi Lu, and Kaibo Wang. A review of reliability research on nanotechnology. *IEEE Transactions on reliability*, 56(3):401–410, 2007.
- [5] Nick Bunkley. Joseph juran, 103, pioneer in quality control, dies. *New York Times*, 3:50–55, 2008.
- [6] A Narula. 80/20 rule of communicating your ideas effectively, 2005.
- [7] Ankunda R Kiremire. The application of the pareto principle in software engineering. *Consulted January*, 13:2016, 2011.
- [8] Walter Andrew Shewhart. *Economic control of quality of manufactured product*. Macmillan And Co Ltd, London, 1931.
- [9] Donald M Berwick. Controlling variation in health care: a consultation from walter shewhart. *Medical care*, pages 1212–1225, 1991.
- [10] Douglas C Montgomery. *Statistical quality control*. Wiley Global Education, 2012.

Développement et conception de l'application de contrôle de TAF «AmetT AFC»

Oussama DOUBA^{1*}, Fayçal HADDI^{1*}, M'hamed BOURSSIA¹, Belkacem ABBAD¹, Lahouaria BENREKTA¹

Abstract

Les prévisions météorologiques destinées à la navigation aérienne dites TAFS sont utilisées pour la planification des vols ainsi que pour le transport aérien. Cependant il devient indispensable d'évaluer leurs degrés de précision et de fiabilité. Ces messages fournissent des informations sur les conditions attendues de plusieurs paramètres météorologiques utilisés dans l'aéronautique tel que le vent, la visibilité, les phénomènes météorologiques pénalisant l'aéronautique et les nuages au voisinage d'un aéroport bien déterminé. La vérification des TAFS est vraiment nécessaire pour connaître les points faibles dans un but de les améliorer. Les résultats de cette vérification devraient permettre une rétroaction aux prévisionnistes. Les paramètres de contrôle tel que la table de contingence, le graphe réussite, et les graphes des scores statistiques (Biais, RMSE, Ecart type) nous renseignent sur les points forts et les points faibles du message TAF. L'application AmetT AFC a été développée dans le but de contrôler les TAFS élaborés au niveau de l'office national de la météorologie en comparaison avec les messages d'observation METAR (message d'observation destiné à l'aéronautique).

Keywords

TAF, METAR, prévisions météorologiques, contrôle et vérification, AmetT AFC

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

*Correspondant: douba.oussama69@gmail.com, haddi.faycal@gmail.com

Contents

1	Introduction	1
2	Méthodologie	2
3	Conclusion	3

1. Introduction

Les prévisions d'aérodrome Terminal Airport Forecast (TAF) sont des messages de prévisions météorologiques utilisées pour le transport aérien contenant des renseignements spécifiques présentés selon un ordre fixe bien déterminé. De nombreux services météorologiques aéronautiques ont établi des méthodes et des systèmes de vérification des messages TAFS principalement depuis le début des années 80. Balzer (1995) et Harris (1998) ont utilisé différentes approches pour la vérification des TAFS, et toutes les tentatives pour établir une méthode communément acceptée n'ont jusqu'à présent réussi que pour des régions limitées. Ils ont tous utilisé les messages d'observations météorologiques destinés à l'aéronautique (METAR) pour la vérification. Le METAR étant la seule source de donnée disponible pour le contrôle des messages TAFS, et actuellement plusieurs autres systèmes incluent également les messages SPECI, comme les systèmes utilisés par Fuller (2003) et Kluepfel (2005).

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a fixé dans l'annexe 3 plusieurs exigences pour le contrôle et la vérification des messages météorologiques TAF (OACI 2004). Les critères de modification des TAFS indiqués dans l'annexe 3 de l'OACI sont des seuils fixes, par exemple pour

la visibilité et le plafond (la base de la couche nuageuse la plus basse) et même pour la vitesse et la direction du vent. Kluepfel (2005) a utilisé des seuils pour tous les éléments tel que la vitesse et la direction du vent, il a utilisé les seuils en s'appuyant sur les critères de l'annexe 3 (OACI, 2004) qui sont basés sur l'écart entre la prévision et l'observation. Actuellement, il existe différentes approches pour regrouper les phénomènes, et vérifier les groupes en utilisant des tableaux de contingence à 2 catégories (par exemple Kluepfel, 2005). Cette technique est utilisée dans plusieurs pays et considérée parmi les techniques les plus importantes pour la vérification. Plusieurs indicateurs d'évolutions existent dans un message TAF qui nous permettent de prévoir les transitions dans un intervalle de temps, BECMG est utilisé avec un intervalle de temps pendant lequel le changement devrait se produire. Le TEMPO avec un intervalle est utilisé pour un changement temporaires prévus et l'indicateur PROB est utilisé pour prévoir des conditions alternatives qui se produisent avec une certaine probabilité (30% ou bien 40%) pendant une période de temps spécifiée. Tant qu'il y a plus qu'un état de prévision valable pour de nombreux moments dans un TAF, il est impossible de faire une comparaison directe entre la prévision et l'observation, d'où une approche plus complexe est vraiment nécessaire. Gordon (1993) suggère de vérifier, pour des blocs de temps précis les pires (minimum) conditions prévues par rapport aux pires conditions observées. Cette approche est suivie par le schéma de vérification NORTAF (Hilden et al., 1996, 1998). Tous les systèmes de vérification discutés comparent un état prévisionnel à un état observé.

L'objectif de cet article est de réaliser une application de contrôle avec les normes exigées dans l'annexe 3 de l'OACI et avec des seuils et des critères internationaux.

2. Méthodologie

Un TAF est considéré comme une prévision pour des périodes plutôt que pour des points dans le temps. Cela est dû au fait qu'en utilisant les groupes de changements TAF BECMG, TEMPO, PROB et PROB TEMPO, des changements au sein des périodes sont prévus, l'intervalle significatif le plus court étant de 1 h. Ce message est considéré comme contenant une gamme de conditions prévues plutôt qu'un seul état. Tous les groupes de changement donnent des conditions alternatives pour un certain intervalle de temps. Même s'il n'y a pas de groupe de changement valable pendant une certaine heure, la condition indiquée est typique pour une plage qui est supposée avoir un effet uniforme sur le vol délimité par des seuils comme les critères d'amendement contenus dans l'annexe 3 de l'OACI. Dans ce contrôle, toutes les observations dans l'heure respective sont utilisées (METAR et SPECI), qui couvrent une gamme de conditions observées. Ainsi, pour chaque heure, deux comparaisons sont effectuées: la valeur observée la plus élevée est utilisée pour marquer la valeur de prévision la plus élevée et la valeur observée la plus faible est utilisée pour marquer la valeur de prévision la plus faible. Dans cette partie nous avons utilisé deux approches différentes, une par gamme de condition de prévision pour éviter la probabilité des indicateurs d'évolutions et l'autre par période de temps qui permet de comparer une gamme de conditions observées plutôt qu'une seule observation.

La technique de contrôle est basée sur l'utilisation des messages METAR chaque demi-heure et en plus des messages SPECI, Fuller (2003) et Kluepfel (2005) ont montré que la vérification de TAF sans l'utilisation des SPECI n'est pas adéquate pour une prévision continue, ils ont exigé au moins deux observations représentatives chaque heure. Dans notre cas nous avons utilisé tous les METAR disponibles dans le réseau de télécommunication ou le système de télécommunication mondiale (SMT). Les TAF sont également vérifiés pour les erreurs de syntaxe et pour l'occurrence de plusieurs groupes de modifications du même type avec des validités qui se chevauchent, on trouve parfois des messages de syntaxe erronés et d'autre avec des message TAF et METAR mal codés (groupes doublés, pas de date, ... etc), pour y remédier à cette situation nous avons créé un filtre des messages erronés pour ne pas fausser les résultats de contrôle et tous les TAF ou les METAR erronés sont exclus de la vérification de la qualité des TAF.

L'application AmetTAF permet aux utilisateurs distants d'accéder à une large gamme de données météorologiques via une interface graphique de navigateur Web. Chaque utilisateur peut accéder à l'application via une page Web de connexion, avec les informations d'identification fournies par son administrateur. Nous nous sommes appuyés sur

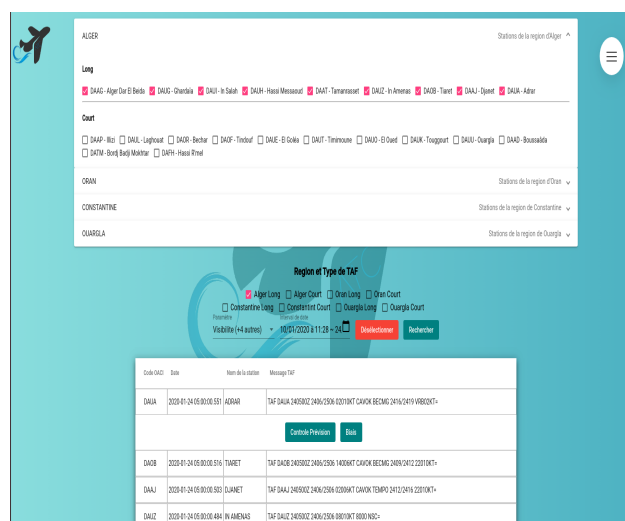


Figure 1. interface de Contrôle de TAF

les études présentées et nous avons fixé des critères et des seuils pour chaque paramètre pour faire le contrôle. D'après Mahringer (2008), et pour la vérification de la direction du vent, les erreurs de prévision ne sont considérées comme significatives que lorsque la vitesse du vent atteint une valeur de 7 kt et que l'écart est supérieur à une limite donnée de 30° de seuil. Pour la vérification de plafond bas des nuages, L'annexe 3 de l'OACI contient des seuils de plafond de 100, 200, 500, 1000 et 1500 pieds au-dessus du sol. Si plus d'une valeur plafond apparaît dans un METAR / TAF, la plus basse est prise en compte. Si aucune hauteur n'est indiquée après la déclaration de quantité de nuages, aucune vérification n'est possible. S'il n'y a pas de plafond observé / prévu, la classe d'un plafond supérieur à la valeur seuil la plus élevée s'applique. Pour la visibilité horizontale nous avons la même seuil de Mahringer (2008) qui est de 1000 m pour la vérification de la prévision par rapport à l'observation.

Le développement informatique de l'application est fait par la technique de l'architecture 3-tiers c'est-à-dire une architecture distribuée constituée d'une application cliente pour la consultation des données développées par le framework Angular (Chandermani 2016), et un serveur pour le traitement et le calcul des données développé par le framework Laravel (BAGWAN 2019) et un système de gestion de base de données (SGBD) pour le stockage des informations.

La page principale de l'application AmetTAF ne peut être atteinte que par un utilisateur enregistré après la connexion. Le contrôle des TAF sur la plateforme de l'application se fait par plusieurs étapes au choix de l'utilisateur, la figure 1 montre un contrôle de chaque TAF avec les message METAR correspondants. La figure 2 présente un type de contrôle par la table de contingence de plusieurs paramètres tel que la vitesse et la direction du vent, la visibilité horizontale et verticale ..etc.

La figure 3 présente des sorties de contrôle par les graphes de réussite de TAF par rapport au METAR pour plusieurs

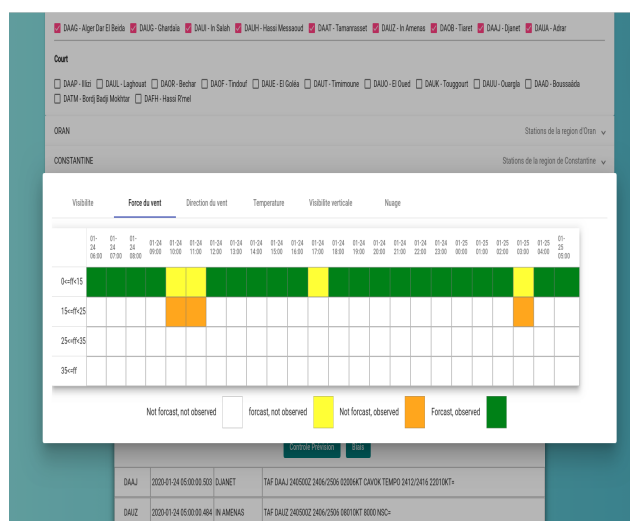


Figure 2. Contrôle de chaque message par la table de contingente.

paramètres au choix et plusieurs stations au choix et même d'une manière globale (Toutes les stations et toutes les paramètres). Dans cette partie nous avons donné la main aux utilisateurs de faire un contrôle des premières six (06) heures, les premières neuf (09) heures, les premières douze (12) heures ou bien toutes les vingt quatre (24) heures pour les TAF long, et nous avons donnée la main de choisir le type de graphe soit un histogramme ou bien un secteur comme le montre la figure 3.

La figure 4 présente des statistiques détaillées pour le calcul de l'écart type, le biais et RMSE, dans cette partie nous avons laissé le choix de faire des scores statistiques de plusieurs stations dans une période choisie et avec plusieurs paramètres. Les scores peuvent être groupés pour plusieurs stations par l'utilisateur ou bien des scores spécifiques pour chaque station.

3. Conclusion

Le TAF est un message de prévision considéré comme une prévision pour des périodes plutôt que pour des points dans le temps. Il est considéré aussi comme contenant une gamme de conditions prévues plutôt qu'un seul état. L'application AmetTAF sert à vérifier et contrôler le message TAF dans un but d'amélioration. Pour se faire, toutes les observations dans l'heure respective sont utilisées (METAR et SPECI), qui couvrent une gamme de conditions observées. Ainsi, pour chaque heure, deux comparaisons sont effectuées: la valeur observée la plus élevée est utilisée pour marquer la valeur de prévision la plus élevée, et la valeur observée la plus basse est utilisée pour marquer la valeur de prévision la plus faible. L'application AmetTAF permet de tracer plusieurs type de graphe avec plusieurs type de scores statistique selon le besoin et selon l'utilisation, une table de contingence pour chaque paramètre de chaque TAF avec le METAR correspondant, et des scores statistique pour voir le

rendement des TAF et aussi des graphes de taux de réussite de chaque TAF par rapport à l'observation du METAR toutes les demi-heures. Les scores statistiques sont utilisés directement par l'utilisateur, et il peut facilement les comprendre. De plus, l'utilisateur peut faire des présentations de tous les graphes d'une manière spécifique selon le besoin, chaque station ou bien chaque élaborateur de TAF.

Références

- Balzer K. 1995. TAF Verifikation. Eine Dokumentation der Methodik. Deutscher Wetterdienst.
- Fuller S. 2003. Verification of Terminal Aerodrome Forecasts. MetOffice NWP Gazette October 2003.
- Gordon ND. 1993. Verification of terminal forecasts. In Proceedings Fifth International Conference on the Aviation Weather System 2-6 August 1993, Vienna, Virginia.
- Harris G. 1998. The UKMO TAF Verification Scheme. Report presented at the TIPS Task 6 Project Workshop, October 1998, Stockholm.
- Hilden A, Kjaer O, Feldberg R. 1998. Forecast Verification Report January 1998. DMI: Copenhagen.
- Hilden A, Heidegård A, Midtbø KH, Santakari J, Vårgård T. 1996. The NORTAF Verification System, Status Report May 1996. DMI: Copenhagen.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2004. Meteorological services for international air navigation. Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 15th edn ICAO: Montreal.
- Jolliffe IT, Stephenson DB (eds). 2003. Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science. John Wiley and Sons: Chichester.
- Cluepfel CK. 2005. TAF verification in the U.S. National Weather Service. NWS Instruction 10-1601.
- Stephenson DB. 2000. Use of the 'odds ratio' for diagnosing forecast skill. Weather and Forecasting 15: 221-233.
- World Meteorological Organization WMO. 1995. International codes - Volume I.1 Part A: Alphanumeric codes.
- Mahringer, Guenter. (2008). Terminal aerodrome forecast verification in Austro Control using time windows and ranges of forecast conditions. Meteorological Applications. 15. 113-123. 10.1002/met.62.
- Kevin Hennessy Chandermani Arora. Jangular 2 by example. In Angular 2 By Example, pages 29-34. Packt Publishing Limited, 2016.

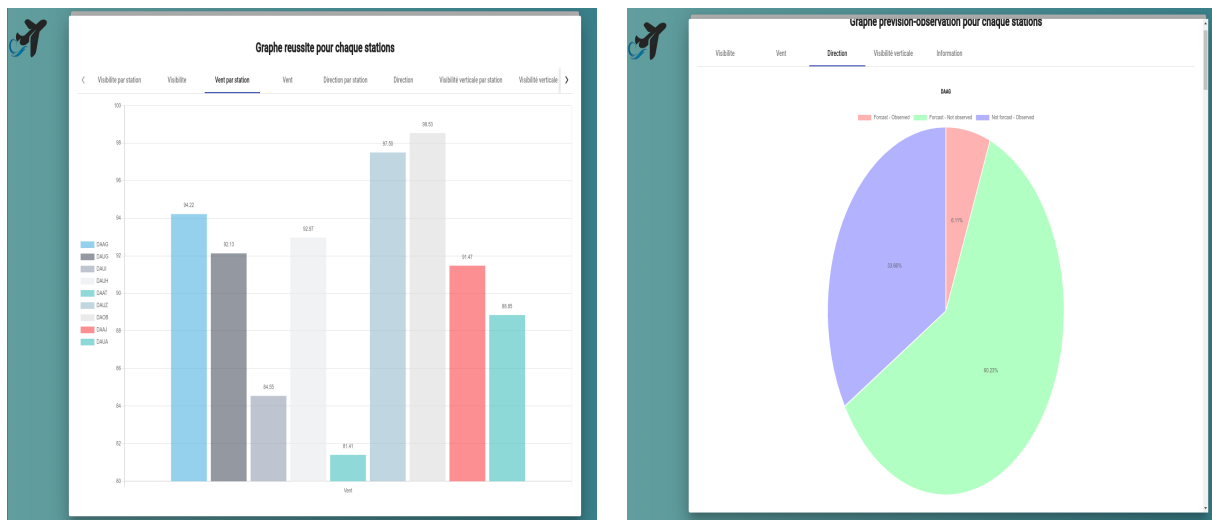


Figure 3. Les sorties du taux de réussite des messages TAF.



Figure 4. Les scores statistique de contrôle de TAF avec l'écart type, le biais et RMSE.

13. BAGWAN, MISS KAUSAR I. et GHULE, SWATI D. A Modern Review on Laravel-PHP Framework. 2019.

Contribution à l'étude de l'occurrence des phénomènes lithométéores sur le sud-ouest algérien : Classification en types de temps par la méthode de Jenkinson-Collison

Hakim ABANE ^{1*}, Abd El Aziz KONSEIBO ²

Abstract

Le présent article est dédié à l'étude de la relation qui peut exister entre les types de temps de Lamb déterminer à partir des configurations barométriques à grande échelle et l'occurrence des phénomènes lithométéores sur le sud-ouest de l'Algérie durant la saison estivale. Les situations de grande échelle ont été obtenues à partir des champs de réanalyses ERA intérim fournies par l'European Centre of Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). Les données ERA intérim accessibles via le site: <http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html>. Une méthode de classification en type de temps de Jenkinson et Collinson a été utilisée afin de dissocier 27 types de temps définis par des conditions barométriques. Ces derniers ont mis en évidence des interactions entre l'occurrence des phénomènes lithométéores et de la circulation atmosphérique. Les types de temps d'Est et de Nord Est semblent être liés à l'occurrence des phénomènes lithométéores durant la saison estivale sur le sud-ouest de l'Algérie.

Keywords

types de temps de Lamb ; réanalyses ERA intérim ; Jenkinson et Collinson, phénomènes lithométéores.

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

² Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherches. Oran .Algérie

*Correspondant:hakim73_a@yahoo.fr

Contents

Introduction	1
1 Données et outils utilisés	1
1.1 Réanalyses ERA-Intérim	1
1.2 Outils	2
1.3 Choix de la saison	2
1.4 Choix du domaine géographique	2
1.5 Principe de la méthode	2
2 Résultats et discussion	4
3 Conclusion	4
References	5

L'analyse de la circulation atmosphérique à grande échelle par classification en types de temps a été largement étudiée durant ces dernières décennies. Les méthodes de classification de l'atmosphère ont prouvé leur efficacité et leur contribution à une meilleure compréhension de la relation existant entre atmosphère et conditions climatiques en surface. Ce qui ne fait qu'accroître l'intérêt que portent les chercheurs à leur égard. La notion de classifications synoptiques vise à simplifier le continuum de la circulation atmosphérique en un nombre réduit de catégories représentatives [1]. Par conséquent, la variabilité atmosphérique peut être analysée en termes de changements de fréquences de types de temps synoptiques spécifiques [2]. Il existe de nombreuses classifications qui ont déjà été employées dans bon nombre de domaines d'applications entre autres la mortal-

ité humaine [3], la climatologie: pour des variables comme la température ou les précipitations [4], les phénomènes extrêmes comme les sécheresses [5], ou les tempêtes [6], en environnement : pour l'occurrence des feux de brousses, ou pour la qualité de l'air [7] Le présent article est dédié à l'application de la méthode de classification de Jenkinson and Collinson (JC) [8];

[9], [10], [11], [12] afin de caractériser le lien existant entre l'occurrence de phénomènes lithométéores et circulation atmosphérique à grande échelle, notamment pour le cas de la wilaya de Béchar dans le sud-ouest algérien.

1. Données et outils utilisés

Réanalyses ERA-Intérim

Les modèles de prévision numérique du temps ont pour objectif la prévision de l'état futur de l'atmosphère. Pour y arriver avec une certaine précision, il leur faut préalablement bien représenter l'état actuel (initial) de cette atmosphère qui est sujette à une perpétuelle évolution. A cet effet, des méthodes dites d'assimilation de données, très performantes, ont été élaborées pour produire des séries de données de très bonne qualité : les analyses, à partir de données issues des stations météorologiques, les satellites, les bouées ...etc. Cependant, ces séries peuvent être incomplètes, moins renseignées (exemple : certaines stations envoient les données après l'heure de l'analyse), d'une profondeur insuffisante ou surtout non-homogènes à cause de l'évolution rapide et continue des modèles et des données assimilées. Les analyses fournies par les modèles, du fait de

leur qualité incomparable, sont également très exploitées par les climatologues pour des études poussées. Cependant, les analyses prises à l'état brut ne conviendraient pas pour cette fin. Ainsi, pour assurer une bien meilleure qualité, l'homogénéité et une certaine stabilité des séries, des modèles spécialement adaptés ont vu le jour et produisent des séries de données maintenant appelées des réanalyses. De grands centres dans le monde produisent des réanalyses en continue. Entre autres on a l'ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts, Europe), le NCEP (National Centers for Environmental Prediction), le NCAR (National Center for Atmospheric Research, USA), le Japanese Meteorological Agency, la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA), la NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA) ...etc. Des éléments d'inter-comparaison sont disponibles sur le site de Kevin Trenberth : <http://www.cgd.ucar.edu/cas/Topics/reanalyse-s.html>]. Pour notre étude, ce sont des réanalyses ERA-Intérim [13] de l'ECMWF qui ont été utilisées car plus récentes et à haute résolution. ERA-Intérim est une base de données de réanalyses couvrant tout le globe sur la période allant de 1979 à nos jours. Le système d'assimilation de données utilisé pour produire ERA-Interim est basé sur la révision 2 du cycle 31 du modèle IFS (Integrated Forecasting System –Cy31r2–) incluant la méthode d'analyse variationnelle à 4 dimensions (4D-Var) avec une fenêtre horaire de 12 heures. La résolution spatiale d'ERA-Interim est d'environ 0.72° (soit 80 km et T255 dans le domaine spectral) sur 60 niveaux sur la verticale, depuis la surface jusqu'à 0.1 hectopascal (la mésosphère). Les données d'ERA-Interim sont disponibles en téléchargement sur le site <http://apps.ecmwf.int/datasets> ou depuis l'interface MARS (Meteorological Archival and Retrieval System) en utilisant un script python tout en précisant les champs « class=ei » et « expver=1 ». [Source: ECMWF/Forecasts/Datasets/Archive datasets/Reanalysis datasets/ERA-Interim]

Observations station: Pour réaliser notre travail, nous avons fait usage de données d'observations météorologiques que fournit quotidiennement la station météorologique de Béchar à l'office national de la météorologie (ONM, Algérie). Rappelons que Béchar est l'une des wilayas (villes) les plus affectées par les phénomènes poussiéreux en Algérie. La wilaya est située au sud-ouest du pays et plus précisément à 32°37' nord et 2°13' ouest. Notre travail a nécessité uniquement l'utilisation de l'occurrence des phénomènes de poussière que ce soit de type chasses-sable, tempête de sable ou brume sèche. La série s'étend sur la période allant de 1980 à 2014.

Outils

Comme outils, nous avons utilisé principalement le logiciel R (<https://cran.r-project.org/>), un environnement de développement gratuit, libre (open-source) qui est de l'un des plus célèbres langages de programmation utilisés pour le traitement de données et l'analyse statistique. Précisons

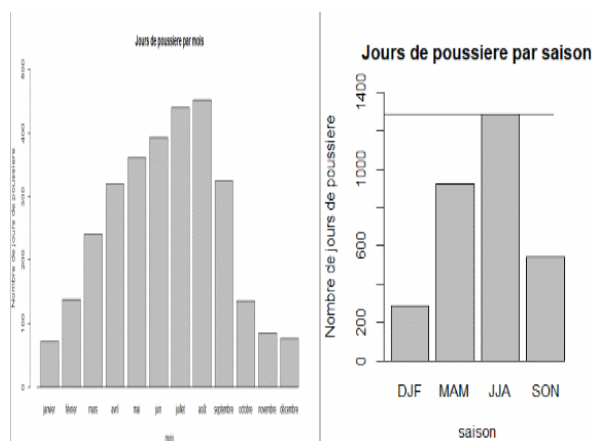


Figure 1. Fréquence d'occurrence des phénomènes poussiéreux.

toutefois l'utilisation du package « jcect » sur R, qui nous a été d'une grande utilité.

Choix de la saison

Le soulèvement de poussières est observable tout au long de l'année avec des fréquences différentes en fonction du mois ou de la saison. Ainsi, sur la station de Béchar et pour la période 1980-2014, les trois mois les plus poussiéreux sont Juin, Juillet et Août correspondant d'ailleurs à la saison estivale (JJA). Cette saison totalise à elle seule 1285 jours de poussière sur 3035 soit environ 42.3%, suivie de la saison mars-avril-mai (MAM) avec 30.4%, septembre-octobre-novembre avec 17.9% et enfin décembre-janvier-février (DJF) avec 9.4% (Fig. 1). Nous avons donc trouvé pertinent de mener l'étude sur la saison estivale, un choix qui s'impose de lui-même.

Choix du domaine géographique

Le domaine retenu pour l'étude s'étale de 20° Ouest à 15° Est et de 20° à 45° Nord, centré sur la wilaya de Béchar comme l'indique la Figure (2). Nous avons cependant, jugé intéressant d'avoir une idée sur la circulation atmosphérique sur l'ensemble de la région. Cela pourrait nous aider dans la compréhension du phénomène.

Principe de la méthode

Le catalogue original a été défini pour les îles britanniques, en utilisant un MSLP journalier grossièrement quadrillé sur une grille de 16 points (de p1 à p16) avec une résolution de 10° dans la direction zonale et une résolution de 5° dans la direction méridienne, pour un point central situé à 55° nord de latitude et 5° ouest de longitude(13). De par ce schéma, le type de circulation pour un jour donné est décrit en se basant sur la position des points de haute et de basses pressions déterminant la direction du flux géostrophique. On voit bien l'unique nécessité de la pression atmosphérique réduite au niveau de la mer comme donnée d'entrée pour cette méthode. Le principe pour l'identification des types

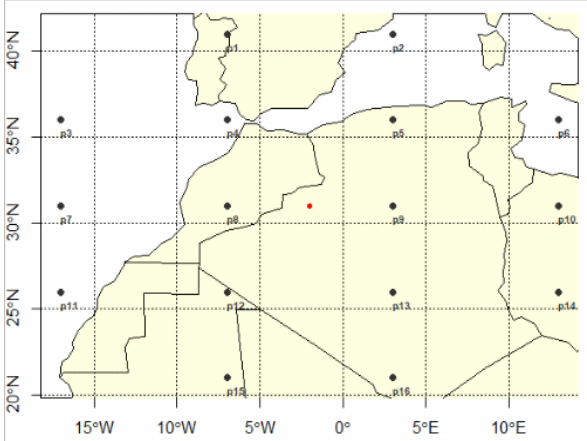


Figure 2. Distribution des 16 points de grille autour de la station de Béchar (en rouge)

de circulation est basé sur l'analyse de l'intensité et de la direction du flux de vent et du type de système de pression (dépressionnaire ou anticyclonique). Comme autre avantage de cette méthode, il y a surtout la simplicité pour l'interprétation des indices de flux d'air sous-jacents pour les types de temps qui en résultent. Bien que cette méthode ne tienne pas compte de l'évolution temporelle des situations météorologiques et que l'analyse du flux soit basée sur le point central spécifique de la zone définie pour les 16 points, elle peut en théorie être appliquée n'importe où sur les latitudes moyennes [6]. Selon le schéma, la circulation atmosphérique du jour est caractérisée par l'utilisation d'un ensemble de 6 indices associés à la direction et à la rotation du flux géostrophique. Ainsi, nous pouvons distinguer :

- SF : flux méridien ou flux de sud (Southerly flow)
- WF : flux zonal ou flux d'ouest (Westerly flow)
- F : flux total, fonction de SF et WF (Total flow)
- ZS : tourbillon de cisaillement zonal (Southerly shear vorticity)
- ZW : tourbillon de cisaillement méridien (Westerly shear vorticity).
- Z : tourbillon de cisaillement total, fonction de ZS et ZW, (total shear vorticity) Les composantes ouest et sud du flux décrivent l'écoulement zonal et méridien de l'air sur la zone, tandis que le tourbillon de cisaillement total nous informe sur la rotation de l'air atmosphérique (14). La comparaison entre le flux total et le tourbillon total fixe les règles de définition du type de temps. Initialement, 27 types de temps sont obtenus comprenant :
- 8 types de temps purement directionnels,
- 2 types purement rotationnels (1 cyclonique et 1 anti-cyclonique)

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

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

- 16 types dits hybrides, combinaisons des deux premiers types 1 type non classifié présentant un flux faible ou chaotique.

De ces 27 types, uniquement les 11, autres que les types hybrides, sont retenus. En effet, selon le schéma original, les types hybrides sont comptés comme égaux à une part de l'occurrence des types majeurs dont ils dérivent. La procédure de classification est bien détaillée dans [14]. Le catalogue original définit les jours du type « non classifié » à partir d'un certain seuil pour le flux et le tourbillon, spécifique à chaque région [15]. Un test de sensibilité des jours non classés sur les tailles de grille et les résolutions a été réalisé dans [16], concluant que le nombre de ces jours diminuerait avec la résolution de la grille. Des études antérieures ont montré une augmentation significative de la part des jours non classifiés en été et en automne lors de l'application de la classification par cette méthode.

Les indices énoncés plus haut sont calculés par les formules suivantes (14)

$$WF = 0.5(p_{12} + p_{13}) - 0.5(p_4 + p_5) \quad (1)$$

$$SF = A[0.25(p_5 + 2p_9 + p_{13}) - 0.25(p_4 + 2p_8 + p_{12})] \quad (2)$$

$$F = \frac{SF^2 + WF^2}{2} \quad (3)$$

$$ZS = B[0.25(p_6 + 2p_{10} + p_{14}) - 0.25(p_5 + 2p_9 + p_{13}) - 0.25(p_4 + 2p_8 + p_{12}) - 0.25(p_3 + 2p_7 + p_{11})] \quad (4)$$

$$ZW = C[0.5(p_{15} + p_{16}) - 0.5(p_8 + p_9)] - D[0.5(p_8 + p_9) - 0.5(p_1 + p_2)] \quad (5)$$

$$Z = ZS + ZW \quad (6)$$

avec :

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

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

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

$$D = \frac{1}{2\cos(2\phi)}$$

$\phi = 31^\circ$: latitude du point central.

Les variables : $p_1, p_2, p_3, \dots, p_{16}$ représentent la valeur du champ de pression sur chaque point de grille correspondant (Fig. 2). Le flux et le tourbillon ont une unité géostrophique s'exprimant en hpa par 10° de latitude à la latitude définie par celle du point central (31°N , 2°W). Les constantes A, B, C et D sont relatives aux différences entre espacements des points de grille suivant les directions zonale et méridienne. Les conditions (règles) appliquées à ces indices pour la classification selon (14) sont :

- La direction du flux est donnée par $\tan^{-1}(\frac{WF}{SF})$, valeur à laquelle on rajoute 180° si $WF > 0$. La direction est établie sur une rose de vent à 8 secteurs (45° chacune).
- Si $|Z| < F$, le flux est essentiellement droit et correspond à un des 8 types de temps de Lamb purement directionnels.
- Si $|Z| > 2F$, cela correspond au type purement cyclonique (si $Z > 0$) ou anticyclonique (si $Z < 0$).
- Si $F < |Z| < 2F$, cela correspond à un des types hybrides, à la fois directionnel et rotationnel.
- Si $F < 6$ et $Z < 6$, cela correspond au type « non classifié » de Lamb.

2. Résultats et discussion

Après classification par la méthode de Jenkinson-Collison, voilà ce qui en ressort comme résultats : Durant la période allant de 1980 à 2014 (saison estivale JJA), le temps à Béchar a été caractérisé par des vents majoritairement d'Est avec en moyenne 38 jours par an sur les 92 jours de la saison estivale (40.93% de la saison). Les types Nord-Est, Hybride, Non-classifié et Cyclonique sont également observés en moyenne chaque année sur 24.81%, 16.71%, 11.89% et 5.18% de la saison estivale respectivement. Par contre, les types Anticyclonique, Nord et Sud-Est sont rarement présents.

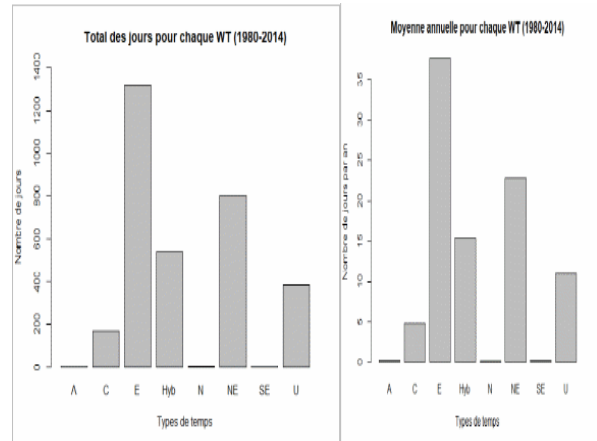


Figure 3. Total des jours et moyenne annuelle pour chaque type de temps (1980 – 2014).

Quant aux types Sud, Sud-Ouest, Ouest et Nord-Ouest, ils n'ont jamais été observés à Béchar pendant l'été et sur la période considérée.

De la classification Jenkinson and Collison (JC), nous déterminons également pour chaque type de temps, le nombre de jours où celui fut accompagné de soulèvement de poussière.

Le Tableau 3 nous renseigne sur la contribution de chaque type de temps au soulèvement de poussière. Il apparaît bien que le type de temps E est le plus grand contributeur, suivi du type Nord-Est. Cela exprime en réalité la probabilité qu'en situation météorologique donnée, la présence d'un type de temps particulier entraîne le soulèvement de poussière. A noter que ces types de temps sont associés à des circulations météorologiques à l'échelle supra synoptique, telles que l'oscillation du nord atlantique (NAO- ; NAO+), minimum atlantique et situation de blocage et chaque type de circulation peut contribuer à l'apparition d'un type de temps (WT) donné.

3. Conclusion

A travers cette étude, nous avons mis en évidence l'influence des conditions météorologiques locales sur le soulèvement d'aérosols désertiques. Le lien (statistique) entre les types de temps de Lamb (locaux) et les phénomènes lithométéores nous apporte plus de détails sur l'occurrence de ces phénomènes. Ainsi, nous avons pu énumérer des risques d'occurrence des phénomènes lithométéores pour chaque type de temps établi.

	A	C	E	Hybride	N	NE	SE	U
Total	6	167	1318	538	2	799	7	383
Proportion	0.19	5.18	40.93	16.71	0.06	24.81	0.22	11.89
Moyenne (jours/an)	*	5	38	15	*	23	*	11

Table 2. Total des jours, proportion et moyenne annuelle pour chaque type de temps (1980–2014) ; le signe (*) signifie : négligeable.

WT	A	C	E	Hybride	N	NE	SE	U
Nombre de jours poussiéreux	0	107	445	241	1	330	5	156
Proportion de chaque type de temps	0	8.33	34.63	18.75	0.08	25.68	0.39	12.14

Table 3. Nombre de jours poussiéreux de chaque type de temps.

References

- [1] Andreas Philipp, Christoph Beck, Radan Huth, and Juncundus Jacobbeit. Development and comparison of circulation type classifications using the cost 733 dataset and software. *International Journal of climatology*, 36(7):2673–2691, 2016.
- [2] Radan Huth. An example of using obliquely rotated principal components to detect circulation types over europe. *Meteorologische Zeitschrift*, pages 285–293, 1993.
- [3] Pavlos Kassomenos, Alexandros Gryparis, Evangelia Samoli, Klea Katsouyanni, Spyros Lykoudis, and Helena A Flocas. Atmospheric circulation types and daily mortality in athens, greece. *Environmental Health Perspectives*, 109(6):591–596, 2001.
- [4] Ricardo M Trigo and Carlos C DaCamara. Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in portugal. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(13):1559–1581, 2000.
- [5] Sergio M Vicente-Serrano, Juan I López-Moreno, Anita Drumond, Luis Gimeno, Raquel Nieto, Enrique Morán-Tejeda, Jorge Lorenzo-Lacruz, Santiago Beguería, and Javier Zabalza. Effects of warming processes on droughts and water resources in the nw iberian peninsula (1930- 2006). *Climate Research*, 48(2-3):203–212, 2011.
- [6] Markus G Donat, Gregor C Leckebusch, Joaquim G Pinto, and Uwe Ulbrich. European storminess and associated circulation weather types: future changes deduced from a multi-model ensemble of gcm simulations. *Climate Research*, 42(1):27–43, 2010.
- [7] Maria Grundstrom, Lin Tang, Mattias Hallquist, Hung Nguyen, Deliang Chen, and Hakan Pleijel. Influence of atmospheric circulation patterns on urban air quality during the winter. *Atmospheric Pollution Research*, 6(2):278–285, 2015.
- [8] AF Jenkinson and FP Collison. An initial climatology of gales over the north sea. *Synoptic climatology branch memorandum*, 62:18, 1977.
- [9] Pablo Sarricolea Espinoza and Óliver Mesegu. Climatic variability and tendencies in central chile in the 1950-2010 period by determination of the jenkinson y collison synoptic types. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (64), 2014.
- [10] M Grimalt, M Tomàs, G Alomar, Javier Martin-Vide, and María del Carmen Moreno-García. Determination of the jenkinson and collison's weather types for the western mediterranean basin over the 1948-2009 period. temporal analysis. *Atmósfera*, 26(1):75–94, 2013.
- [11] Noelia Otero, Jana Sillmann, and Tim Butler. Assessment of an extended version of the jenkinson–collison classification on cmip5 models over europe. *Climate dynamics*, 50(5-6):1559–1579, 2018.
- [12] M Demuzere and M Werner. Jenkinson-collison classifications as a method for analyzing gcm-scenario pressure fields, with respect to past and future climate change and european simulated mineral dust deposition. *Short-term scientific mission (MPI-BGC Jena) in the framework of COST733*, 2006.
- [13] P Berrisford, D Dee, P Poli, R Brugge, K Fielding, M Fuentes, P Kållberg, S Kobayashi, S Uppala, and A Simmons. Era report series: The era-interim archive. *Version*, 2:1–27, 2011.
- [14] PD Jones, M Hulme, and KR Briffa. A comparison of lamb circulation types with an objective classification scheme. *International Journal of Climatology*, 13(6):655–663, 1993.
- [15] Clare M Goodess and Jean P Palutikof. Development of daily rainfall scenarios for southeast spain using a circulation-type approach to downscaling. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 18(10):1051–1083, 1998.
- [16] Matthias Demuzere, RM Trigo, J Vila-Guerau de Arelano, and Nicole Van Lipzig. The impact of weather and atmospheric circulation on o3 and pm10 levels at a rural mid-latitude site. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 9(8):2695–2714, 2009.

Développement d'un portail web fournissant des produits climatologiques pour le Centre Climatologique Régional - Afrique du Nord de l'OMM

Mohamed MEZRED ^{1*}, Selmane AHMED NOUR EL ISLAM ²

Abstract

L'Algérie à travers l'Office National de la Météorologie est désignée par l'OMM en 2014 comme un nœud au sein du CCR-Afrique du Nord, chargé de la collecte des données issues des services météorologiques des pays de l'Afrique du Nord pour des fins liées au suivi climatique. Vu l'importance de ces données dans des études des changements climatiques, l'ONM a développé un portail web qui permet de partager les données issues des messages météorologiques SYNOP des pays de l'Afrique du Nord circulant dans le SMT de l'OMM à la disposition de ce Centre qui est basé au Maroc. Cet article décrit le processus mis en œuvre pour élaborer ce portail en allant de la phase décodage du message SYNOP, son contrôle, son archivage dans un système de gestion de la base de données (SGBD) et sa visualisation sur une interface web.

Keywords

SYNOP, CCR, SMT, OMM, SGBD, NOAA, Python, Numpy, Pandas, Narray, PsychoPg2, PostgreSQL.

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant: m.mezred@meteo.dz

Contents

Introduction	1
1 Méthodologie	1
1.1 Données utilisées et définition de l'approche pour le décodage du SYNOP	1
1.2 Procédure de contrôle des messages SYNOP	1
2 Base de données utilisées	2
3 L'interface de consultation	6
4 Conclusion	6

L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) dispose à travers le monde plusieurs centres climatologiques régionaux. Parmi ces centres : le Centre Climatologique Régional d'Afrique du Nord ou le CCR (en anglais RCC) qui est un centre régional de l'OMM, multifonctionnel et regroupe plusieurs centres ou services climatologiques des six pays membres de la région d'Afrique du Nord : Algérie, Maroc, Tunisie, Lybie, Mauritanie et l'Egypte. Il réalise des activités liées au climat en remplissant collectivement toutes les fonctions requises selon les tâches assignées en commun accord avec l'OMM. Chaque service/centre appartenant au CCR de l'OMM est appelé « nœud ». Un nœud réalisera, pour la région ou la sous-région une ou plusieurs des activités obligatoires que ce soit, les prévisions à long terme (LRF), la surveillance du climat, la collecte des données climatologiques (cas de l'Algérie) ou bien la formation. Les CCR de l'OMM sont des centres d'excellence qui établissent également des produits régionaux de prévisions climatiques (notamment saisonnières), et soutiennent les activités climatiques régionales et nationales et renforcent ainsi la capacité des membres de l'OMM dans une région donnée, dans le but

d'offrir de meilleurs services climatiques aux utilisateurs nationaux. Le but de ce travail est de faire évoluer le site web RCC (<http://rccnara1.marocmeteo.ma/algeriannode.php>) par la migration de la base de données de MySQL vers PostgreSQL et de rendre les produits climatologiques du RCC plus fiables en appliquant le contrôle qualité selon les recommandations basées par les consignes de l'OMM

1. Méthodologie

Données utilisées et définition de l'approche pour le décodage du SYNOP

Un message SYNOP est un message d'observation élaboré et émis par une station météorologique terrestre et rédigé selon la forme symbolique se référant au Code FM 12 de l'OMM. La diffusion de ce message se fait toutes les trois heures à partir de 00h00 UTC jusqu'à 21H00. Le message SYNOP est composé d'une première ligne qui indique un certain nombre d'informations comme par exemple la date, l'identifiant de la station et puis l'ensemble des paramètres météorologiques observés destinés pour la climatologie et à l'assimilation pour la prévision météorologique. Pour notre cas, nous avons procédé au décodage du SYNOP en provenance des six pays sus-indiqués avec le langage C++ (Stroustrup, 1980) afin d'identifier chaque paramètre météorologique chiffré dans le message SYNOP.

Procédure de contrôle des messages SYNOP

Compte tenu du volume de données accumulées d'une part, et de la complexité du modèle conceptuel d'autre part, il ne peut être envisagé de contrôler les données de façon individuelle, par pointage, de tous les enregistrements dans toutes les tables. Nous avons donc eu recours au contrôle

des données issues du message SYNOP sur la base des consignes élaborées dans le Manuel des codes, Codes Internationaux Volume I.1_Annexe II du Règlement Technique de l'OMM (2018). La démarche entreprise pour le contrôle consiste à élaborer des programmes en langage Python (Guido Von Rossum, 1990) avec les bibliothèques Pandas et Numpy (Le module Numpy est la boîte à outils indispensable pour faire du calcul scientifique pour modéliser les vecteurs, les matrices, et plus généralement les tableaux à (n) dimensions selon Patrick Fuchs et Pierre Poulain(2019)). Le module Numpy fournit le type Nddarray, et Pandas est une librairie python qui permet de manipuler facilement des données à analyser et manipuler des tableaux de données avec des étiquettes de variables (colonnes) et d'individus (lignes). Ces contrôles portent notamment sur les points suivants présentés ici succinctement par ordre croissant de complexité :

- Les recherches des doublons, c'est-à-dire identifiants dupliqués, sont proposées en format standard dans les logiciels modernes de gestion de base de données.
- Contrôles syntaxiques (ex : la température de l'air doit être exprimée par une valeur ayant au plus un chiffre après la virgule) ;
- Contrôle de valeurs à travers la détermination de la fourchette : Pour la détermination de la plage du contrôle de fourchette des trois paramètres (Température maximale, Température minimale, et les Précipitations), nous avons calculé les seuils climatologiques sur une période de 30 années relatifs à ces paramètres au moyen des données d'observation issues de 27 stations des pays membres du CCR complétées par des données issues de la base de données NOAA et ce, pour l'ensemble des stations appartenant à la région. Par exemple les seuils de la température à Dar el Beida-Alger ainsi calculées sont respectivement -3.8°C et +47.9°C, et donc le contrôle de fourchette pour la température pour cette station est basé sur l'intervalle -3.8 et 47.9 pour le paramètre température.
- Calcul du cumul des précipitations annuelles de chaque station.
- Contrôle de l'éventail de climats (ex : est-ce que les données sont cohérentes avec la climatologie).
- Cohérence entre les relevés (ex : la température de l'air ne doit pas être inférieure à celle du point de rosée).
- Cohérence des séries chronologiques (ex : la différence entre deux températures observées successivement sur le même site doit être « plausible »).
- Cohérence spatiale (ex : les limites d'une différence plausible entre les températures d'une station et celle

des stations environnantes ne doivent pas être dépassées selon Zahumenský, (2004)).

2. Base de données utilisées

Nous utilisons pour le développement de cette application une base de données PostgreSQL, version_12.0 (Stonebraker, 1985), imposée par la nécessité de pouvoir manipuler des objets géographiques (les sites des stations météorologiques). De plus, la plate-forme utilisant déjà une base de données PostgreSQL avec l'extension PgAdmin4 (version 4.16)(voir fig.3). Cela facilitera l'importation de la base de données ainsi conçue vers cette plateforme. Pour cette phase de modélisation nous avons utilisé l'outil PgAdmin4 qui permet de générer automatiquement le code SQL adapté à une base PostgreSQL. L'outil inclut également une fonction de rétro-conception efficace, ce qui nous a permis, combiné à la génération du code, d'inclure dans le modèle des éléments difficiles à modéliser à partir de l'interface de PgAdmin4 (le code des fonctions servant au contrôle des données). Les fichiers de données seront découpés en ligne par ligne et chaque ligne de données deviendra un tale d'une table. Pour pallier au problème des différents formats de données possibles, nous utiliserons une particularité de PostgreSQL: ce qui nous permet d'utiliser la propriété d'héritage pour faire autant de tables que de formats de données mais en mutualisant certaines informations et contraintes communes à toutes les lignes de données (identifiant, date, relevé associé, identifiant au sein du relevé)(voir fig.2) afin de simplifier la structure de la base et le traitement de ces données. Ces données font donc partie d'un schéma dont l'accès est restreint aux seuls administrateurs de la base afin d'en assurer l'intégrité. La base de données ayant servi de base de test a été hébergée sur un serveur local. Les premières bases de données de test ont été mises en place avant la validation du modèle de base de données afin de réaliser quelques tests avec PostgreSQL. Toujours grâce à des triggers, Nous avons également mis en place un système de contrôle de cohérence des dates (les opérations ne peuvent être effectuées dans le futur, et les lignes de données traitent des données antérieures à leur relevé) et de prévention d'écrasement de données qui vérifie si des données existent déjà pour le couple station/date donnée.

Les scripts d'import ont été réalisés avec python. Nous avons retenu le langage python en raison de sa convivialité et la disponibilité des premières versions des scripts nécessaires pour la réalisation de cette plateforme. Comme nous disposons des concepts avancés sur l'utilisation des bibliothèques Pandas et Numpy permettant ainsi de créer et manipuler aisément différents types de structures de données et une bonne connaissance sur l'usage de PsycPg2, permettant la communication avec une base de données.

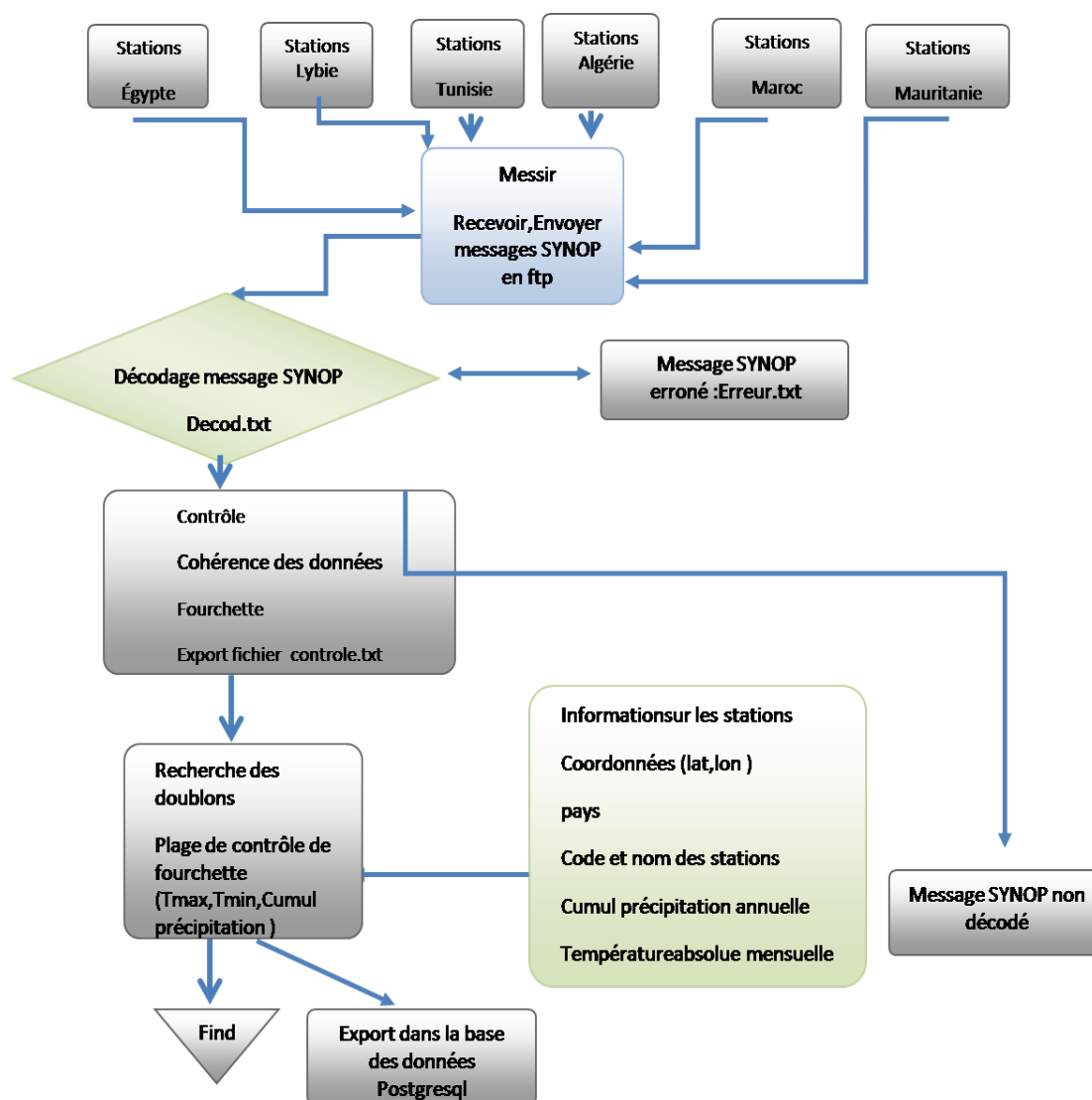


Figure 1. Organigramme du contrôle des données (message SYNOP)

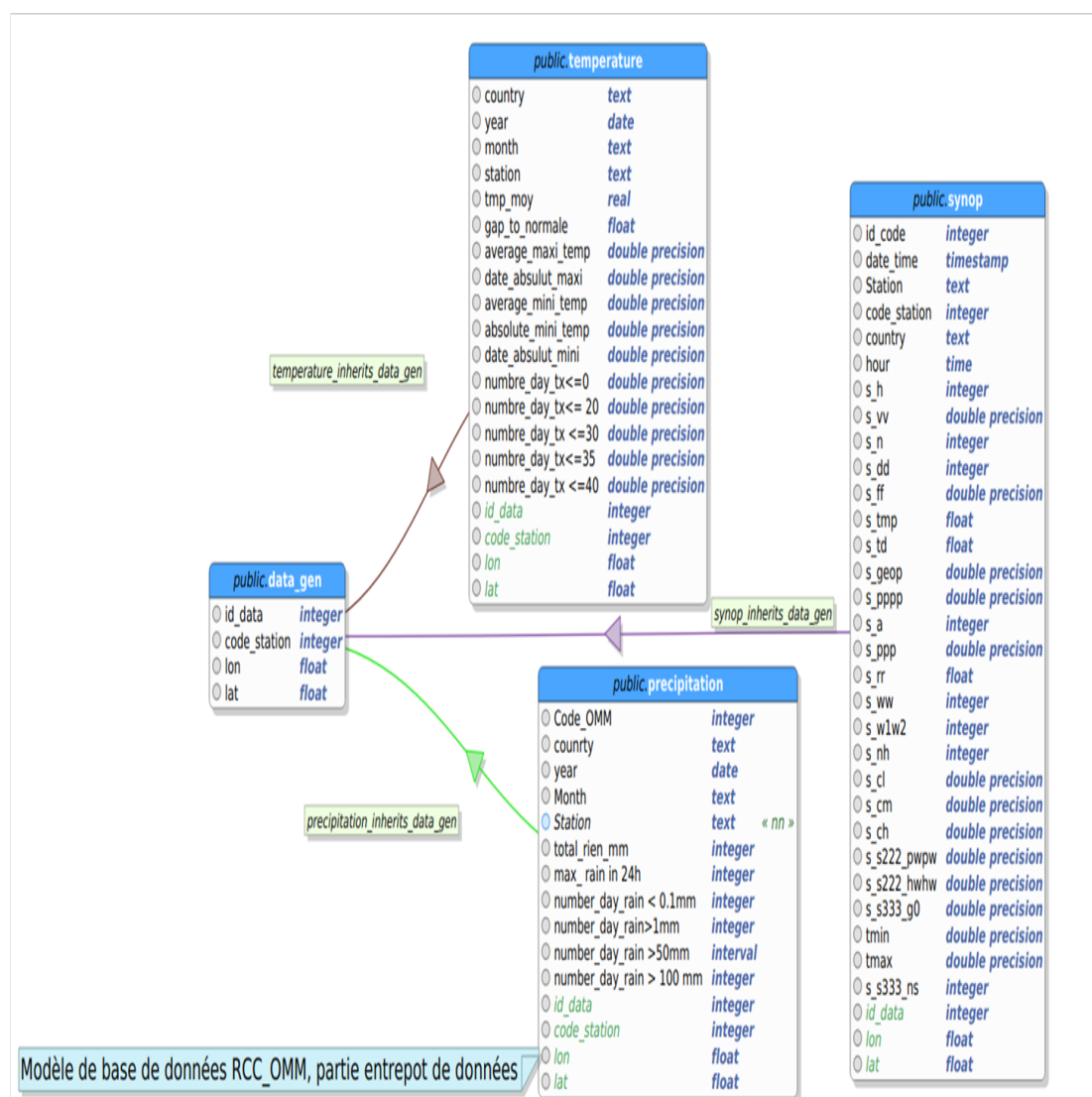


Figure 2. Modèle de base de données

id_code_time: code et le
tempe et la date
date_time: la date et le tempe

pays :le pays de la station
code: code de la station
s_h: la hauteur de la base du
nuage la plus bas

s_VV: vitesse du vent
s_N: Nébulosité totale
s_DD: Direction du vent

id_code_time	date_time	pays	code	s_h	s_VV	s_N	s_DD
text	timestamp without time zone	text	integer	integer	integer	integer	integer
177	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62309	9	10	8	
178	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62325	9	60	6	
179	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62332	5	60	3	
180	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62387	9	60	0	
181	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62432	9	60	7	
182	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62459	9	50	6	
183	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62420	9	58	0	
184	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62435	9	60	0	
185	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62455	9	60	0	
186	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62456	9	60	5	
187	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62476	9	60	0	
188	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62387	5	20	6	
189	2012-09-13 12:00:00	Egypt	62403	9	60	0	
190	2012-09-13 06:00:00	Egypt	62306	9	60	0	
191	2012-09-13 06:00:00	Egypt	62306	9	40	0	
192	2012-09-13 06:00:00	Egypt	62318	9	60	3	
193	2012-09-13 06:00:00	Egypt	62337	9	40	7	

Figure 3. Plateforme PostgreSQL (PgAdmin4)

3. L'interface de consultation

L'aspect graphique de l'interface réalisé en HTML 5 et CSS 3 ainsi que les réactions aux actions de l'utilisateur utilisant JavaScript sont achevées. Nous avons également produit une partie du code dans le PHP (Lerdorf, 1995) relatif à l'interaction avec la base de données. Un ensemble d'informations, un manuel d'administrateur et d'explications sur centre climatologique régional figurent sur la page d'accueil (voir fig.4), et sur le côté gauche de la page il y a aussi une place pour vous de taper le code «Data Access».



Figure 4. Interface page d'accueil

Après identification de l'invité, la page Data services s'ouvre pour offrir les données de la base, sur la gauche nous trouvons trois choix dans lequel sélectionner le type de données «DATA SERVICES» (voir fig.5). Après la sélection, d'autres choix sont affichés pour sélectionner le pays «country» sélectionné ainsi que le choix du type de paramètre «parameter», année «years», et mois «month»; Cliquez sur soumettre «Submit» nous donne un tableau avec les données requises

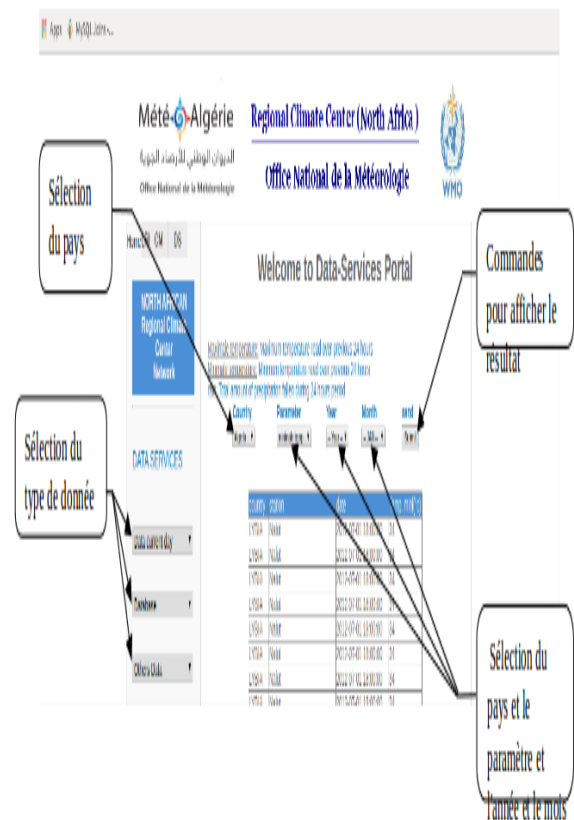


Figure 5. La page de «Data services»

4. Conclusion

Après avoir décodé le message SYNOP nous avons instauré un procédé rigoureux de son contrôle où nous avons eu à appliquer pratiquement l'ensemble des recommandations de contrôle décrites dans le manuel des codes de l'OMM, et ce, afin d'avoir des résultats plus fiables de la donnée issue du message SYNOP à injecter dans la base de données pour un usage partagé entre les services climatologiques des pays membres du CCR - Afrique du nord. Nous avons opté dans la réalisation de cette plateforme et pour la migration des données, pour le choix d'un système moderne de gestion de bases de données climatologiques où l'on a utilisé dans ce système, les programmes et langages de programmation (PostgreSQL, Python, PHP, C++) récents et adaptés à nos exigences en termes d'efficacité et de convivialité. Le processus de contrôle systématique introduit sur les données alimentant la base de données climatologiques du CCR assurera, sans doute, une donnée de qualité fiable pour tout usage scientifique ou de recherche. De par sa mission de nœud chargé de la collecte des données, l'ONM a jugé nécessaire d'améliorer son rôle et son service vis-à-vis du CCR au moyen de cette approche qui constituera indubitablement une contribution importante de l'office à l'égard du CCR et des membres et usagers de la région. Les relevés climatologiques archivés seront dorénavant

beaucoup moins entachés d'erreurs et pourront donc servir une grande communauté tout en ayant une référence qui tire son importance du fait qu'elle soit contrôlée selon les normes et exigences de l'OMM. Elle demeure en plus une ressource pour le présent et pour l'avenir et il est par conséquent plus qu'indispensable d'assurer sa sauvegarde pour les futures générations.

Remerciements

Un remerciement spécial à notre Directeur Mr SAHABI ABED Salah qui nous a aidé à travers ses remarques pertinentes pour l'élaboration de ce travail.

Références

- [1] Mehdi Benharrats,Zeste de savoir, La programmation en C++ moderne ,14 mai 2019
- [2] Patrick Fuchs et Pierre Poulain , Université Paris Diderot-Paris 7 Paris, France , Cours de Python version du 11 septembre 2019
- [3]Sébastien Namèche ,Support de cours PostgreSQL 8 ,installation ,configuration ,exploitation , v_2008-10-02.

[4] Sébastien ROHAUT Cours PHP , 21 juillet 2012.

[5] Organisation météorologique mondiale, Manuel des codes, Codes internationaux Volume I.1_Annexe II du Règlement technique de l'OMM Partie A – Codes alphanumériques Mise à jours 2018 .

[6] Igor Zahumenský (Slovakia) Guidelines on Quality Control Procedures for Data from Automatic Weather Stations, 2004

Sites Web:

- <http://www.postgresql.org>
- <https://www.python.org/>
- <http://pandas.pydata.org/>
- <https://pypi.python.org/pypi/psycopg2>
- <http://stackoverflow.com>

Conception et développement de l'application AmetDBase (Algerian Meteorological DATA Base)

Fayçal HADDI^{1*}, Lyes SADEG^{1*}, Oussama DOUBA¹, Ghanim BEHAZ¹, Mehdi KERROUCHE¹, Salah SAHABI ABED¹

Abstract

Cet article présente une application appelée «AmetDBase» (Algerian Meteorological DataBase) développée à l'Office National de la Météorologie (ONM) ayant pour but l'élaboration d'une base de données météorologiques et son exploitation à travers une application Web. Chaque station du réseau d'observation météorologique de l'Office envoie ses messages via divers réseaux de communication, essentiellement le réseau 3G. Ces messages sont d'abord vérifiés avant leurs injections dans le SMT « Système Mondial de Télécommunication » de l'Organisation Météorologique Mondiale pour les mettre à la disposition de ses utilisateurs. De par ses propriétés, ce système permet également de récupérer les données envoyées par les stations du reste du monde. L'objectif de cette application étant de permettre l'alimentation ainsi que l'interrogation de la base de données à partir des informations véhiculées par les messages météorologiques codés émis par les stations météorologiques algériennes ainsi que celles des autres pays grâce au système SMT et de présenter ces informations par le biais d'une interface graphique ergonomique et conviviale.

Keywords

Base de données météorologiques, messages météorologiques, ONM, OMM, Système Mondial de Télécommunication, SGBD, Algerian Meteorological DATA Base, AmetDBase.

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant: haddi.faycal@gmail.com, lysg.lyes@gmail.com

Contents

1	Introduction	1
2	Méthodologie	1
3	Mise en œuvre de l'application :	2
3.1	1. Conception	2
3.2	2. Réalisation	2
4	Fonctionnalités de l'application :	3
5	Conclusion	4

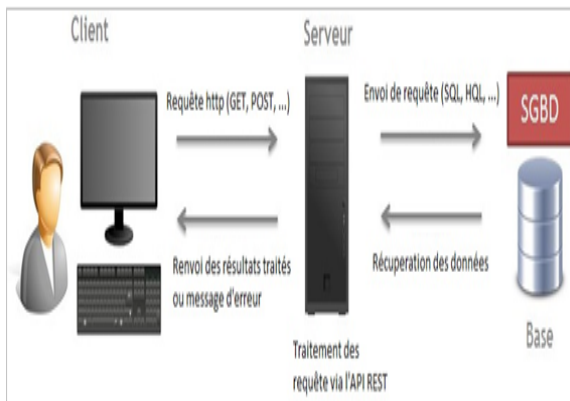
1. Introduction

L'Office National de la Météorologie reçoit quotidiennement plusieurs types de messages codés en provenance de différentes stations météorologiques réparties sur le territoire national et international. Ces messages météorologiques seront alors décodés pour récupérer les différentes informations concernant l'état de l'atmosphère et l'évolution du climat dans le temps. L'ONM dispose d'une base de données de sources différentes, utilisée souvent aux besoins liés à la veille climatique et les études climatologiques. Cette base de données est acquise essentiellement à travers les messages climats et Agmet transmis par les stations du réseau d'observation météorologique. Cependant, à travers cette application, l'ONM disposera d'une nouvelle source de données qui s'ajoutera au patrimoine climatologique actuelle et permettra ainsi une large diversification des sources de données archivées constituant la banque de données de

l'ONM. L'application « AmetDBase » a été conçue et réalisée dans le but d'automatiser la récupération, le décodage ainsi que le stockage des informations contenues dans ces messages dans une base relationnelle, accessible par tout type d'applications internes développées par l'ONM.

2. Méthodologie

Des stations météorologiques dans le monde entier effectuent régulièrement, à des heures prédéterminées, une observation complète des conditions météorologiques. Les codes météorologiques établis dans des formes symboliques standardisées arrêtées par l'Organisation Météorologique Mondiale sont utilisés afin d'échanger ces observations via le Système Mondial de Télécommunication (SMT). Ces messages sont alors utilisés en un format chiffré selon un code standard international permettant ainsi de pallier aux difficultés linguistiques et réduire ainsi la taille des messages afin de faciliter leurs transmissions. Tous les messages météorologiques sont identifiés par un entête spécifique qui permet d'indiquer leurs types. Ces messages sont regroupés dans des fichiers suivant leurs entêtes par le SMT pour les rendre reconnaissable à l'échelle internationale. Nous nous sommes intéressés à la réalisation d'une plateforme qui traite 05 types de messages élaborés par les stations météorologiques pour l'observation terrestre et d'altitude. Pour rappel, le réseau d'observation de surface de l'ONM compte actuellement 80 stations météorologiques et le réseau d'altitude en compte 05 stations effectuant un seul lâcher



de radiosondage par jour. Parmi les différents messages météorologiques envoyés par les stations figurent les messages suivants :

- **SYNOP** : message d'observation synoptique, transmis chaque trois (03) heures à partir de 00h (UTC).
- **METAR**: message d'observation météorologique destiné à l'Aéronautique émis toutes les 30 ou 60 minutes selon la vocation de la station météorologique.
- **CLIMAT**: message météorologique transmis chaque mois renfermant un résumé des informations climatiques observées dans une station météorologique donnée.
- **AGMET**: message météorologique contenant un résumé des informations climatiques observées dans une station météorologiques et relatives à une décade donnée (10 jours).
- **TEMP**: message d'observation en altitude contenant des informations et à différents niveaux de pression, sur la température, l'humidité et la vitesse du vent. Il est censé être élaboré chaque 12h.

3. Mise en œuvre de l'application :

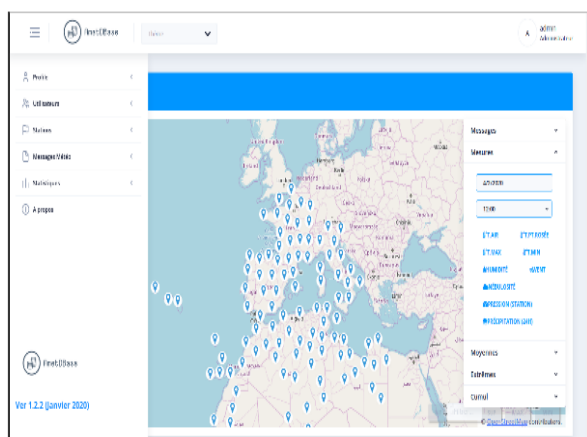
1. Conception

AMETDBase est une application Web respectant une architecture 3-tiers c'est-à-dire qu'elle est constituée d'une application cliente pour la consultation des données, d'un serveur pour la récupération, le décodage des messages et l'envoi de ces données à l'application cliente à partir de la base de données et d'un système de gestion de base de données (SGBD) pour le stockage des informations. Le serveur se présente sous forme d'un API REST et communique avec le client via le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol) afin de lui donner accès à des ressources protégées. Le schéma 1 illustre l'architecture générale de l'application AmetDBase.

Le choix de cette architecture est dicté par le fait qu'il offre beaucoup d'avantages ; Il permet notamment de séparer la couche métier (serveur) de la couche présentations (client), facilitant ainsi la refactorisation du code et la maintenance de l'application. Il donne une grande flexibilité dans le choix des technologies utilisées et permet ainsi d'adapter ces choix selon les besoins de l'application. L'architecture 3-tiers nous donne aussi plus de flexibilité dans l'allocation des ressources du fait de la portabilité du serveur qui est dissociée de l'application cliente.

2. Réalisation

AmetDBase a été réalisée en utilisant les langages de programmation suivants : Côté serveur, nous avons utilisé le Framework «Spring » basé sur le langage «JAVA» Afin d'effectuer la réception des messages, les décoder et transmettre les données à l'application cliente. Le Framework Spring offre beaucoup d'avantages ; Il est basé sur le langage java qui est très rapide en termes de vitesse d'exécution des programmes et dispose d'un grand nombre d'API (Application Programming Interface), offrant des solutions pour répondre à divers besoins de développement. Ce Framework possède une grande communauté de chercheurs développeurs contribuant à son évolution. Le Framework «Spring» nous permet aussi de sécuriser l'accès au serveur par l'application cliente en instaurant un système d'authentification sophistiqué. Les utilisateurs auront accès aux ressources gérées par le serveur selon les autorisations qu'ils disposent (Cogoluègues, 2009). Le Framework «Hibernate» est un Framework open source de type Object Relational Mapping (ORM), pris en charge par Spring pour la gestion de la persistance des objets dans les bases de données relationnelles (Cogoluègues, 2009). Son utilisation présente plusieurs avantages dont la génération du code SQL et son optimisation pour la récupération des données et la persistance des objets. Il supporte plusieurs langages pour l'interrogation des bases de données tels que le SQL «Structured Query Language» ou le langage d'interrogation orienté objet appelé HQL «Hibernate Query Language». Il permet aussi de rendre le code portable dans le cas de changement de SGBD sans avoir à modifier le code du serveur (Patrio, 2007). Côté Client, nous avons utilisé le Framework «Angular» basé sur le langage «TypeScript», permettant de réaliser des applications Web dites «Single Page Application (SPA)». Les applications Web monopages ont pour but d'éviter le chargement d'une nouvelle page Web à chaque action demandée, permettant ainsi de fluidifier l'expérience utilisateur et de gagner en temps de réponse. Angular est basé sur une architecture modulaire et utilise le patron de conception «Composant» (Component pattern) qui permet l'utilisation de plusieurs petites unités logiques appelées composants afin d'aboutir à un produit fini représenté par une application Web (Hennessy et Arora, 2016). En ce qui concerne le système de gestion de base de données (SGBD), nous avons opté pour le SGBD « PostgreSQL ». Ce dernier



dispose d'une communauté active et importante de contributeurs ; il est optimisé pour gérer des bases de données relationnelles est donc adapté aux données traitées par l'application « AmetDBase » très volumineuses et offre de meilleures performances que ses concurrents dans la plupart des cas.

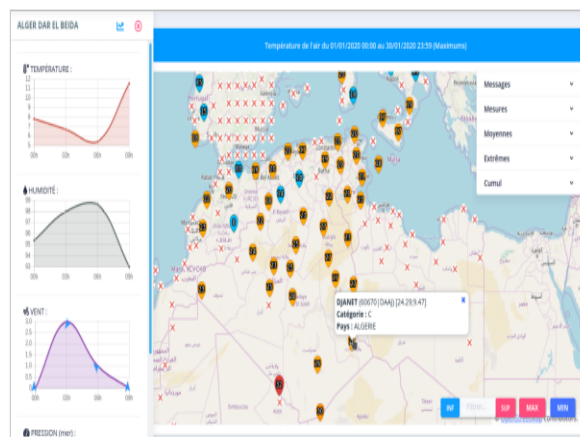
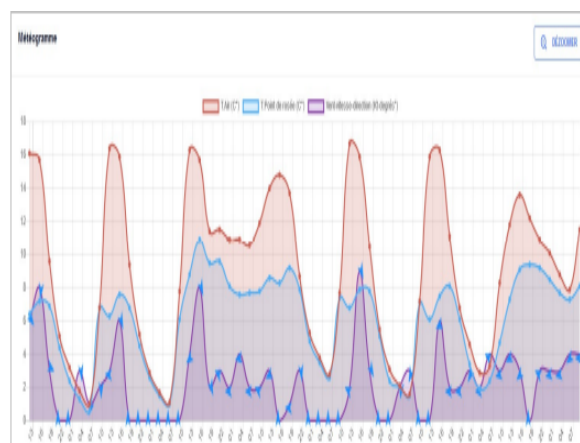
4. Fonctionnalités de l'application :

Après que l'utilisateur se soit authentifié, il est redirigé directement vers la page d'accueil. Le menu à gauche de l'écran permet d'afficher un menu de navigation vers les différents composants de l'application.

Le menu « Extrêmes » offre la possibilité d'afficher les seuils minimaux et maximaux d'un paramètre donné dans un intervalle de temps. Enfin le menu « Cumul » permet de calculer le cumul des précipitations dans un intervalle de date donné. L'application « AmetDBase » offre plusieurs fonctionnalités qui peuvent être résumées comme suit : Récupération et décodage des messages météorologiques SYNOP, METAR, AGMET, CLIMAT et TEMP de manière automatique. Consultation des messages et des informations issues de leur décodage. Affichage d'un tableau de bord concernant les données contenues dans les messages afin de faciliter leur visualisation.

Affichage des données concernant les paramètres météorologiques sous forme de graphiques pour suivre leur évolution dans le temps.

Affichage d'une carte géographique indiquant la position des stations météorologiques dans le domaine géré par l'application. Cette carte permet aussi de vérifier l'envoi des messages par les stations selon leur catégorie et les heures standards d'envoi de ces messages. Représentation des données météorologiques (Température, humidité, pression.. etc.) sur la carte pour toutes les stations répertoriées dans la base de données. Affichage des données calculées à partir de ces informations tel que les moyennes, les extrêmes et les cumuls (précipitations, neige ... etc.). Gestion des utilisateurs accédant à l'application selon leurs rôles et leurs privilèges. Les utilisateurs peuvent consulter le



manuel d'utilisation expliquant en détails comment utiliser l'application « AmetDBase ». En effet, l'accès à la plateforme de l'application « AmetDBase » se fait via l'adresse suivante : <http://ametdbase.meteo.dz>

5. Conclusion

L'application « AmetDBase » facilite grandement le travail des météorologues en automatisant le système de récupération et en procédant au décodage des différents messages météorologiques ainsi que l'affichage des données contenues dans ces derniers sous forme de tableaux de bord, de graphiques et de cartes météorologiques, permettant ainsi d'offrir une vue synthétique des données climatologiques véhiculées à travers ces messages. AmetDBase demeure en plus, un moyen d'archivage de données climatologiques consultables à tout moment. La mise à jour continue des données décodées issues des différents messages transmis via le système de télécommunication permet d'offrir un accès rapide à l'information. Le chef de station, le chef du département régional et les cadres de l'ONM pourront vérifier si les stations ont bien transmis leurs messages et à quel moment. Ils pourront également s'informer sur les cumuls pluviométriques de la journée précédente, les maximums et les minimums des températures de n'importe quelle station dans le domaine géré par l'application.

Elle permet aussi d'effectuer des statistiques sur les données observées et transmises par les messages (Moyennes, extrêmes, calcul des cumuls). Ces données pourront être utilisées par la suite à des fins de recherche scientifique et de surveillance de l'évolution du climat et permettent ainsi de simplifier le processus de production des cartes météorologiques, des rapports d'observation ainsi que d'autres types de produits.

Références

- [1]]Arnaud Cogoluègues. Spring par la pratique. In Spring par la Pratique. Editions Eyrolles, 2009.
- [2]]Anthony Patricio. Java persistence et hibernate. In Java Persistence et Hibernate, pages 4-5. Editions Eyrolles, 2007.
- [3]]Kevin Hennessy Chandermani Arora. Jangular 2 by example. In Angular 2 By Example, pages 29-34. Packt Publishing Limited, 2016.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui ont apporté une contribution en forme de remarques ou propositions pour mener à bien ce projet, notamment Mr. AOUNALLAH Mehdi.

Vigilance crues d'Oueds

Oussama DOUBA^{1*}, Ghanem BEHAZ¹, M'hamed BOURSSIA¹, Lyes SADEG¹

Abstract

La problématique des risques naturels en général et des Inondations en particulier est un sujet d'actualité qui marque une action mémorable dans le monde. Les inondations, conséquence des crues, sont considérées en Algérie comme l'une des catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus meurtrières, car la méditerranée occidentale est considérée comme la région la plus cyclo-génétique dans le monde. Cet article présente une étude préliminaire de prévision des crues sur tous les bassins versants du domaine Algérie en utilisant le modèle de la surface externalisée SURFEX (Le Moigne, 2018) forcé avec les sorties des deux modèles opérationnelles ALADIN/AROME et couplés au modèle ISBA-TOPMODEL (Vincendon, 2010) qui représente la partie hydrologie. Les résultats obtenus montrent une meilleure approche de la prévision des crues. Mots clés : crue, prévision, bassin versant, Modèle hydrologique, SURFEX, ISBA-TOPMODEL.

Keywords

crue, prévision, bassin versant, Modèle hydrologique, SURFEX, ISBA-TOPMODEL.

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant: douba.oussama69@gmail.com

Contents

Introduction	1
1 Méthodologie	1
2 Descriptions des expériences	2
3 Conclusion	2

La prévision des crues et donc des inondations reste aujourd'hui un défi pour assurer la sécurité des biens et des personnes. Les niveaux et les débits d'un cours d'eau dépendent étroitement des interactions à différentes échelles entre les précipitations, les caractéristiques géométriques du cours d'eau et les propriétés topographiques, géologiques et pédologiques du bassin versant. Le modèle hydrologique, utilisé dans notre étude est SURFEX V8 qui utilise une base de données de 1Km de résolution (ECOCCLIMAP). L'objectif de ce travail est de donner une meilleure prévision des hauteurs d'eau et des débits, sur chaque tronçon de toutes les rivières, issues de modèles hydrologiques utilisés dans le cadre opérationnel de la prévision des crues à partir d'un forçage avec les sorties de modèle opérationnel ALADIN. Ces prévisions reposent sur une modélisation à deux dimensions (2D) de l'hydrodynamique du cours d'eau à partir du code hydraulique 2D basé sur la résolution des équations de Saint-Venant. Cette étude s'inscrit dans un contexte collaboratif : la modélisation hydrologique par la plateforme de SURFEX, les méthodes numériques, la prévision opérationnelle, la partie découpage et la partie informatique. L'ensemble de ces travaux a permis de réaliser un travail de prévision des risques des inondations à partir des données des modèle opérationnel ALADIN et AROME (Termonia et al. 2018), la figure 1 présente le champ de précipitations du modèle ALADIN utilisé pour le forçage de

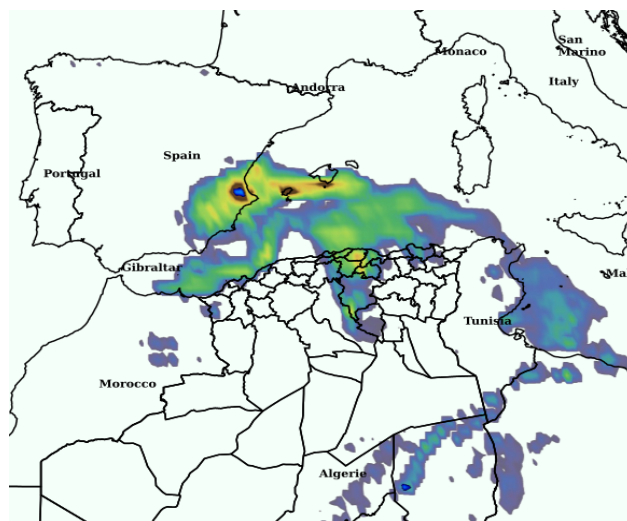


Figure 1. Le champ de précipitations du modèle ALADIN utilisé pour le forçage du modèle hydrologique.

modèle hydrologie de SURFEX (ISBA-TOPMODEL).

1. Méthodologie

Dans notre étude nous avons travaillé avec le modèle SURFEX (Surface externalisée) en mode offline forcé par les sorties des deux modèles opérationnels ALADIN et AROME utilisant onze (11) paramètres météorologiques (température à deux (02) mètres, humidité à deux (02) mètres, précipitations, pression...etc). SURFEX est un code autonome de surface qui permet de simuler les flux échangés entre la surface et l'atmosphère. 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 surface occupée par chacune des surfaces est obtenue grâce à la base de données ECOCLIMAP (Masson et al. 2003), et chaque surface élémentaire est représentée par un schéma physique. Dans notre cas d'étude on s'est intéressé à la surface élémentaire continent (sol et végétation) qui est représentée par le schéma physique ISBA (Interaction Sol-Biosphère-Atmosphère), ce schéma permet de représenter les surfaces continentales dans les modèles atmosphériques et hydrologiques. Il est considéré comme une composante de la plateforme de modélisation SURFEX, qui représente aussi les surfaces urbaines, les lacs et les océans par défaut. ISBA comporte plusieurs modules permettant de simuler les transferts d'eau et de chaleur dans le sol, la végétation, la neige, et l'hydrologie superficielle (drainage et ruissellement). Dans notre modèle, le couplage d'ISBA a été activé avec le modèle hydrologique TOPMODEL (Vincendon et al., 2010). Dans ISBA le transfert de l'eau se produit verticalement entre les colonnes de sols, mais l'approche TOPMODEL (Vincendon et al., 2010) permet d'introduire des transferts d'eau latéraux dans le sol. Cette approche prend en compte la variabilité spatiale des précipitations entre les bassins versants. D'après Bouilloud et al., 2010 et Vincendon et al., 2010 Le couplage ISBA-TOPMODEL consiste d'abord à paramétrer la génération de ruissellement suivant l'approche TOPMODEL. De plus, des routines visant à transférer l'eau jusqu'au débouché des rivières ont été introduites.

La figure 2 montre le schéma de couplage ISBA-TOPMODEL avec tous les détails nécessaires. L'approche TOPMODEL a tenté de combiner les effets distribués les plus importants de la topologie du réseau de canaux et les zones contribuant de façon dynamique à la génération du ruissellement (Beven et Kirkby 1979, Silvapalan et al. 1987). TOPMODEL décrit généralement l'évolution d'un déficit de stockage de l'eau près de la surface du sol, qui réagit de manière quasi instantanée après les événements pluvieux (Beven et Kirkby, 1979). Pour les degrés de vigilance des oueds, nous nous sommes appuyés sur une instruction de travail élaborée au niveau du Centre National des Prévisions Météorologiques (ONM), qui a porté sur la détermination des seuils de vigilance opérationnels, concernant les paramètres météorologiques usuels.

2. Descriptions des expériences

Dans notre expérience nous avons exécuté le modèle SURFEX en mode offline, forcé avec les sorties du modèle opérationnel AROME à 3 km de résolution horizontale pour la région nord et ALADIN à 6km de résolution horizontale pour la région sud de l'Algérie, et nous avons activé l'approche ISBA-TOPMODEL de SURFEX pour estimer les deux paramètres principaux : le ruissellement et le drainage afin de déterminer les zones de risque de crues/inondations.

Afin de bien exploiter les données de ces deux paramètres, nous avons développé un nouveau produit informatique

qu'on peut alimenter avec les sorties de modèles SURFEX, il s'agit d'une carte de prévision des risques de crues.

La réalisation de cette carte est basée sur plusieurs étapes, la première étape consiste à coupler le modèle hydrologique SURFEX avec le TOPMODEL et l'exécuter en mode offline. Afin de déterminer le niveau de vigilance des oueds, nous avons fixé des seuils fictifs pour chaque bassin versant.

A signaler que le codage de ce modèle repose sur le système des frameworks (BackEnd et FrontEnd) pour assurer la flexibilité et la maintenance. Nous avons décodé les sorties de modèle SURFEX pour chaque point de grille et nous avons interpolé ces données avec la technique d'interpolation PAD (DOUBA et al. JAMA 2019) sur les points des rivières de chaque bassin versant. La figure 4 montre une première carte de l'application de prévision des crues.

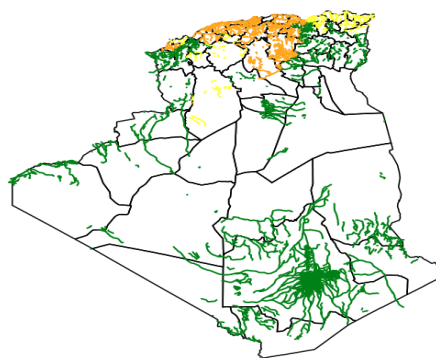


Figure 4. Carte de prévision des risques de crues/inondations.

3. Conclusion

Cette étude préliminaire sur la prévision des risques de crues nous a permis de mettre en place un outil permettant d'anticiper de façon objective l'occurrence de ce phénomène, à condition que les seuils critiques soient élaborés pour tous les bassins versants du pays. L'utilisation de SURFEX comme un code de surface externalisé en mode offline nous permet de faire extraire les deux paramètres principaux pour déterminer le risque des crues qui pose un problème réel pour la sécurité des personnes et des biens. La validation de l'étude avec des seuils climatiques pour chaque bassin versant contribuera à coup sûr à atténuer les effets des crues/inondations car ces derniers nous permettront d'élaborer un produit de gamme supérieure.

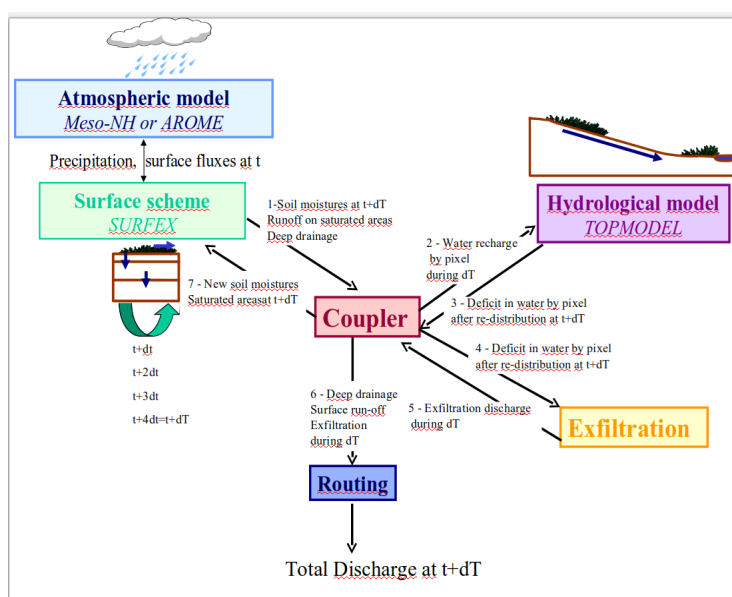


Figure 2. Schéma de couplage SURFEX (ISBA-TOPMODEL), (Vincendon et al., 2010 Météo France).

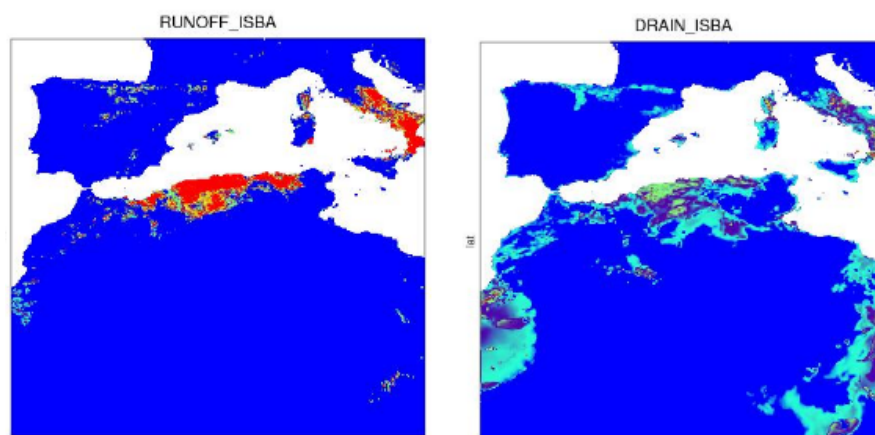


Figure 3. Les sorites du modèle SURFEX, le ruissellement à gauche et le drainage à droite.

Références

- [1] Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, E., 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.
- [2] Douba, O., Bouzghaia, M., Mokhtari, M., (2018). Comparaison entre les méthodes d'interpolation spatiale: Application aux grilles des modèles ALADIN et AROME. *Journal Algérien de la Météorologie Appliquée (JAMA)*.
- [3] C. Furusho, K. Chancibault, H. Andrieu, Adapting the coupled hydrological model ISBA-TOPMODEL to the long-term hydrological cycles of suburban rivers: Evaluation and sensitivity analysis, *Journal of Hydrology* 485 (2013).
- [4] Boone, A., 2000. Modélisation des processus hydrologiques dans le schéma desurface ISBA: inclusion d'un réservoir hydrologique, du gel et modélisation de laneige. Ph.D. thesis, Université Paul Sabatier Toulouse III, 252 p.
- [5] Bouilloud, L., Chancibault, K., Vincendon, B., Ducrocq, V., Habets, F., Saulnier, G.M., Anquetin, S., Martin, E., Noilhan, J., 2010. Coupling the ISBA land surface model and the TOPMODEL hydrological model for Mediterranean flash-flood forecasting: description, calibration, and validation. *Journal of Hydrometeorology* 11, 315–333.
- [6] Habets, F., Boone, A., Champeaux, J.L., Etchevers, P., Franchistéguy, L., Leblois, E., Ledoux, E., Moigne, P.L., Martin, E., Morel, S., Noilhan, J., Seguí, P.Q., Rousset-Regimbeau, F., Viennot, P., 2008. The SAFRAN-ISBA-

MODCOU hydrometeorological model applied over France. *Journal of Geophysical Research* 113, 18 p.

- [7] Vincendon, B., Ducrocq, V., Saulnier, G., Bouilloud, L., Chancibault, K., Habets, F., Noilhan, J., 2010. Benefit of coupling the ISBA land surface model with a TOPMODEL hydrological model version dedicated to Mediterranean flash-floods. *Journal of Hydrology* 394, 256–266.
- [8] P. Le Moigne, C. Albergel, A. Boone, S. Belamari, B. Decharme, M. Dumont, V. Masson. *Surfex scientific documentation*, CNRM, 2018.
- [9] Douba, O., Bouzghaia, M., Mokhtari, M., (2018). Comparaison entre les méthodes d'interpolation spatiale: Application aux grilles des modèles ALADIN et AROME. *Journal Algérien de la Météorologie Appliquée (JAMA)*.
- [10] Hamadache B., et al., *Instruction de Travail pour l'actualisation des seuils de BMS et la procédure inhérente à la carte de vigilance par aléa météorologique*. CNPM, ONM, 2018.

Conception et développement d'un programme de filtrage et d'extraction des messages SYNOP des stations automatiques reçus de DCP_EumetSAT

Hacina CHELLAL^{1*}

Abstract

Une application permettant le filtrage et l'extraction des messages synoptiques reçus des stations d'observation automatiques via le système DCPEumetsat a été développée. En premier lieu, les messages sont dirigés vers le système MESSIR-SAT sous un format texte puis vers le système MESSIR-COMM. Ensuite, ils sont retransmis vers une machine de traitement pour extraire ceux qui sont envoyés par les stations automatiques du réseau national. L'étape suivante consiste en leur recodage sous un format adéquat avec entête pour pouvoir les rediffuser via le MESSIR-COMM sur le Système Mondial des Télécommunications (SMT).

Keywords

DCP_EumetSat, SYNOP, MESSIR-COMM, MESSIR-SAT, Observation

¹ a Office national de la météorologie (CNTM-ONM), Dar El Beida, Alger

*Correspondant: H. CHELLAL, email : h.chellal@meteo.dz

Contents

Introduction	1
1 Présentation du système MESSIR	1
2 Conception et réalisation	2
3 Conclusion	2

Les Systèmes de Collecte de Données (en anglais : Data Collection Systems DCS, <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/MeteosatDataCollectionServices>) sont fournis par plusieurs opérateurs de satellites météorologiques géostationnaires, ce qui donne une couverture presque totale du globe, à l'exception des régions polaires. Ce système est particulièrement utile pour la collecte de données à partir d'endroits éloignés et inhospitaliers où il peut offrir la seule possibilité de relais de données. La couverture actuelle de DCS est prise en charge par Meteosat 11 et 8, et le sera également pour la troisième génération de Meteosat (MTG). Le réseau d'observation national compte 14 stations automatiques qui utilisent ce type de système pour transmettre leurs données au réseau mondial et en particulier à celui de l'ONM via une station de réception MESSIR-SAT. Les messages d'observation reçus au niveau de l'ONM sont volumineux et non filtrés et contiennent d'autres données des pays qui utilisent ce même système de transmission. Ce qui rend difficile l'exploitation de ces messages et leur contenu par notre service de prévision. L'objectif de ce travail est de développer une application permettant l'extraction des messages reçus des stations d'observation automatiques nationales depuis le message global de base puis le rediffuser via MESSIR-COMM pour l'exploitation. Le chapitre 2 de ce présent article sera consacré à la présentation de façon succincte du système de collecte et de diffusion des données de l'ONM, en l'occurrence : Messir-COMM. Puis, nous expliciterons dans le chapitre 3 les étapes de réalisation de

l'application avec des exemples de messages élaborés par cette dernière.

1. Présentation du système MESSIR

Le système MESSIR est un autocommutateur de messages du Système Mondiale de Télécommunication (SMT) et aussi un système de télécommunication qui reçoit et distribue tous types de données et produits météorologiques selon les standards de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et de l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile à savoir :

- Messages texte (SYNOP, TEMP, METAR...)
 - Produits binaires : GRIB, BUFR, T4-DFAX
 - Images satellite et images Radar
 - Fichiers au format OMM Non-standard (.doc, .bmp etc...).
- Ce système est développé par la société internationale française COROBOR-Systems (<https://www.corobor.com/>) en 1992.

Le système MESSIR est mis en place à l'ONM en 2003. Les composants opérationnels à l'ONM, sont les suivants :

- MESSIR-COMM : Autocommutateur de messages SMT et système de télécommunication avec la version actuelle V 8.4.8.6-JBF
- MESSIR-COMM Supervision : Position de supervision pour les serveurs MESSIR-COMM administrateur.
- MESSIR-VISION : Station de travail du prévisionniste permettant l'affichage pour l'exploitation opérationnelle de tous les produits météorologiques.

- MESSIR-AERO: Station de travail permettant l'assistance aéronautique et dédiée à la préparation et la production de dossiers de vols pour les pilotes.
- MESSIR-SAT Server: Acquisition et distribution des produits MSG
- MESSIR-SAT: Affichage, animation et impression des données MSG
- MESSIR-MEDIA: Préparation et production de bulletins Météorologiques destinés à la Télévision

2. Conception et réalisation

Le réseau d'observation national compte 14 stations automatiques fonctionnelles, qui sont réparties comme suit : Une (01) à Illizi, deux (02) à Djanet, trois (03) à Tamanrasset et huit (08) à Alger. Les données de ces stations sont transmises via le système DCP_Eumetsat vers une station MESSIR-SAT sans entêtes. Les données transmises sont mélangées avec d'autres données provenant des stations internationales similaires utilisant ce même mode de transmission. Nous avons développé une application qui permet l'extraction des messages qui sont envoyés par les stations d'observation automatiques nationales depuis le message global puis le rediffuser dans le réseau de l'ONM via MESSIR-COMM pour l'exploitation. L'application développée nécessite trois phases: réception, traitement et diffusion. La figure 1 schématise ces trois étapes.

Phase de réception :

La réception des données envoyées par DCP_Eumetsat se fait via le serveur MESSIR-SAT. Le fichier reçu au niveau de l'ONM regroupe tous les messages transmis par ce système au même moment. Ensuite le serveur MESSIR-SAT transfère le fichier original vers le serveur MESSIR-COMM pour diffusion. La figure 2 montre un exemple de contenu de fichier original reçu sur la plateforme MESSIR-SAT.

Phases de traitement et extraction :

Cette phase constitue la partie originale de ce travail. Il s'agit de récupérer le fichier d'origine depuis MESSIR-COMM puis le traiter afin d'extraire les messages envoyés par les stations automatiques. Le programme développé permettant ce traitement est basé sur le langage PHP (Ph. Rigaux, 2009 ; J. Valade, 2017). Les messages transmis par les stations automatiques nationales sont repérés en se basant sur trois indicateurs :

- 1- Le début de message commence par le chiffre « 60 » (ex :60372, 60379).
- 2- Le contenu de message commence par la chaîne de caractère « AAXX »
- 3- Et enfin, la fin du message est repérée par le symbole « = »

Après le repérage, les messages sont recodés sous un format approprié en leur affectant des entêtes bien définies qui sont spécifiques au domaine Algérie, pour que ces derniers soient reconnus par le système MESSIR-COMM. On distingue trois catégories d'entêtes :

- SMAL77 Indicatif OACI pour les réseaux principaux de la station indiquée : "0000", "0600", "1200" et "1800".

Exemple :

```
SMAL77 DAAG 221400
AAXX 22141
60374 36/// /3110 10182 20122
333 20181=
- SIAL77 Indicatif OACI pour les réseaux
intermédiaires de la station indiquée :
"0900", "1500", "2100" et "0300".
```

Exemple :

```
SIAL77 DAAG 220900
AAXX 22091
60376 36/// /2605 10196
- SNAL99 Indicatif OACI pour les réseaux
horaires de la station indiquée.
```

Exemple :

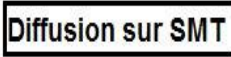
```
SNAL99 DAAG 221400
AAXX 22141
60372 46/// /3209 10168
```

Phase diffusion

Une fois traités et codés selon les normes, les messages sont ordonnés et puis transmis de nouveau vers MESSIR-COMM pour la diffusion sur le réseau SMT. La figure 2 montre un résultat de traitement de fichier d'origine mis en ordre et transmis vers MESSIR-COMM pour diffusion.

3. Conclusion

Un code informatique permettant l'automatisation du filtrage et de l'extraction puis la rediffusion pour l'exploitation des données d'observations reçues via les stations DCP_Eumetsat a été développé. Cette application est mise en opérationnel à l'ONM depuis Mai 2019. Les données extraites par cette application viennent enrichir notre base de données d'observation. Dans un proche avenir, le champ d'application de cet outil sera élargi, notamment pour extraire les données des stations des pays qui se trouvent à l'intérieur du domaine ALADIN pour pouvoir les utiliser localement dans la chaîne d'assimilation de données.



DCP_Eumetsat.

```
<IXXXX=DAAP;60650;000525320000>  
<T1604=124;00;00;01;000;000;00;00;+087;60;+101;05;+090;////;028;22;031;49;60;00;031;///;0000;00;////;////>  
<Z4000=AAXX 25234  
60650 46/// 00000 10087 21082=>
```

Figure 2. Exemple de contenu de fichier original reçu sur la plateforme MESSIR-SAT.

Du circuit	Heure Rx	CSN Rx	Taille	En-tête	Début du texte
DCP_EumetS...	22 14:36:07	404	62	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60376 46/// /2701 1020...
DCP_EumetS...	22 14:36:07	404	64	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60394 46/// /2604 1021...
DCP_EumetS...	22 14:36:07	404	64	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60374 46/// /3007 1018...
DCP_EumetS...	22 14:31:09	404	62	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60380 46/// /3107 1020...
DCP_EumetS...	22 14:31:09	404	64	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60379 46/// /2901 1021...
DCP_EumetS...	22 14:31:09	404	64	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60373 46/// /3107 1018...
DCP_EumetS...	22 14:31:09	404	64	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60381 46/// /2604 1022...
DCP_EumetS...	22 14:31:09	404	64	SNAL99 DAAT 221400	AAXX 22144..60679 46/// /0304 1015...
DCP_EumetS...	22 14:26:08	403	62	SNAL99 DAAP 221400	AAXX 22144..60672 46/// /0906 1021...
DCP_EumetS...	22 14:21:08	401	62	SNAL99 DAAJ 221400	AAXX 22144..60662 46/// /3508 1020...
DCP_EumetS...	22 14:21:08	401	64	SNAL99 DAAG 221400	AAXX 22141..60370 46/// /2606 1020...
DCP_EumetS...	22 14:21:08	401	64	SNAL99 DAAT 221400	AAXX 22144..60692 46/// /0000 1030...
DCP_EumetS...	22 14:21:08	401	64	SNAL99 DAAJ 221400	AAXX 22144..60664 46/// /0000 1024...

SNAL99 DAAG 221400
AAXX 22141
60376 46/// /2701 10204 20104=

Figure 3. Résultats du traitement des fichiers d'origine mis en ordre et transmis vers MESSIR-COMM pour diffusion.

Références

- [1] Philippe Rigaux, PRATIQUE DE MySQL ET PHP, Conception et réalisation de sites web dynamiques 4 eme édition Parution le 25/02/2009.
- [2] Janet Valade: PHP et MySQL pour les nuls 538 pages, parution le 17/08/2017 (6eme édition)
- [3] HOTLINE COROBOR Systèmes, Systèmes MESSIR–Manuel de Maintenance, V7.6.4 Avril 2013.

Implémentation et validation d'un système de prévision des vagues près des côtes

N. Kessali^{1*}, M. Bouhamadouche², Y. Hemdane²

Abstract

Les vagues près des côtes Espagnoles (Nord-Est) ont été simulées pendant le mois de Janvier 2017 en utilisant un système composé de deux modèles spectraux respectivement SWAN et WaveWatch III (WW3), la grille de faible résolution (WW3) fournit les spectres d'énergies à la seconde grille de haute résolution (SWAN) sur ses frontières chaque heure.

La performance WW3 et SWAN a été évaluée par rapport aux observations mesurée par la bouée de Tarragona (41.07°N, 1.19°E) située à une profondeur d'environ 15m. WW3 doté de sa paramétrisation côtière et hauturière a montré une bonne corrélation ($r = 0.92$) avec les hauteurs des vagues (H_s) de même que le modèle SWAN, tandis que pour les hauteurs maximales ($H_s > 3m$) ont été sous-estimées par SWAN et relativement mieux saisies par WW3.

Les périodes moyennes (T_{m02}) moins bien restituées par SWAN ($r = 0.47$) que WW3 qui a présenté un coefficient de corrélation plus important ($r = 0.66$). Mots clés : vagues, périodes moyennes, WW3, SWAN, côtes Espagnoles.

Keywords

Température maximale, Vague de chaleur, Modèle ALADIN, Modèle AROME.

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

² USTHB, Faculté des Sciences de la Terre, Géographie et de l'Aménagement du Territoire, Bab Ezzouar, Alger

*Correspondant: n.kessali@usthb.dz

Contents

Introduction	1
1 Méthode et matériels	2
1.1 Zone d'étude	2
1.2 Les modèles de vagues	2
1.3 Les données observées	2
1.4 Méthode d'évaluation de la performance	3
2 Résultats et discussion	3
3 Conclusion	3
References	4

La modélisation atmosphérique et des vagues en mer méditerranée revêt d'un caractère particulier comparée aux autres zones géographiques ouvertes à l'océan cela est dû à une forte présence orographique entourant le bassin, à la complexité de la bathymétrie et à un fetch limité notamment le vent, fortement influencé par l'orographie. Le littoral est impacté par les forçages induits par les différents régimes des houles occasionnant une dégradation des structures portuaires, les installations industrielles en mer (offshore), aussi ils sont à l'origine des phénomènes d'ensablement et d'érosion, par conséquent l'information sur les paramètres hydrodynamiques tout le long du littoral est indispensable pour les travaux d'ingénierie côtière ou océanique (installation offshore), notamment les études des dimensionnements portuaires.

La sous-estimation des hauteurs de vagues sur une zone

d'étude conduit par exemple à une construction de structure de faible résistance et une surestimation conduit à une sur-conception et un coût très élevé du projet. La précision des paramètres hydrodynamiques est devenue donc cruciale et très importante pour les projets de grande envergure en mer et sur les zones côtières, les concepteurs des modèles numériques de prévision des vagues tentent de produire des modèles de plus en plus réalistes. L'absence ou le manque de la mesure in-situ sur certaines zones peut être comblé par les paramètres fournis par les modèles numériques et l'observation satellitaire et constituent de ce fait un outil précieux pour l'estimation des hauteurs de houles. Cependant, l'observation in-situ ou altimétrique est indispensable pour l'estimation de la performance des modèles.

Les modèles numériques tels que WAM (WAMDI Group, 1988), WWIII [1], Simulating Waves Nearshore (SWAN) [2] sont couramment utilisés [3], les modèles WAM et WWIII sont plus appropriés pour la modélisation globale ou régionale tandis que le modèle SWAN est destiné pour les applications côtières. Ces dernières années, la demande de l'information sur les états de mer a particulièrement augmentée et devenue incontournable du fait de son importance pour le transport maritime (routage), les gardes côtes, le secteur de la pêche, les activités portuaires (installation des structures, digues, épis, etc...). Par conséquent, la fiabilité de la prévision des vagues représente un défi pour la communauté scientifique, la calibration de l'état de l'art (modèles de vagues et océaniques) est devenue une priorité en ce

sens qu'on doit quantifier, du point de vue opérationnel, les erreurs du modèle afin de déterminer le degré de confiance qu'on devrait lui accorder. Sachant que les modèles sont très sensibles aux variations des champs de vents, la qualité de la prévision dépend essentiellement de la qualité et la précision de ces derniers, en effet, plusieurs études climatologiques des vagues ont montrés que les modèles de vagues [4] sont très sensibles à la précision du vent et à la bathymétrie [5]. Une évaluation de la performance du système a été effectuée par une analyse des vagues issues du modèle spectrale WWIII par les observations de la bouée au point $39.5550^{\circ}N, 2.1017^{\circ}E$ située en eau profonde et le modèle SWAN par les observations de la bouée au point $41.07^{\circ}N, 1.17^{\circ}E$ située en eau peu profonde, durant le mois de janvier 2017.

1. Méthode et matériels

Zone d'étude

La zone sélectionnée pour notre étude est Tarragone située au Nord-Est de la péninsule ibérique (Espagne), (Fig. 1). Cette zone est exposée aux régimes de houles et vagues Est à Nord-est formées sur le golfe du Lion ou de Gène, dominée par une mer du vent et houles durant la période hivernale.

Les modèles de vagues

Nous avons utilisé le modèle WWIII (WaveWatch 3) la version 5.16 développé à la NOAA/NCEP (National Centers for Environmental Prediction) et le modèle SWAN 41.20 développé à l'Université Technologique DELFT (Hollande), WW3 est l'un des outils efficace pour les études de modélisation numérique des vagues à l'échelle globale et régionale et il est implémenté dans différentes régions du monde pour les études de l'évolution du spectre des vagues, des interactions air-surface de la mer et les interactions non linéaires vague-vague en haute mer [1]. Par contre le modèle SWAN a été développé pour estimer les paramètres de vagues près des régions côtières. SWAN est moins performant en eau profonde utilise le schémas implicite tandis que WW3 utilise le schémas semi-implicite pour les sources termes. Donc, l'imbrication de SWAN dans WW3 est une option pratique pour la simulation des paramètres hydrodynamiques en eau peu profonde. La physique du modèle WW3 est décrite dans plusieurs ouvrages que nous avons utilisé références [1] et [2].

Dans cette étude, deux grilles sont utilisées l'une (SWAN) imbriquée dans l'autre (WW3).

La grille équidistante de faible résolution s'étend du $30^{\circ}N$ au $46^{\circ}N$ et du $6^{\circ}W$ au $36.30^{\circ}W$ dont le nombre de point est de 142054 avec une résolution de 0.3° (Fig. 1).

La grille de haute résolution utilisée pour le modèle SWAN s'étale sur un domaine du $40^{\circ}N$ au $42^{\circ}N$ et du $0.25^{\circ}W$ au $1.75^{\circ}E$ dans 2010201 points équidistants avec une résolution de 0.01° . Le système de grilles emboîtées permet de simuler les houles générées sur le golfe du Lion ou de Gène se propageant vers le Nord-Est de l'Espagne. Les données

bathymétriques contenue dans la base de donnée ETOPO1 [6] disponible sur le site du NGDC (National Geophysical Data Center) sont utilisées pour les simulations WW3 tandis que GMRT a été utilisée pour les simulations SWAN afin de respecter au mieux les variations bathymétriques près des côtes.

Le vent utilisé dans cette étude provient de la base de donnée ERA5 avec une résolution temporelle de 03 heures et une résolution spatiale de 0.3° et 0.01° respectivement pour WW3 et SWAN.

La discrétisation spectrale est en progression géométrique pour faciliter le calcul des interactions non-linéaires avec un facteur de progression de 1.1, une fréquence minimale de $0.04Hz$ et une fréquence maximale de $1Hz$ sur 24 directions en prenant en compte 25 fréquences pour WW3 et 36 directions chaque 10° pour le modèle SWAN en prenant soins d'éviter de faire coïncider les deux spectres. Les spectres d'énergies bidimensionnels sont calculés par WW3 avec une physique différente de SWAN seront fournis aux frontières du domaine SWAN pour chaque heure.

Les processus physiques pris en compte pendant l'intégration sur la grille SWAN sont le déferlement provoqué par la variation de la profondeur (Hasselmann et al. 1973), les frottements par le fond, l'augmentation de l'énergie de la vague par le vent, le moutonnement et les échanges d'énergies par interactions non linéaires entre la vague quadruplet et Triad (Eldeberky, 1996). WW3 utilise quatre pas de temps pour l'intégration globale, propagation, directionnel, et source terme en secondes, le pas de temps de propagation est le premier à déterminer Δt_{xy} et doit satisfaire le critère de stabilité du calcul CFL (Courant-Friedrichs-Levy) qui dépend de la résolution de la grille, la latitude maximale et la première fréquence. $\Delta t_{xy} = 123766 \Delta x \cos d(\max lat) f$ (Spindler and Tolman, 2008). Le pas de temps global Δt_g est égal à 2 ou 3 fois le pas de temps de propagation Δt_{xy} , le pas de temps directionnel Δt_k est égal à $0.5 \Delta t_g$, dans cette étude le pas de temps des sources termes est mis à 15s qui est une valeur usuelle.

Les données observées

Les données mesurées proviennent de la base de données de « U.E Copernicus Marine Service Information » du réseau Espagnole REDCOS et REDEXT, pour la comparaison des simulations obtenues respectivement par le modèle SWAN avec les observations de la bouée côtière Tarragona (profondeur 15 m) (position géographique : $41.07^{\circ}N, 1.19^{\circ}E$), et les simulations obtenues par le modèle WW3 sont confrontées aux observations de la bouée située en eau profonde (688 m) (position géographique : $40.68^{\circ}N, 1.47^{\circ}E$) située au large de Tarragona pendant le mois de Janvier 2017. Le type du capteur de la bouée côtière est directionnel modèle Triaxys (réseau REDCOS), et la bouée au large dotée d'un capteur directionnel Met-Oce modèle SeaWatch (réseau REDEXT) fournissent des mesures d'états de mer pour chaque heure.

Méthode d'évaluation de la performance

Les résultats des modèles sont comparés statistiquement avec les données mesurées des bouées en utilisant quatre indicateurs d'écarts afin d'évaluer la performance du système (WW3/SWAN), le coefficient de corrélation linéaire de Pearson (R), le BIAIS, l'erreur quadratique moyenne (RMSE) et l'indice de dispersion (SI).

$$BIAIS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (m_i - o_i) \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (m_i - o_i)^2} \quad (2)$$

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{o}} \quad (3)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (m_i - \bar{m})(o_i - \bar{o})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (m_i - \bar{m})^2 (o_i - \bar{o})^2}} \quad (4)$$

Où m_i représentent les paramètres simulés et o_i représentent les paramètres mesurés est le nombre de total de points et $\bar{o}, \bar{m}$ représentent les valeurs moyennes.

2. Résultats et discussion

Pour évaluer la performance des modèles WW3 et le modèle côtier SWAN en eau peu profonde, les valeurs simulées H_s et la période moyenne des vagues ($Tm02$) ont été comparées aux valeurs mesurées par la bouée située en eau peu profonde ($\approx 15m$) du réseau de mesure Espagnole REDCOR. le modèle WW3 (version 5.16) en plus de la physique en haute mer (quadruplet et whitecapping), prend en compte également la physique du milieu peu profond notamment le déferlement, les interactions non linéaire vague-vague (TRIAD), la diffusion dû au fond (BS), et la dissipation dû à la variation de la profondeur.

D'après les résultats obtenus ci-dessous on remarque que SWAN sous-estime les valeurs des vagues supérieures à 3 mètres, tandis que WW3 a bien saisi la valeur maximale survenue entre le 21/01/2017 à 18h00 et 23h00, avec un coefficients de corrélation WW3(0.66) supérieur à celui de SWAN (0.47) pour les périodes moyennes des vagues.

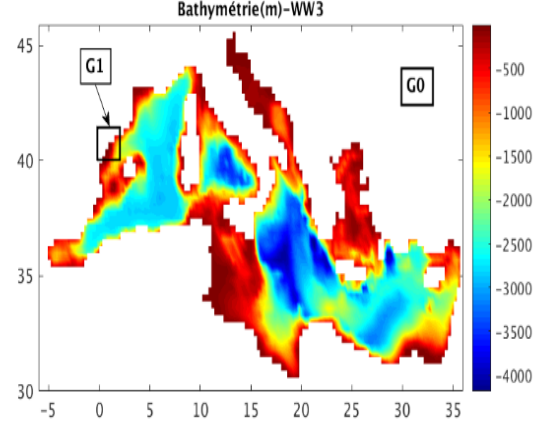


Figure 1. Positions des domaines WW3 (G0), SWAN(G1) et bathymétrie WW3.

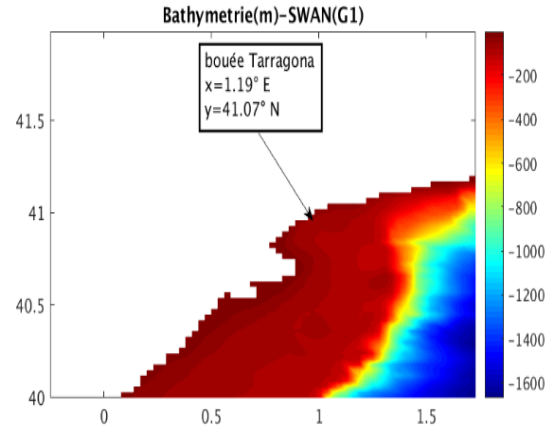


Figure 2. Position de la bouée côtière Tarragona, profondeur ($\approx 15m$).

3. Conclusion

La technique one-way a été utilisée afin d'effectuer un couplage de deux modèles de prévisions des vagues respectivement SWAN et WW3 pour obtenir des simulations des hauteurs des vagues (H_s) sur la zone côtière Nord-Est de la péninsule ibérique (Tarragona).

Les simulations des hauteurs de vagues obtenues des modèles SWAN et WW3 ont été comparées aux observations mesurées par la bouée côtière de Tarragone située en eau peu profonde ($\approx 15m$). les résultats obtenus montrent que WW3 a bien saisi les vagues supérieures à 3 mètres tandis que SWAN les a sous-estimées, de même pour les périodes moyennes ($Tm02$), WW3 présente une corrélation (0.66) supérieure à SWAN (0.47), cela est dû probablement, du fait que le SWAN n'a pas été forcé par les courants et niveaux, ces deux derniers influent beaucoup sur les hauteurs (H_s) et notamment sur les directions des vagues (phénomènes de réfraction). Afin d'améliorer les performances de SWAN

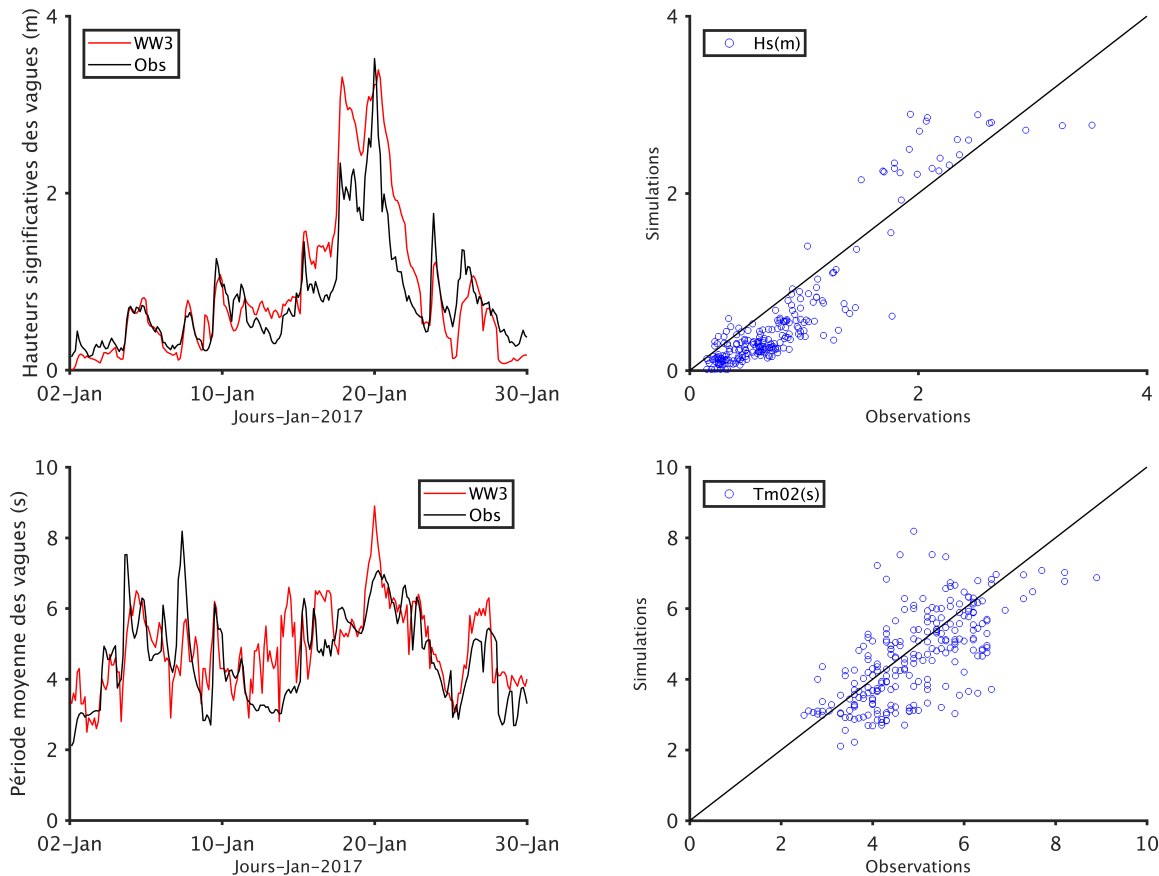


Figure 3. Comparaison des hauteurs significatives des vagues (H_s) et les périodes moyennes des vagues (T_{m02}) du modèle WW3 en un point peu profond (à gauche) pendant le mois de Janvier 2017 et les scatter plot pour la même période (à droite).

il faut faire des tests en utilisant comme forçage des vents (u_{10} , v_{10}) de bonnes qualités avec une résolution assez fine (au moins 03km), les courants côtiers et les niveaux d'eaux.

References

- [1] Arun Chawla, Hendrik L Tolman, Vera Gerald, Deanna Spindler, Todd Spindler, Jose-Henrique GM Alves, Degui Cao, Jeffrey L Hanson, and Eve-Marie Devaliere. A multi-grid wave forecasting model: A new paradigm in operational wave forecasting. *Weather and Forecasting*, 28(4):1057–1078, 2013.
- [2] NRRC Booij, Roeland C Ris, and Leo H Holthuijsen. A third-generation wave model for coastal regions: 1. model description and validation. *Journal of geophysical research: Oceans*, 104(C4):7649–7666, 1999.
- [3] Arun Chawla. Global bathymetry validation study. *MMAB Contribution*, (253), 2007.
- [4] Arun Chawla, Degui Cao, Vera Gerald, Todd Spindler, and Hendrik L Tolman. Operational implementation of a multi-grid wave forecasting system. In *10th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting & Coastal Hazards Symposium (Oahu, Hawaii), Paper B*, volume 3, 2007.
- [5] Jennifer M Brown and Judith Wolf. Coupled wave and surge modelling for the eastern irish sea and implications for model wind-stress. *Continental Shelf Research*, 29(10):1329–1342, 2009.
- [6] Christopher Amante and Barry W Eakins. Etopo1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis. 2009.

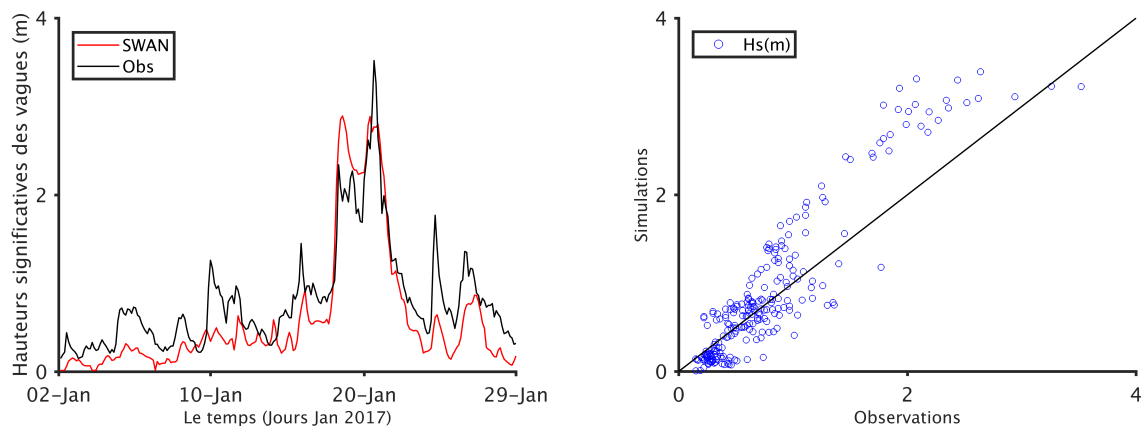


Figure 4. Comparaison des hauteurs significatives des vagues (Hs) du modèle SWAN au point peu profond (à gauche) pendant le mois de Janvier 2017 et le scatter plot pour la même période(à droite).

Statistiques	Hauteurs significatives (Hs)	Période moyenne (Tm02)
BIAIS	0.11	-0.28
Coefficient de corrélation	0.92	0.66
RMSE	0.15	1.04
SI	0.19	0.21

Table 1. Statistiques pour les hauteurs significatives des vagues et les périodes moyennes des vagues issues du modèle WW3

Statistiques	Hauteurs significatives (Hs)	Période moyenne (Tm02)
BIAIS	-0.21	-2.76
Coefficient de corrélation	0.92	0.47
RMSE	0.13	8.77
SI	0.16	1.77

Table 2. Statistiques pour les hauteurs significatives des vagues et les périodes moyennes des vagues issues du modèle SWAN.

Développement et conception de l'application MétéOrage

Oussama DOUBA^{1*}, BOURSSIA M'hamed¹, BEHAZ Ghanem¹, HADDI Fayçal¹, Salah SAHABI ABED¹

Abstract

La prévision des orages constitue jusqu'à aujourd'hui une tâche ardue aux prévisionnistes et exige d'énormes ressources ainsi qu'une connaissance du comportement des modèles utilisés acquise par l'expérience. La complexité de l'origine du phénomène rend sa prévision spatio-temporelle assez difficile nécessitant alors une connaissance préalable des outils et méthodes ne se limitant pas uniquement aux indicateurs dynamique, thermique ou énergétique. Les systèmes convectifs qui intéressent l'Algérie sont de différentes origines. En effet, l'identification des précurseurs des cyclogenèses et des précipitations intenses en région méditerranéenne demeure un sujet qui préoccupe toujours les spécialistes. Néanmoins, des tentatives de l'estimation de l'intensité des orages et les précipitations associées ainsi que leur probabilité d'occurrence basées sur des approches empiriques ont été développées afin de combler les lacunes des modèles numériques et venir en aide au prévisionniste pour réconforter sa décision dans l'émission de son bulletin d'alerte notamment, lorsqu'il s'agit d'un temps sévère. Le climat de l'Algérie rend encore plus complexe la prévision d'orages notamment dans les deux saisons d'automne et de printemps, parce que ces derniers n'accompagnent souvent pas nécessairement les systèmes dépressionnaires classiques traversant habituellement la région d'Ouest en Est comme en hiver ou résultant du phénomène de retour d'Est. Cet article propose une démarche de mise en œuvre d'un système fournissant des approches objectives empiriques de prévision d'orages et de leurs trajectoires, testées, expérimentées et validées par quelques chercheurs. Nous présenterons également une nouvelle interface web mettant en exergue la cartographie de ces indices d'orages déterminés à partir des données des sorties de modèles numériques (ALADIN, AROME ...) opérationnels à MétéoAlgérie. Un cas d'étude sera présenté dans le but de vérifier et de valider les résultats obtenus à travers cette interface développée et ce, lors d'une journée d'orages qui a intéressé le nord de l'Algérie et de vérifier ainsi l'approche proposée pour le suivi de la trajectoire des cellules orageuses.

Keywords

MétéoAlgérie, MétéOrage, convection, modèles numériques.

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

*Correspondant: douba.oussama69@gmail.com

Contents

1	Introduction	1
2	Calcul de l'indice CAPE :	3
3	Calcul de l'indice TEND :	3
4	Conclusion	6

1. Introduction

La prévision des orages et les phénomènes qu'ils engendrent continuent à constituer un défi majeur des spécialistes de la modélisation. La complexité de la paramétrisation des schémas convectifs et la diversité des échelles spatio-temporelles de la convection qui va d'une cellule orageuse simple, en passant par un système convectif à méso échelle, puis un cyclone tropical et enfin vers une Oscillation de Madden-Julian a mobilisé davantage la communauté scientifique afin de se pencher sur la question de l'amélioration des différentes approches. L'orage est un météore caractérisé par un bruit audible au sol résultant de la décharge électrique atmosphérique appelé « ton-

nerre » accompagnée par une manifestation lumineuse appelée éclair. En effet, les orages ne se manifestent qu'en présence d'un nuage connu sous le nom de Cumulonimbus (ou Cb en abrégé). Ce nuage est synonyme de la présence de l'instabilité convective atmosphérique. Le Cb donne souvent naissance à des précipitations intenses liquides ou solides (grêle ou de grêlons.), accompagnées des vents violents.

Prévoir les orages revient à prévoir le potentiel convectif de l'atmosphère, le taux d'humidité (qui représente le carburant) et l'instabilité ou le soulèvement (le moteur). La structure instable de la masse d'air et le soulèvement nécessaire à la formation des orages peuvent être provoqués par une ascendance synoptique le long d'une surface frontale, ou causés par un soulèvement orographique au vent d'un relief ou par un forçage dynamique d'altitude ou enfin par de la turbulence. L'orage se manifeste sous forme d'une cellule ordinaire, multicellulaire ou supercellulaire ayant des cycles de vie différents.

Le développement du Cb et sa structure sont également liés à ces forçages. En effet, la présence de la convergence du vent en basses couches de l'atmosphère et de la divergence

en altitude contribue à l'alimentation thermodynamique (moteur) de la cellule. La supercellule orageuse naît souvent suite à un cisaillement fort et tournant en basses couches et une instabilité importante de l'atmosphère.

De manière générale, les modèles numériques tels que ALADIN et AROME (TERMONIA, 2018) ont du mal à localiser les zones de développement des cellules orageuses, parce qu'ils sont liés à des phénomènes physiques très complexes d'une part, et se manifestent sur une échelle spatio-temporelle relativement petite par rapport aux perturbations synoptiques, ce qui nécessitera une meilleure maîtrise du sujet et une expérience avérée des prévisionnistes.

Le besoin d'une application visuelle permettant le suivi du potentiel convectif des nuages d'orages demeure indispensable pour le service de prévision de MétéoAlgérie. Le nord de l'Algérie se trouvant dans une zone de transition entre le climat méditerranéen et celui du Sahara connaît dans la saison automnale et printanière particulièrement, des passages réguliers de perturbations atmosphériques d'origine convective générant des précipitations intenses qui sont souvent à l'origine des inondations. Comme, le pays a connu dans le passé des situations dramatiques suite à de fortes chutes de pluies engendrées par des nuages convectifs qui ont intéressé plusieurs wilayas. L'inondation de Bab El oued à Alger en 2001 qui a coûté la vie à plus de 700 personnes marque toujours les esprits. Sur le plan scientifique, et malgré les avancées dans la paramétrisation, des modèles numériques du temps n'ont toujours pas réussi à prévoir de manière très fiable les systèmes convectifs et leur classification. En effet, et pour pallier à ce problème, plusieurs tentatives ont eu lieu afin d'asseoir un moyen de prévision empirique permettant de déceler les cellules orageuses à travers des indices employant des paramètres décrivant le caractère instable de l'atmosphère, son potentiel convectif et sa capacité à développer des nuages à fortes précipitations. Dans cette étude, une analyse de recherche approfondie a été menée pour mettre en œuvre une application permettant de prévoir sur une base empirique le développement d'un orage ainsi que la trajectoire probable dans son évolution future. L'outil à développer consiste en une mise en œuvre d'une combinaison d'indices permettant le développement d'un système de prévision d'orage. Le but de ce système étant de fournir un outil d'aide aux prévisionnistes, basé sur la prévision des orages établie de manière objective, se servant de nombreuses méthodes et outils que des prévisionnistes utilisent dans quelques services météorologiques afin d'effectuer des évaluations subjectives du potentiel de convection sévère, et en s'appuyant sur des paramètres des modèles atmosphériques. Le prévisionniste lui reviendra toujours et en analysant les conditions atmosphériques, la décision de lancer des alertes d'orages ou de déclarer leur présence ainsi que leurs intensités. Dans notre étude, l'analyse conduite utilise les données des modèles numériques tel que la température et l'humidité relative à plusieurs niveaux, l'indice empirique

de prévision d'orages K, la θ -prime et la θ -prime W, le tourbillon potentiel ainsi que la vitesse verticale.

Par la suite, les résultats issus du traitement de ces équations seront animés sur une interface web développée avec une technologie informatique performante afin d'assurer la convivialité et le bon fonctionnement de l'application dans le but de satisfaire le besoin opérationnel.

État de l'art dans le domaine de la prévision empirique des orages:

La prévision des orages a fait l'objet de beaucoup de recherches. Les techniques utilisées dans la prévision de ces phénomènes à grande échelle ont eu lieu depuis l'année 1951. Comme les orages se manifestent souvent à une échelle dite « la méso-échelle », leur formation et leur développement sont tributaires alors des facteurs agissant à cette échelle (S. Tajbakhsh et al., 2009, Doswell et al. (1981) et Maddox et Doswell (1982)). Plusieurs méthodes empiriques de prévision d'orages sous forme d'indices ont été élaborées. Parmi ces indices, on citera l'indice de Showalter, l'indice de Galway, la CAPE.. L'indice de stabilité Showalter (Showalter, 1953) pour la prévision d'orages est basé sur les principes de la thermodynamique pour l'évaluation de la probabilité des orages. Galway, J.G (Galway, 1956), a mis en œuvre un indice portant son nom appelé l'indice de levé de Galway, utilisé comme un prédicteur de l'instabilité latente déterminant pour le développement des orages. Miller (Miller, 1972) dans ses notes sur l'analyse et les procédures de prévision des orages violents a mis en évidence également un indice appelé totaux-totals et un second indice dit indice de menace du temps violent (SWEAT). Outre ces prédicteurs empiriques, les outils de prévision d'orages les plus utilisés et les plus répandus se basent sur l'énergie potentielle convective disponible ou en anglais « Convective Available Potential Energy » (CAPE). Dans cette étude nous avons utilisé une série d'indices combinés pour la prévision des orages. Parmi ces indices on citera l'indice K de George (George, 1960) pour la prévision du temps sévère élaboré pour le secteur de l'aéronautique et basé sur la température et l'humidité aux niveaux 850, 700 et 500Hpa (voir plus loin en détail).

Définition de quelques indices :

En 1960, George (George, 1960) a développé l'indice KI (dit Indice K de George) pour la prévision d'orages. L'indice (KI) est défini par l'équation :

$$KI = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}) \quad (1)$$

On constate que KI augmente avec la diminution de la stabilité statique dans la couche 850 – 500Hpa, et avec l'augmentation de l'humidité à 850Hpa et de l'humidité relative au niveau 700Hpa. Selon ses recherches, les orages se produiront avec une probabilité de 50% si la valeur KI est de 26 °C ou plus (George, 1960 et S. Tajbakhsh et al. 2009).

Galway (Galway, 1956) a établi des seuils critiques sur son indice matérialisé par LI, qui est un indice de soulèvement de la particule ou de la couche. Cet indice interprète

l'instabilité de la couche. Il est donné par l'équation :

$$LI = T_{500} - (LT)_s \quad (2)$$

Où T_{500} est la température en °C du niveau 500 Hpa et $(LT)_s$ la température qu'aurait une particule d'air atmosphérique au niveau 500 Hpa après avoir été soulevée depuis la surface à la température maximale prévue et une température du point de rosée obtenue grâce au rapport de mélange moyen couvrant la couche allant de la surface jusqu'au 3000 pieds d'altitude. En effet, des valeurs de LI situées entre -3 et -5 matérialisent une instabilité dite marginale au moment où l'indice de Showalter indique que les orages modérés sont prévus quand son indice SI varie entre 0 et -4 (Showalter, 1953 et S. Tajbakhsh et al., 2009). La sévérité des orages peut être également évaluée par l'indice Total-Total. Cet indice est donné par l'équation suivante :

$$TT = T_{850} + Td_{850} - 2T_{500} \quad (3)$$

Où T est la température et Td, la température du point de rosée. Dans le schéma de prévision, l'indice TT reste un indicateur faible de l'évolution des tempêtes sévères dans le cas où il est inférieur ou égal à 50. Il deviendra par contre modéré, s'il est supérieur à 50 et inférieur à 55 (Ellrod et Field, 1984). L'indice SWEAT est défini par l'équation :

$$SWEAT = +20(TT - 49) + 2f_{850} + f_{500} + 125(S + 0.2) \quad (4)$$

(Randy et al. 1989), Où : f_{850} = vitesse du vent à 850 Hpa en nœuds et f_{500} = vitesse du vent à 500 Hpa en nœuds et $S = \sin(\text{vitesse du vent } 500 \text{ Hpa} - \text{vitesse du vent à } 850 \text{ Hpa})$ et TT : Indice Total-Total défini précédemment. A noter que le terme $125(S + 0.2)$ prendra des valeurs nulles dans certains cas de direction et/ou de vitesses du vent aux niveaux 850 et 500 Hpa. L'indice SWEAT prendra pour une activité orageuse modérée une valeur comprise entre 300 et 400. L'instabilité latente (en particulier près de la surface), l'instabilité potentielle et l'instabilité conditionnelle sont trois paramètres fondamentaux décisifs dans la détermination du niveau de probabilité de déclenchement des orages (Haklander et al. (2003).

Méthode et données utilisées :

Nous proposons dans cet article le calcul de l'indice de prévision d'orage basé sur la détermination et la combinaison de plusieurs indices et paramètres afin d'établir un système d'équations à partir des sorties des modèles numériques. Nous nous servirons particulièrement de l'indice d'orage de George (K) défini précédemment et qui donne une indication sur la fréquence des orages dans une masse d'air donnée, ainsi que l'indice de l'énergie potentielle convective disponible CAPE et l'indice de la tendance TEND.

1. Calcul de l'indice K : Pour rappel, l'indice (K) est défini par l'équation : $KI = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700})$
Les valeurs de l'indice K en liaison avec la probabilité d'orages et leurs caractères sont données par le tableau suivant :

Indice K (°C)	Probabilité d'orages (%)	Caractère des orages
Moins de 15	0	aucun
15 - 20	20	peu probables
20 - 25	20 - 40	isolés
25 - 30	40 - 60	très épars
30 - 35	60 - 80	épars
35 - 40	80 - 90	nombreux
> 40	100	certain

Table 1. Les seuils de l'indice K avec leurs probabilités d'orage

J/Kg	Type de phénomène associé
0 à 1000	marginale instable donnant des averses ou des orages ordinaires
1000 à 2500	modérément instable donnant des orages qui peuvent être violents
2500 à 3500 3500 ou plus	très instable donnant des orages violents extrêmement instable et très favorable à des orages violents généralisés

Table 2. Les seuils de l'indice de l'énergie potentielle de convection disponible (CAPE), et les types de phénomènes associés.

2. Calcul de l'indice CAPE :

Le second indice introduit est celui du paramètre CAPE. Nous avons utilisé la CAPE issu du modèle de prévision numérique. Pour rappel, la CAPE représente l'énergie potentielle convective reliée à la vitesse des mouvements des particules ascendantes du nuage ; Elle représente alors l'énergie potentielle convective susceptible d'être transformée en énergie cinétique pendant les mouvements ascendants. Une particule d'air atmosphérique poursuit son ascension tant que sa température est plus élevée que le milieu environnant qu'elle rencontre (flottabilité) et donc, elle est déterminante pour la mesure de l'extension verticale du nuage convectif. Plus la CAPE est importante, plus les orages risquent d'être violents (Maryam R. Ziarani et al., 2019).

3. Calcul de l'indice TEND :

Le troisième indice calculé dans cet article est celui de la tendance « TEND » (Miller, 1972). Nous avons utilisé des équations qui calculent la tendance entre deux couches de l'atmosphère, basée sur la température à plusieurs niveaux, la température potentielle θ , la température du point de rosée. L'équation de l'indice TEND est donnée par la formule suivante :

$$TEND(n) = (14.55 + 0.114 T_n)^{1-RH_n} + ((2.5 + 0.007 T_n)(1 - RH_n))^3 \quad (5)$$

Où : T : Température, RH : L'humidité relative Cet indice est utilisé pour le calcul de l'équation de l'intensité d'orage.

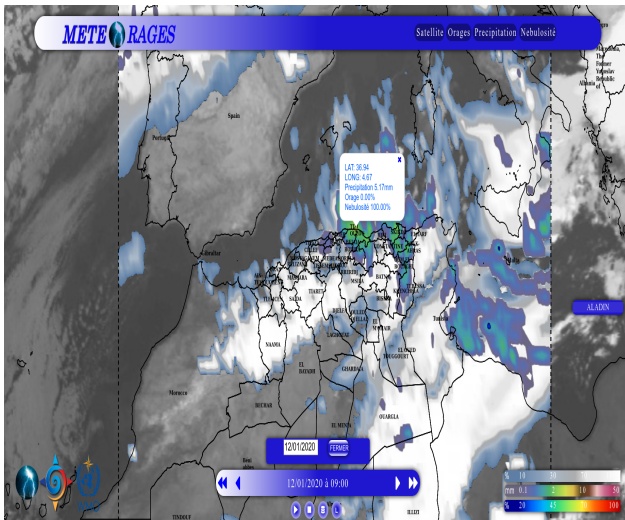


Figure 1. Visualisation de l'application MétéOrage.

Prévision de l'intensité des orages :

La prévision de l'intensité des orages (IO) utilisée dans cette étude repose sur la combinaison des deux indices, l'indice K et celui de la tendance en altitude à plusieurs niveaux TEND. Cette approche a été utilisée par Miller en 1972 dans la prévision d'orages pour arrêter les probabilités des orages à partir de changement de la température et de l'humidité à plusieurs niveaux avec l'intégration de la Température Potentielle Equivalente.

$$IO = (0.56K) + (0.1355TEND) + (0.215(\theta'W)) + (0.12Td(n)) - (T(n) - Td(n)) \quad (6)$$

Avec

$$\theta' = \theta E - \frac{WL}{cp} \quad (7)$$

L: la chaleur latente de vaporisation, Cp: la chaleur spécifique de l'air sec et W: le rapport de mélange

Développement de l'interface WEB :

Afin de permettre un usage convivial de cet outil basé sur un système de visualisation, nous avons développé une application WEB au profit de l'exploitation pour aider les prévisionnistes à détecter les cellules orageuses et surveiller leurs trajectoires. Cette application renseigne également sur la quantité de pluie précipitable ainsi que la nébulosité au-dessus d'un point du domaine couvert par cet outil. Une fois mise en œuvre, cette application a été installée sur le site web de l'Office dans le DNS suivant: <http://meteorage.meteo.dz> La figure 1 montre la page d'accueil de l'application MétéOrage.

Cas d'étude portant sur la situation orageuse survenue en Algérie : Afin de procéder à la vérification et la validation

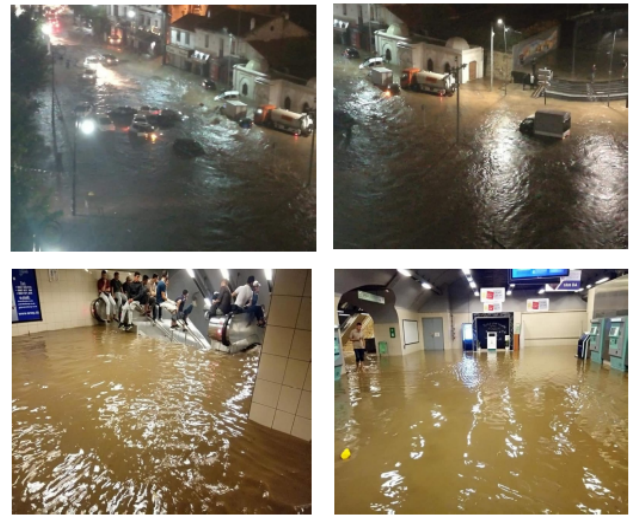


Figure 2. Les dégâts engendrés par les précipitations de la journée du 12 septembre 2019 dans les rues et le métro d'Alger

de ce produit, nous nous sommes intéressés à une situation d'orages survenus le 12 Septembre 2019 et qui a concerné une large partie du nord de l'Algérie. A ce titre, nous nous focaliserons sur la région de l'Algérois où des pluies intenses se sont abattues durant cette journée et notamment la nuit. Les pluies recueillies à partir de 20H (heure locale) ont inondé plusieurs rues, des maisons et des locaux commerciaux notamment dans les communes de Bir Mourad Rais, Hydra, Ben Aknoun, Gué de Constantine, Alger centre, la commune de Bab-el-Oued ainsi que le métro d'Alger. Plusieurs véhicules ont été emportés par les flots au niveau de la rue Frères Bouadou à Bir Mourad Rais, suscitant une grande panique parmi les habitants, a-t-on constaté (Figure 2).

En examinant la photo satellitaire prise à 21h00 de la journée du 12 septembre 2019 sur la région (figure 3), on observe clairement l'existence de plusieurs cellules orageuses sur les wilayas du nord de l'Algérie. Des amas nuageux convectifs couvrant la zone d'Alger s'étendant jusqu'à la Méditerranée sont visibles sur cette image et sont à l'origine des pluies intenses sous forme d'averses ayant causé des dégâts susmentionnés.

Prévision du CAPE pour la journée du 12 septembre 2019 :

La CAPE prévue par le modèle ARPEGE 0.1 le 12 septembre 2019 à 21h00 (figure 4) sur la région montre des valeurs supérieures à 1015 J/Kg au-dessus de la région du nord du pays et ce, des wilayas du centre jusqu'aux wilayas situées à l'Est avec un maximum de valeurs atteignant 1500 J/Kg sur les régions du nord du Sahara central (région de Ghardaia, El-Goléa..).

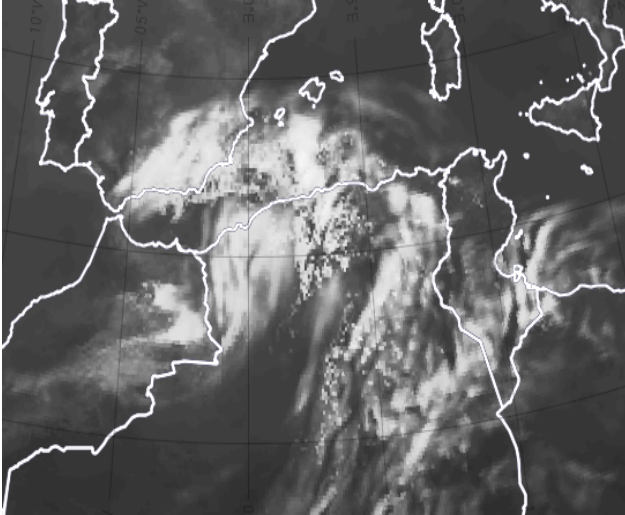


Figure 3. L'image satellitaire du 12 Septembre à 21H couvre le domaine du nord de l'Algérie

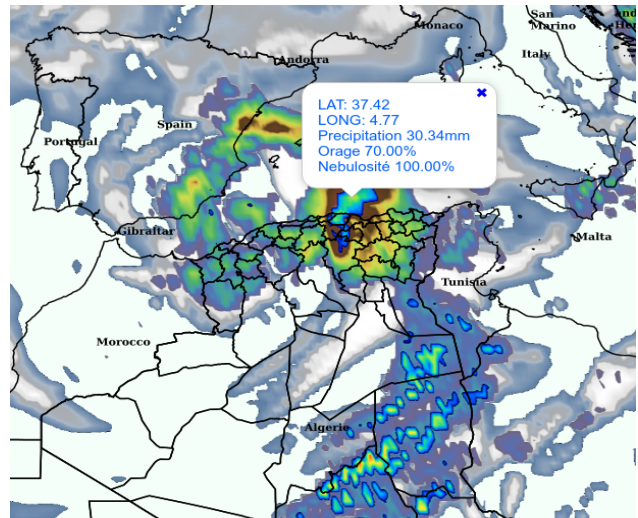


Figure 5. Superposition de la nébulosité totale avec la précipitation et l'indice d'orage de la journée de 12 septembre 2019 à 21h.

Application et vérification de l'outil MétéOrage sur la

situation orageuse survenue le 12 septembre 2019 :

Afin d'alimenter l'application MétéOrage avec l'indice d'orage, nous avons tourné le modèle opérationnel ALADIN pour la journée de 12 septembre 2019 où nous avons calculé tous les paramètres nécessaires ainsi que les indices présentés précédemment. Cet outil appliqué à la situation de la journée du 12 septembre 2019 a pu mettre en évidence une situation d'orages avec une probabilité atteignant 70% . La quantité des précipitations donnée par cette application s'élève à 30.34mm. La figure 5 montre une capture d'écran de l'application illustrant les cellules orageuses ainsi que la probabilité sur le risque de l'Orage au-dessus du point de latitude 37.42°N et de longitude 4.77° E.

Prévision de la trajectoire de l'Orage :

Une fois les indices d'orage calculés, nous nous sommes penchés sur l'étude de la prévision de la trajectoire des cellules orageuses basée sur plusieurs approches existantes dans la littérature. Haklander et al. (2003) proposent une méthode qui repose essentiellement sur des tests de seuils de plusieurs paramètres tels que la vitesse verticale, le tourbillon potentiel, et la température potentielle équivalente. Pour notre cas, nous avons appliqué ces approches sur le modèle numérique en chaque point de grille et nous avons effectué plusieurs tests sur chaque échéance afin d'estimer la trajectoire de chaque point de grille. L'approche choisie consiste à regrouper tous les points de grilles constituant une cellule orageuse sur le domaine. Ensuite, nous sélectionnons parmi ces points de grilles ceux qui mettent en évidence une probabilité importante de formation d'orages ici fixée à 40 % de chance et plus ; le reste des cellules étant éliminé. Par la suite, nous nous focalisons sur le centre

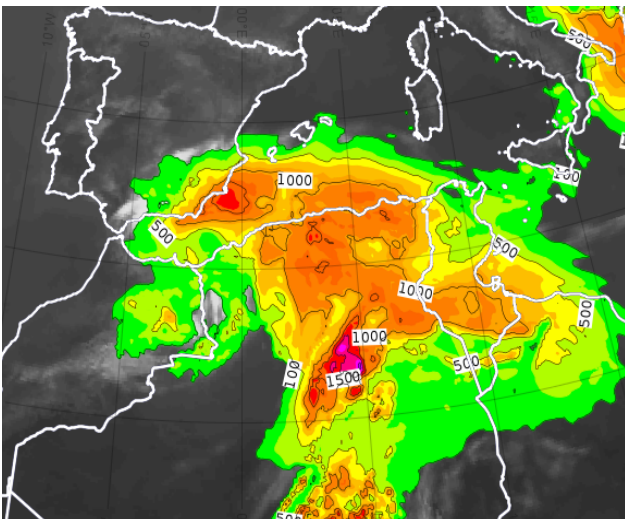


Figure 4. Prévision de la CAPE par le modèle ARPEGE_0.1 R00h pour la journée du 12 septembre 2019 à 21h

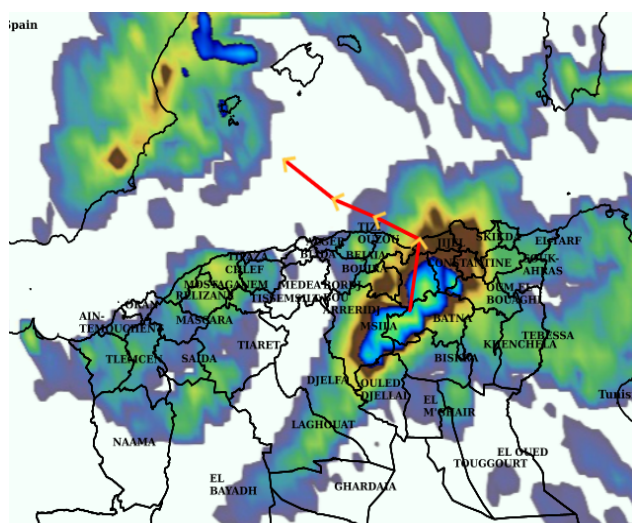


Figure 6. Le trajectoire prévue des cellules orageuses donnée par l'application MétéOrage pour la situation orageuse observée le 12 septembre 2019.

(spatialement) de chaque cellule orageuse ainsi sélectionnée, et nous suivrons sa nouvelle position prévue durant la prochaine échéance. Un vecteur de déplacement pourrait ainsi être généré reliant les points des centres de ces cellules orageuses. En intégrant l'analyse de quelques paramètres cruciaux tels que le vent d'altitude (Plusieurs niveau 500, 700 et 850), la vitesse verticale, le tourbillon potentiel et la température potentielle équivalente, cela permettra d'estimer la trajectoire la plus probable des cellules orageuses actives sur le domaine concerné. La figure 6 illustre la trajectoire prévue des orages relative à la situation observée le 12 septembre 2019 et matérialisée par la ligne rouge.

La figure 7 renferme plusieurs images extraites grâce à l'application MétéOrage qui marquent le suivi de la trajectoire des cellules orageuses à partir de 15h00 de la journée du 12 Septembre jusqu'à 06h de la journée du 13 septembre 2019 par échéance de 3 heures. Les images de la figure 7 montrent bien l'existence d'une formation de cellules orageuses au-dessus des wilayas de l'Est à partir de 18h du soir pendant la journée du 12 Septembre. Ce foyer orageux s'est déplacé vers le centre du pays entre 21h et minuit de la même journée. La cellule orageuse a poursuivi son évolution en direction de la Méditerranée aux environs de 3h de la journée du 13 septembre 2019. L'image de 21h00 marque également la présence de quelques foyers orageux au sud du pays dus particulièrement à l'advection de l'air chaud venant du sud et se refroidissant en altitude.

Les résultats de l'application MétéOrage comparés avec la situation réellement observée grâce à l'imagerie satellitaire (Figure 3), montre que l'outil développé a pu bien déceler les cellules orageuses et les localiser avec une précision très satisfaisante et suivre avec quasi-exactitude leurs trajectoires.

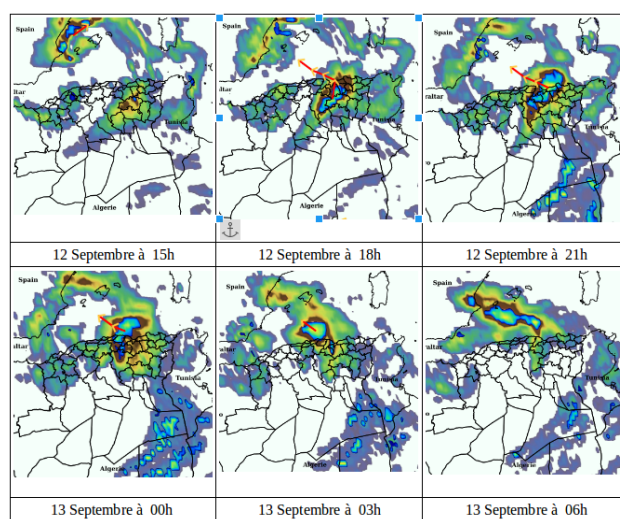


Figure 7. Trajectoire des cellules orageuses déterminée au moyen de l'application MétéOrage de la journée de 12 septembre de 15h jusqu'au 13 septembre à 06h de l'année 2019.

4. Conclusion

Dans cet article nous avons pu mettre en exergue une tentative de calcul de l'indice empirique de prévision d'orage basé sur la combinaison de plusieurs indices proposés dans la littérature et qui ont été testés et validés dans le passé par plusieurs auteurs. Nous avons eu à utiliser plusieurs paramètres physiques atmosphériques ayant trait au phénomène de convection et qui commandent le développement des nuages d'orages afin d'arrêter un indicateur sur la probabilité de formation d'orage ainsi que les précipitations qui risquent d'être enregistrées. La méthode proposée pour le suivi de ces cellules orageuses à travers la probabilité de leur occurrence ainsi que les quantités de pluie précipitables estimées grâce aux modèles de prévision du temps et appliquée pour le cas de la situation météorologique qui a prévalu le 12 septembre 2019, s'est avérée concluante. La validation de cet outil sur d'autres situations orageuses est indispensable en vue de son amélioration. En effet, l'indice de probabilité avait estimé à 70% de chance l'occurrence d'orage et plus de 30mm le cumul de pluie attendu au-dessus de la région de l'Algérois. Cette application portée sur une plateforme visuelle en format d'interface rendra l'usage de cet outil très convivial et facilitera par conséquent le suivi continu de la trajectoire prévue des systèmes orageux. En perspective il sera judicieux d'introduire des équations qui permettent de corriger la trajectoire des cellules orageuses avec l'image satellitaire et ce, en temps réel. La mise en exploitation en phase expérimentale de cet outil le rendra plus formant. L'introduction des images radars dans cette interface renforcera davantage le système d'alerte précoce ainsi que la prévision immédiate puisqu'il permettra de localiser avec quasi-exactitude les positions des cellules orageuses et informera sur sa structure.

Références

- [1] S. Tajbakhsh, P. Ghafarian, and F. Sahraian, Instability indices and forecasting thunderstorms: the case of 30 April 2009, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 403–413, 2012
- [2] J.B. Cohuet, R. Romero, V. Homar, V. Ducrocq, C. Ramis, Initiation of a severe thunderstorm over the Mediterranean Sea, *Atmospheric Research* 100 (2011) 603–620
- [3] Ramis, C., Romero, R., Homar, V., 2009. The severe thunderstorm of 4 October 2007 in Mallorca: an observational study. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9, 1237–1245.
- [4] Riosalido, R., 1990. Characterization of mesoscale convective systems by satellite pictures during PREVIMET-89. Segundo Simposio Nacional de Predicción Madrid, Instituto Nacional de Meteorología, pp. 135–148.
- [5] Rotunno, R., Klemp, J.B., 1985. On the rotation and propagation of simulated supercell thunderstorms. *J. Atmos. Sci.* 42, 271–292.
- [6] George J. Maglaras and Kenneth D. LaPenta, DEVELOPMENT OF A FORECAST EQUATION TO PREDICT THE SEVERITY OF THUNDERSTORM EVENTS IN NEW YORK STATE, National Weather Service Forecast Office Albany, New York, June 1997.
- [7] Kenneth D. Lapenta, 1995: Forecasting tornadic versus non-tornadic severe thunderstorms in New York State. Eastern Region Technical Attachment, No. 95-4A, National Weather Service, NOAA, US. Department of Commerce, 15 pp.
- [8] 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.
- [9] Doswell III, C. A., Weiss, S. J., & Johns, R. H. (1993). Tornado forecasting: A review. *The Tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards*, *Geophys. Monogr.* 79, 557–571.
- [10] Maddox, R. A., & Doswell III, C. A. (1982). An examination of jet stream configurations, 500 mb vorticity advection and low-level thermal advection patterns during extended periods of intense convection. *Monthly Weather Review*, 110(3), 184–197.
- [11] George, J. J.: Weather forecasting for aeronautics, Academic press, 673 pp., 1960.
- [12] Galway, J.G. (1956) The Lifted Index as a Predictor of Latent Instability. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 37, 528–529.
- [13] Showalter, A.K. (1953) A Stability Indices for Thunderstorm Forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34, 250–252.
- [14] Miller, R. C.: Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Center, AWS Tech. Report 200 (Rev.), Headquarters Air Weather Service, Scott AFB, 106 pp., 1972
- [15] Ellrod, G., and G. Field, 1984: The characteristics and prediction of Gulf Stream thunderstorms. Preprints. Tenth Conf. Weather Forecasting and Analysis. Clearwater Beach, Amer. Meteor. Soc., 15–21.
- [16] Haklander, A. J. and Delton, A. Van.: Thunderstorm predictors and their forecast skill for the Netherlands, *Atmos. Res.*, 67–68, 273–299, 200
- [17] Randy A. Peppler and Peter J. Lamb, *Monthly Weather Review*, Volume 117, Numéros 5 à 8, 1989
- [18] Maryam Ramezani Ziarani, Bodo Bookhagen, Torsten Schmidt, Jens Wickert, Alejandro de la Torre and Rodrigo Hierro, Using Convective Available Potential Energy (CAPE) and Dew-Point Temperature to Characterize Rainfall-Extreme Events in the South-Central Andes, *Atmosphere* 2019, 10, 379; doi:10.3390/atmos10070379.

Comparaison entre les précipitations prévues en utilisant deux schémas de convection : PCMT et Bougeault (1985)

Mohamed MOKHTARI ^{1*}, Islam BOUSRI ¹, Mohand Ouali AIT MEZIANE ¹

Abstract

Une étude comparative entre les cumuls de précipitation simulés par ALADIN en utilisant deux schémas de convection a été réalisée. La première version utilise le schéma de convection de Bougeault [1] qui fonctionne actuellement en opérationnel dans la chaîne ALADIN-Algérie et la deuxième version utilise le schéma PCMT. La comparaison est faite par rapport aux observations enregistrées par les 84 stations de l'ONM durant la période qui s'étale du 01er janvier 2018 au 30 juin 2019 en utilisant la table de contingence. Les premiers résultats montrent que les scores obtenus avec le schéma PCMT sont meilleurs que ceux obtenus avec celui de Bougeault [1], notamment pour des situations pluvieuses intenses.

Keywords

Vague de chaleur, Canicule, Projection future

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant: m_morad06@yahoo.fr

Contents

Introduction	1
1 Présentation des configurations ALADIN-OPER et ALADIN-PCMT	1
2 Description de la méthode de vérification	2
3 Résultats et discussions	2
4 Conclusion	3
References	3

Les précipitations font partie des phénomènes les plus difficiles à prévoir en raison de leurs grandes variabilités spatiale et temporelle, et de la complexité à modéliser la convection. Afin d'améliorer les modèles dans ce domaine, il est nécessaire de documenter leurs points forts et faibles, notamment par comparaison à une référence basée sur des observations. Cette étude est une partie de travail interne de recherche et développement de l'équipe ALADIN-Algérie. Elle s'intéresse aux prévisions de précipitations en Algérie en utilisant deux versions du modèle ALADIN. La première version utilise le schéma de convection de Bougeault [1] qui est actuellement utilisé en opérationnel dans la chaîne ALADIN-Algérie et la deuxième version utilise le schéma PCMT [2] [3]. Ces deux versions sont appelées, désormais : ALADIN-OPER et ALADIN-PCMT. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'apport du schéma PCMT pour la prévision des précipitations par rapport à ALADIN-OPER, en utilisant les données pluviométriques des stations d'observation synoptique comme références. Pour ce faire, nous avons utilisé une technique classique de vérification des pluies prévues, qui consiste en la comparaison point à point de l'observation et de la prévision par le biais d'une table de contingence. Après cette introduction, nous présenterons les deux configurations utilisées dans cette étude. Puis, nous

explicitons la méthode et les différents scores de vérification utilisés pour mettre en évidence la qualité des prévisions ALADIN. Ensuite, nous présenterons les principaux résultats et nous terminerons par une conclusion.

1. Présentation des configurations ALADIN-OPER et ALADIN-PCMT

Les caractéristiques de la configuration ALADIN relative au cycle utilisé (domaine et LBC) sont données par le tableau 1 :

Cycle	Résolution	Nombre de points	Nombre de niveaux	LBC	fréquence LBC	Pas de temps
Cy43i2.bf10	8Km	450x450	70 niveaux	ARPÉGE	3 heures	514.286 s

Tableau 1 : Configuration ALADIN-OPER et ALADIN-PCMT

La configuration de la version ALADIN-OPER utilisée est identique celle des modèles canoniques d'ALADIN décrite dans le papier de Termonia et al. (2018), voir Table 2.

En ce qui concerne la configuration ALADIN-PCMT, nous avons activé le schéma PCMT à la place du schéma de Bougeault [1]. Pour activer le schéma de PCMT dans ALADIN, nous avons pris comme référence une nomenclature standard à laquelle nous avons apporté les modifications ci-après sur le block de nomenclature NAMPHY :

&NAMPHY

```
LCVPPKF= .FALSE. ,
LCVRA= .FALSE. ,
LECDEEP= .FALSE. ,
LEDPMFI= .TRUE. ,
LGPCMT= .TRUE. ,
LNCVPGY= .TRUE. ,
```


2. Description de la méthode de vérification

La méthode la plus courante utilisée pour vérifier la qualité de la prévision des précipitations par rapport aux observations est la table de contingence. Un système de prévision parfait ne produirait que des occurrences, corrigerait les négatifs et éviterait les ratés ou les fausses alarmes. Ensuite, nous avons calculé un certain nombre de coefficients qui sont définis ci-dessous : Précision, proportion correcte (Accuracy) : Score de biais (frequency bias) : La probabilité de détection considère la proportion des prévisions exactes sur le nombre de réalisations effectives de l'événement. Elle est calculée comme suit : La probabilité de détection (probability of detection, hit rate) :

$$H = \frac{a}{a + c} \quad (1)$$

Taux de fausse alarme (probabilité de fausse détection) :

$$F = \frac{b}{b + d} \quad (2)$$

La probabilité de fausse détection donne quant à elle la proportion de prévisions inexactes de l'événement sur le nombre de fois où l'événement ne s'est pas produit. Remarquez que cette mesure diffère du taux de fausses alarmes, que l'on mesure par la proportion de prévisions inexactes d'un événement sur son nombre de prévisions. Proportion de fausses alarmes :

$$FAR = \frac{b}{a + b} \quad (3)$$

L'indice de menace TS est peut-être moins transparent que les autres indices. Afin de saisir son utilité, il faut revenir à la remarque suivante : il est facile d'obtenir une importante proportion de prévisions exactes lorsqu'il s'agit d'événements rares, puisque la plupart des prévisions négatives s'avéreront correctes. C'est-à-dire, d est un grand nombre, mais qui n'est pas assez explicite sur l'aptitude ou l'utilité d'une prévision. L'indice de menace élimine ces prévisions « faciles » : il donne la proportion de prévisions exactes d'un événement par rapport à toutes les prévisions sauf les prévisions faciles. Sa plage est comprise entre 0 et 1, la valeur 1 indiquant une prévision parfaite. Cet indice est utilisé assez fréquemment, avec raison. Contrairement aux indices H et FAR, il prend en compte les fausses alarmes et les événements manqués. Il s'agit donc d'un score plus équilibré. Indice de menace (threat score, critical success index) :

$$TS = \frac{a}{a + b + c} \quad (4)$$

Avec : $n = a + b + c + d$

3. Résultats et discussions

Les données d'observation utilisées sont les cumuls de précipitation en 24 heures enregistrés par les 84 stations synoptiques durant la période du 01er janvier 2018 au 30 juin 2019. Le nombre total de données utilisées est de 34161. Pour cette étude, nous avons imposé trois seuils :

- **1 mm** : pour vérifier la qualité de la prévision de l'occurrence de pluie.
- **10 mm** : seuil intermédiaire pour vérifier la qualité de la prévision pour les événements courants
- **20 mm (seuil de BMS)** : pour vérifier la qualité de la prévision pour les événements qui font l'objet de Bulletin Météorologique Spécial (BMS) à l'ONM. Nous avons pris la valeur maximale de pluie prévue sur les points de grilles qui se trouvent au voisinage de la station sur un rayon de 12 km (Fig. 1)

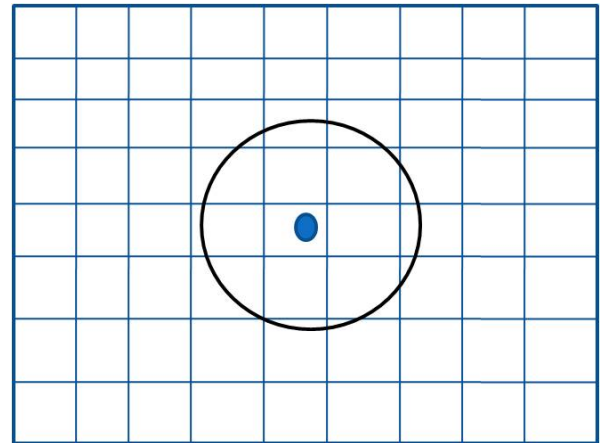


Fig.1 : Position de la station et les points de grilles pris en considération pour la vérification

Les tableaux 4, 5 et 6 montrent les valeurs des coefficients A, B, C et D obtenus pour les deux version d'ALADIN en appliquant les seuils suivants : 1 mm, 10 mm et 20 mm.

	OBS : YES	OBS : NO	Total
FCST : YES	OPER : A = 4163 PCMT : A = 3890	OPER : B = 5463 PCMT : B = 3906	
FCST : NO	OPER : C = 349 PCMT : C = 622	OPER : D = 24186 PCMT : D = 25743	
Total			34161

Tableau 4 : Valeurs des coefficients A, B, C et D pour le cas d'un seuil de 1 mm.

	OBS : YES	OBS : NO	Total
FCST : YES	OPER : A = 795 PCMT : A = 745	OPER : B = 1300 PCMT : B = 1005	
FCST : NO	OPER : C = 373 PCMT : C = 423	OPER : D = 31693 PCMT : D = 31988	
Total			34161

Tableau 5 : Valeurs des coefficients A, B, C et D pour le cas d'un seuil de 10 mm

Parametrization and dynamics	Scheme	References
Dynamics	hydrostatic ARPEGE-ALADIN	Temperton et al. (2001)[4], Radnoti et al. (1995)[5]
Radiation	RRTMG_LW ,SW6	Mlawer et al. (1997)[6], Lacono et al. (2008)[7] Fouquart and Bonnel (1980)[8]
Turbulence	CBR	Cuxart and al.(2000)[9],Bougeault and Lacarrere(1989) [10]
Microphysics		Lopez (2002)[11], Boutelout et al.(2005)[12]
Shallow convection	KFB	Bechtold et al. (2001)[13], Bazile et al. (2011)[14]
Deep convection		Bougeault(1985)[1] [1]
Clouds		Smith (1990)[15]
Sedimentation scheme		Boutelout et al. (2011)[16]
Orographic gravity wave drag		Carty et al. (2008)
Surface scheme	SURFEX	Masson et al. (2013) [17]
LBC scheme	Davies scheme	Davies(1976)[18], Radnoti (1995)[5], Termonia (2012) [19]

Tableau 2. The ALADIN CMC

	OBS. YES	OBS. NO	Total
FCST. YES	Hits (a)	False alarms (b)	
FCST. NO	Misses (c)	Correct rejection (d)	
Total			

Tableau 3 :Tableau de contingence de Finley [20]

	OBS : YES	OBS : NO	Total
FCST : YES	OPER : A = 234 PCMT : A = 234	OPER : B = 451 PCMT : B = 379	
FCST : NO	OPER : C = 203 PCMT : C = 203	OPER : D = 33273 PCMT : D = 33345	
Total			34161

L'analyse du tableau 7 montre que : - La proportion correcte ou la précision PC obtenue avec la version PCMT est toujours supérieure à celle calculée pour la version OPER et cela pour les trois cas de seuils considérés. Ce qui nous permet d'avancer que pour notre période d'étude, le schéma PCMT est plus précis que OPER. - Le biais B obtenu avec la version PCMT est toujours inférieur à celui calculé avec la version OPER et cela pour les trois cas de seuils considérés. Ce qui nous permet d'avancer que pour notre période d'étude, le schéma PCMT est moins biaisé qu'OPER. - Par contre, la probabilité de détection H obtenue avec la version OPER est plus élevée par rapport à celle calculée avec la version PCMT pour les deux cas de seuils de 01 et 10 mm, alors que, les deux versions ont la même valeur de H pour le cas du seuil 20 mm. Cependant, la proportion de fausse alarme FAR enregistrée pour la version OPER est aussi plus élevée que celle obtenue avec la version PCMT. Ce qui nous permet d'avancer que le schéma de Bougeault (1985) est plus souple et plus flexible dans la génération des précipitations par rapport au schéma PCMT, en particulier pour les faibles précipitations (voir la figure 2 et 3 : deux exemples de situations pluvieuses ; l'une au nord du pays et l'autre au sud). Par contre, pour la cas des précipitations intenses (>20 mm), on constate que le schéma PCMT s'est mieux comporté par rapport au schéma OPER, car il donne une probabilité de détection égale à celle de la version OPER

mais avec une proportion de fausse alarme moindre. Ces résultats sont confirmés par la valeur de l'indice de menace enregistré avec PCMT comparé à OPER. En effet, un « TS=1 » c-à-d le modèle est parfait (b et c sont nuls). En comparant les deux valeurs obtenues avec les deux schémas par rapport à la valeur idéale un « 1 » on trouve que la TS_PCMT est plus précise que la TS_OPER pour les trois cas de seuils appliqués

4. Conclusion

Une étude comparative entre les cumuls de précipitation simulés par ALADIN en utilisant deux schémas de convection, Bougeault et PCMT, a été réalisée. Pour vérifier ce type de prévision (précipitation) par rapport aux observations, nous avons utilisé le tableau de contingence indiquant les combinaisons binaires des fréquences des prévisions et des événements "oui" et "non". Nous avons ensuite relaté le nombre de combinaisons de prévisions (oui ou non) et d'observations (oui ou non), obtenu en appliquant trois seuils de précipitation. Les résultats obtenus montrent que les scores calculés pour la version PCMT sont meilleurs par rapport à ceux obtenus avec la version OPER, puisque pour tous les cas de seuil considérés la proportion correcte calculée avec PCMT est mieux que celle calculée avec OPER. Aussi, nous avons constaté que le schéma de Bougeault (1985) est plus souple et plus flexible dans la génération des pluies par rapport au PCMT, car ce dernier donne plus de fausses alarmes. Cette étude peut être améliorée avec la prise en compte de plus d'observations telles que les estimations satellitaires des précipitations ou encore les observations radars.

References

- [1] Philippe Bougeault. A simple parameterization of the large-scale effects of cumulus convection. *Monthly Weather Review*, 113(12):2108–2121, 1985.
- [2] Jean-Marcel Piriou, Jean-Luc Redelsperger, Jean-François Geleyn, Jean-Philippe Lafore, and Françoise

	Seuil 1 mm		Seuil 10 mm		Seuil 20 mm	
	OPER	PCMT	OPER	PCMT	OPER	PCMT
PC	82.9 %	86.7 %	95.1 %	95.8 %	98.0 %	98.2 %
B	1.40	2.13	1.72	1.79	1.49	1.56
H	92.2 %	86.2 %	68.0 %	63.7 %	53.5 %	53.5 %
F	18.4 %	13.1 %	3.9 %	3.0 %	1.3 %	1.1 %
FAR	56.7 %	50.1 %	62.0 %	57.4 %	65.8 %	61.8 %
TS	41.7 %	46.2 %	32.2 %	34.2 %	26.3 %	28.6 %

Guichard. An approach for convective parameterization with memory: Separating microphysics and transport in grid-scale equations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 64(11):4127–4139, 2007.

- [3] JF Guérémy. A continuous buoyancy based convection scheme: one-and three-dimensional validation. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 63(4):687–706, 2011.
- [4] Clive Temperton, Mariano Hortal, and Adrian Simmons. A two-time-level semi-lagrangian global spectral model. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 127(571):111–127, 2001.
- [5] Gábor Radnóti, J-E HAUGEN, B MACHENHAUER, and N GUSTAFSSON. Comments on 'a spectral limited-area formulation with time-dependent boundary conditions applied to the shallow-water equations'. reply. *Monthly weather review*, 123(10):3122–3124, 1995.
- [6] Eli J Mlawer, Steven J Taubman, Patrick D Brown, Michael J Iacono, and Shepard A Clough. Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres: Rrtm, a validated correlated-k model for the longwave. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D14):16663–16682, 1997.
- [7] Michael J Iacono, Jennifer S Delamere, Eli J Mlawer, Mark W Shephard, Shepard A Clough, and William D Collins. Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the aer radiative transfer models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D13), 2008.
- [8] Y Fouquart et al. Computations of solar heating of the earth's atmosphere: A new parameterization. 1980.
- [9] Joan Cuxart, Philippe Bougeault, and J-L Redelsperger. A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 126(562):1–30, 2000.
- [10] Philippe Bougeault and Pierre Lacarrere. Parameterization of orography-induced turbulence in a mesobeta-scale model. *Monthly weather review*, 117(8):1872–1890, 1989.
- [11] Philippe Lopez. Implementation and validation of a new prognostic large-scale cloud and precipitation scheme for climate and data-assimilation purposes. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography, 128(579):229–257, 2002.
- [12] Y Bouteloup, F Bouysse, and P Marquet. Improvements of lopez's prognostic large scale cloud and precipitation scheme. *ALADIN Newsletter*, 28:66–73, 2005.
- [13] P Bechtold, E Bazile, F Guichard, P Mascart, and E Richard. A mass-flux convection scheme for regional and global models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 127(573):869–886, 2001.
- [14] Eric Bazile, P Marquet, Y Bouteloup, and F Bouysse. The turbulent kinetic energy (tke) scheme in the nwp models at météo-france. In *ECMWF Workshop proceedings on "Diurnal cycles and the stable boundary layer*, pages 7–10, 2011.
- [15] RNB Smith. A scheme for predicting layer clouds and their water content in a general circulation model. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 116(492):435–460, 1990.
- [16] Y Bouteloup, Y Seity, and E Bazile. Description of the sedimentation scheme used operationally in all m' et' eo-france nwp models. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 63(2):300–311, 2011.
- [17] V Masson, P Le Moigne, E Martin, S Faroux, A Alias, R Alkama, S Belamari, A Barbu, A Boone, F Bouysse, et al. The surfexv7. 2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of earth surface variables and fluxes, geosci. model dev., 6, 929–960, 2013.
- [18] HuwC Davies. A lateral boundary formulation for multi-level prediction models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102(432):405–418, 1976.
- [19] Piet Termonia, Fabrice Voitus, Daan Degrauwe, Steven Caluwaerts, and Rafiq Hamdi. Application of boyd's periodization and relaxation method in a spectral atmospheric limited-area model. part i: Implementation and reproducibility tests. *Monthly Weather Review*, 140(10):3137–3148, 2012.
- [20] Jno P Finley. Tornado predictions. *American Meteorological Journal. A Monthly Review of Meteorology and Allied Branches of Study (1884-1896)*, 1(3):85, 1884.

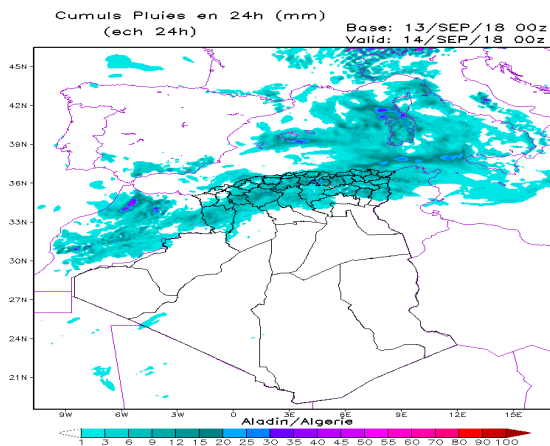
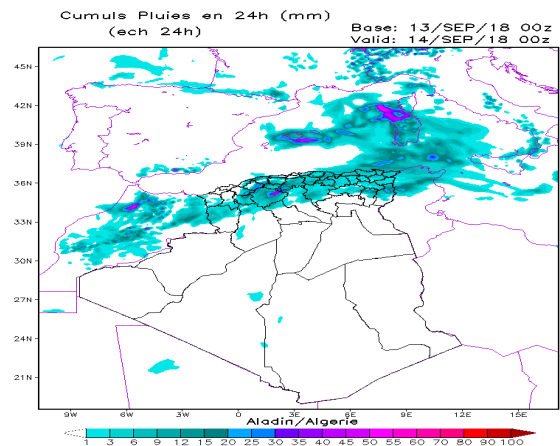


Fig.2 Cumuls de précipitation en 24h simulés par ALADIN-OPER pour la journée 13 septembre 2019



Cumuls de précipitation en 24h simulés par ALADIN-PCMT pour la journée de 13 septembre

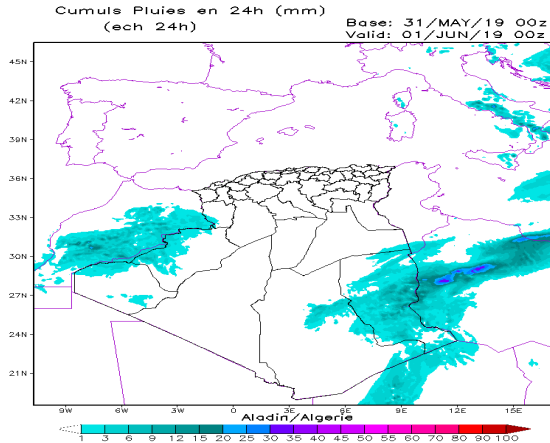
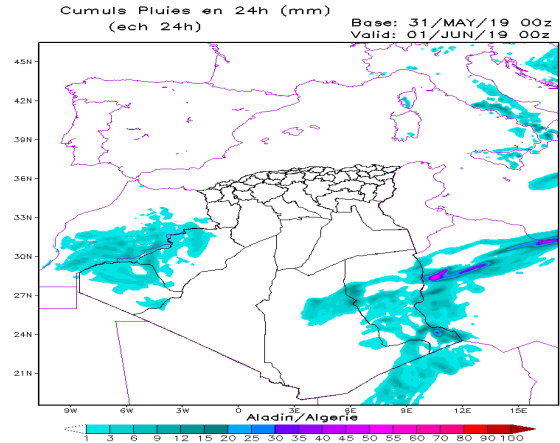


Fig.3 Cumuls de précipitation en 24h simulés par ALADIN-OPER pour la journée 31 mai 2019



Cumuls de précipitation en 24h simulés par ALADIN-PCMT pour la journée de 31 mai 2019

Conception et développement de l'application AmetView (Algerian Meteorological Viewer)

Oussama DOUBA^{1*}, BOURSSIA M'hamed¹, Lyes SADEG¹, BEHAZ Ghanem¹

Abstract

Cet article présente une nouvelle application dédiée à l'exploitation opérationnelle appelée Amet View (Algerian Meteorological Viewer). Ce système est développé au niveau de l'Office National de la Météorologie (ONM) pour la visualisation dans des formats exploitables par le prévisionniste des sorties de modèles numériques et de toutes les données d'observations météorologiques à travers une solution Web. Ce système permet de décoder les produits météorologiques de prévision et d'observation élaborés à l'échelle nationale et internationale pour les rendre disponible et exploitable par les services opérationnels conformément aux normes édictées par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Elle permet aussi de faire des superpositions des champs de modèles numériques ainsi que les images satellitaires ou radar selon le besoin.

Keywords

Visualisation, exploitation des données, superposition des données, AmetView.

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

*Correspondant: douba.oussama69@gmail.com

Contents

1	Introduction	1
2	Méthodologie	1
2.1	Conception et réalisation de l'application	1
3	Conclusion	3

1. Introduction

Pour répondre au besoin des clients de l'Office National de la Météorologie (ONM), les prévisionnistes à l'ONM effectuent chaque jour plusieurs analyses des données des modèles de prévisions météorologiques tels que ALADIN et AROME (Termonia et al., 2018). Ils effectuent aussi l'analyse des données d'observation comme les METAR, SYNOP et des images satellitaires. Ces analyses permettent d'avoir une idée sur l'état réel de l'atmosphère pour mieux appréhender les états futurs. Ce travail présente le développement d'une application Web destinée aux prévisionnistes afin de les aider à bien exploiter les données météorologiques. Elle permet de visualiser les modèles numériques atmosphériques et les modèles des vagues comme le MFWAM et le WAM, la superposition de l'observation de plusieurs types d'observation (valeurs, pictogrammes etc). Elle permet également de visualiser les images satellitaire MSG (Meteosat Second Generation). Dans cet article, on se propose de décrire assez brièvement la conception et le développement d'AmetView et les fonctionnalités standards de l'application.

2. Méthodologie

Conception et réalisation de l'application

L'application AmetView est une solution Web développée avec une architecture 3-tiers c'est-à-dire constituée par un coté FrontEnd considéré comme une application cliente développée avec le framework ReactJs (Mark Tielens Thomas 2018), et par un coté BackEnd considéré comme un serveur pour le décodage alors que le traitement des données est développé avec le Framework Laravel (Laaziri et al. 2019) et un système de gestion de base de données pour le stockage de l'information utilisant le SGBD relationnel PostgreSQL. La communication entre le BackEnd et le FrontEnd est assurée par le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol). Le serveur expose des ressources sous forme d'une API (Application Programming Interface) et d'un REST (Representational State Transfer), ces ressources sont ensuite consommées par l'application cliente via le protocole HTTP. En plus des données météorologiques nous avons introduit le langage Python qui nous permet de traiter ces données avec des modules de programmation pouvant décoder les informations véhiculées par les fichiers spéciaux au format GRIB1, GRIB2 (GRIB2 Binary) et BUFR. (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data). Ce sont des formats permettant d'exploiter et d'archiver beaucoup de données météorologiques. Nous avons aussi fait usage de la technologie GeoServer (Colin 2014) qui est un serveur de données géospatiales pour l'affichage d'une carte géographique en interne, c'est une technologie très performante qui nous permet d'héberger notre propre système d'affichage de cartes géographiques sur un serveur local. GeoServer permet notamment d'utiliser la spécification WMS utilisée par notre application. Cette dernière offre l'avantage de proposer une interface HTTP standard

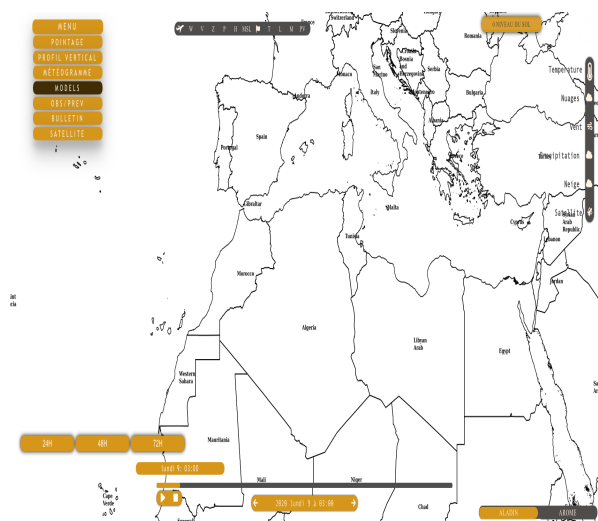


Figure 1. L'interface graphique de l'application AmetView.

pour récupérer des données d'images de cartes géospaciales. Geoserver permet aussi de récupérer ces images à partir de plusieurs serveurs WMS et de les superposer pour avoir un rendu réaliste. L'application AmetView accepte plusieurs types de format en amont pour le décodage des données de prévision, dans notre cas nous nous sommes concentrés sur le format GRIB avec les deux version GRIB1 et GRIB2 qui sont considérés comme des formats standards dans le domaine de la prévision. Les données sous formats GRIB sont extraites et décodées en utilisant l'API Pygrib (Jeff Whitaker et al. 2019). Ces données sont ensuite utilisées par Magics de l'ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Siemen et al.

Elle dispose d'une interface graphique flexible, ergonomique et très conviviale qui offre plusieurs fonctionnalités à l'utilisateur. Elle permet notamment de décoder les données des modèles numériques, de les visualiser et de faire plusieurs types de superposition selon le besoin (Observation, Image satellitaire etc.), la figure 2 montre l'affichage de l'observation sur la carte

L'application AmetView permet aussi de faire superposer la température, le géopotential et l'humidité comme le montre la figure 3.

Plusieurs autres fonctionnalités ont été implémentées tel qu'un menu contextuel permettant de naviguer entre les différentes fonctionnalités de l'application comme le profil vertical de l'atmosphère à un point (Lat/Lon) donné, le météoigramme, le pointage de l'observation sur la carte, l'affichage des différents types de messages météorologiques comme le METAR, le SYNOP, l'élaboration des directives, des BMS, des bulletins marine etc. L'affichage en haut de l'écran présente d'autres fonctionnalités de l'application comme l'affichage des stations météorologiques sur la carte, le découpage des wilayas, l'animation du vent, du géopotential, l'humidité, le profil vertical de certains paramètres météorologiques et les contours de la pression et de la tem-

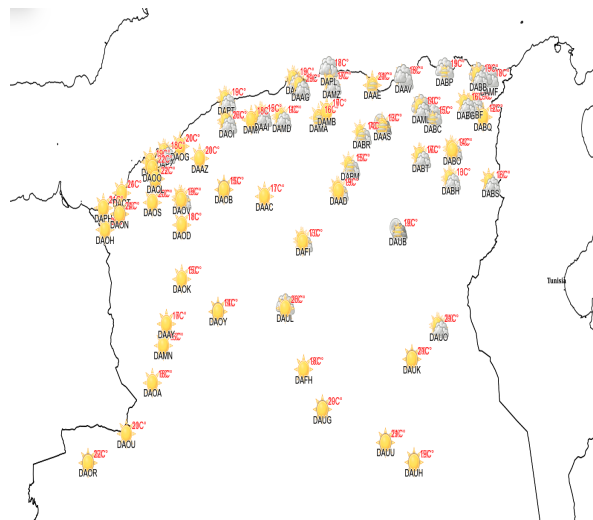


Figure 2. L'affichage des messages SYNOP et METAR sur la carte.

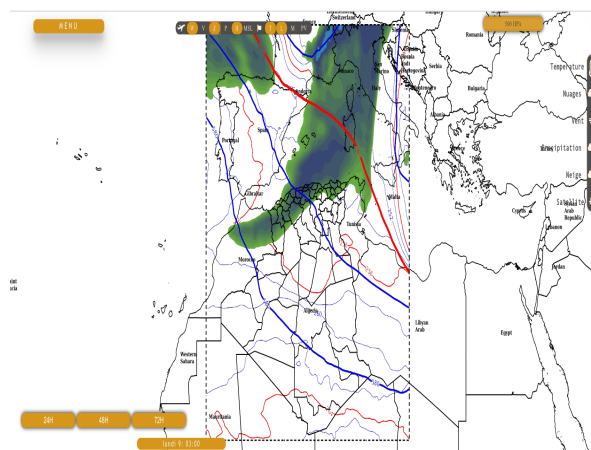


Figure 3. Superposition de la température, du géopotential et de l'humidité à 500 hPa.

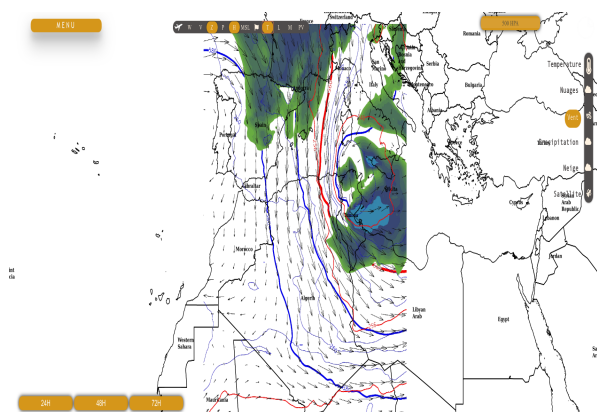


Figure 4. La superposition du vent, de la température, du géopotiel et de l'humidité à 850 hPa.

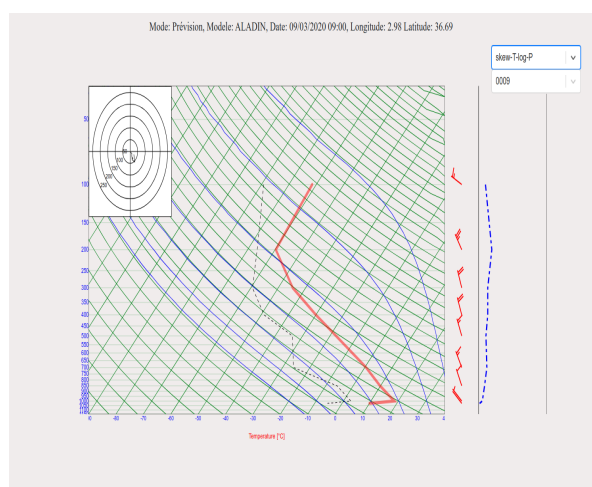


Figure 5. Le profil vertical de prévision sur un point (Lon=2,98 et Lat=36,69) du modèle AROME/Algérie daté de la journée du 09/03/2020.

pérature etc.

La figure 5 représente le profil vertical de l'atmosphère en un point issu du modèle numérique AROME/Algérie.

3. conclusion

L'application AmetView est une solution WEB qui permet de faire l'analyse et l'exploitation des données météorologiques d'observation et des prévisions. Elle permet de décoder plusieurs types de données et par la suite d'afficher les données traitées avec des formats faciles à exploiter. AmetView est considéré comme une solution Web complète pour toutes les données météorologiques, elle permet d'accéder à une large gamme d'informations n'importe où et à tout moment, sur PC dans un premier temps et sur smartphone et tablette tactile dans un deuxième temps, pour un grand nombre d'utilisateurs. Elle propose différents outils hautement personnalisables et à la pointe de la technologie qui sont très faciles à utiliser pour l'exploitation des données météorologiques.

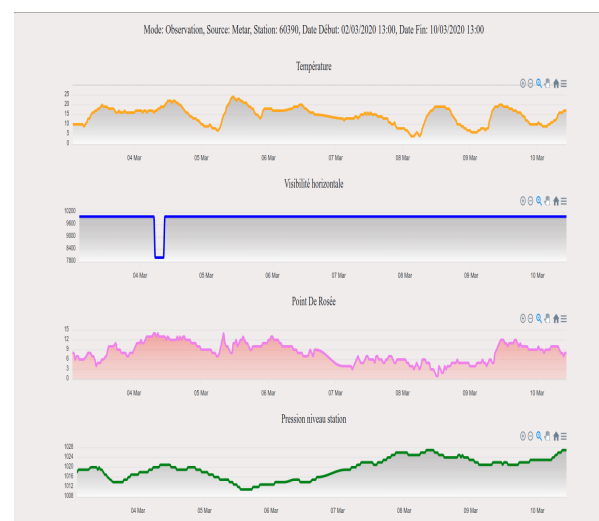


Figure 6. Météogramme des données d'observation (METAR) pour la station de Dar El Beida (60390), pour les paramètres : température, visibilité horizontale, point de rosée (Td), et MSLP pour la période allant du 02/03 à 13h00 au 10/03 à 13h00.

References

- [1] Laaziri, Majida & Benmoussa, Khaoula & Khouli, Samira & Larbi, Kerkeb & Yamami, Abir. A comparative study of laravel and symfony PHP frameworks. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2019.
- [2] Mark Tielens Thomas. React in action 1st edition. Manning Publications; 1st edition (July 8, 2018) Colin Henderson. Mastering GeoServer. Packt Publishing, 2014.
- [3] 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.
- [4] Jeff Whitaker, Tom Hamill, Gary Bates, Don Murray, Mike Fiorino, Tom Galarneau, A Description of the 2nd-Generation NOAA Global Ensemble Reforecast Data Set, NOAA Earth System Research Lab, Physical Sciences Division Boulder, Colorado USA under a US Department of Energy supercomputer grant. 2019
- [5] Siemen S., Lamy-Thepaut S., Easy visualisation with Magics, ECMWF, 2018.

Détermination du risque de la sécheresse et des incendies de forêts en Algérie au moyen de l'Indice Keetch Byram Drought (KBDI)

Amina BOUCETTA¹, Salah SAHABI ABED^{1*}, Mehdi KERROUCHE¹, Oussama DOUBA²

Abstract

Après la mise en œuvre de l'indice HDW (Hot-Dry-Windy) de prévision de feux de forêts adapté récemment à l'ONM et testé tout au long de l'été 2019, nous essayons dans cette étude d'expérimenter une autre forme d'indice mis au point dans les années soixante-dix, permettant de jumeler la prévision des incendies des forêts avec celle de la sécheresse météorologique en un seul indice empirique modifié et adapté récemment pour la région de la Méditerranée appelé Keetch Byram Drought Index (KBDI). En plus des paramètres météorologiques, l'indice KBDI introduit l'évapotranspiration du couvert végétal dans la prévision de la sécheresse, ce qui permet également de l'utiliser dans la mesure du risque de déclenchement des feux de forêts. Nous étudions la capacité de cet indice à prévoir ces deux phénomènes au moyen des paramètres météorologiques prévus 24 heures à l'avance et issus du modèle de prévision AROME tourné à MétéoAlgérie et ce, sur les deux années 2018 et 2019 et sur un domaine couvrant l'ensemble de la partie nord de l'Algérie à savoir : le cumul quotidien et annuel des précipitations, la température maximale de la journée. Nous évaluons également la pertinence du KBDI dans la détection du risque de déclenchement des feux de forêts enregistrés réellement sur trois villes algériennes durant l'année 2019.

Keywords

Feux de forêts, sécheresse, Keetch Byram Drought Index, modèle AROME, Nord d'Algérie.

¹ Centre Climatologique National- Office National de la Météorologie

² Département de la prévision numérique du Temps - Office National de la Météorologie

*Correspondant:salah_sahabi@yahoo.com

Contents

1	Introduction	1
2	Méthodologie :	2
3	Calcul du KBDI adapté pour la région Méditerranéenne et l'Algérie :	3
4	Calcul de l'indice KBDI pour l'Algérie	3
5	Calcul du KBDI à l'état initial : KBDI_start	4
6	L'évolution Mensuelle de l'indice KBDI au Nord de l'Algérie pour l'année 2018	4
7	L'évolution Mensuelle de l'indice KBDI au Nord de l'Algérie pour l'année 2019	7
8	Cas d'étude :	10
8.1	Cas de la wilaya d'El-Tarf	10
8.2	Cas de la wilaya de Tizi-Ouzou :	10
9	Cas de Tlemcen :	10
10	Conclusion	10

1. Introduction

La Méditerranée est l'une des zones déclarées comme un spot de réchauffement climatique. Les conséquences de ces changements climatiques d'après les rapports du Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) prévues

seront désastreuses (IPCC, 2013), et seront marquées par une diminution des précipitations, des canicules intenses et récurrentes, des feux de forêts, des sécheresses Qui se font déjà sentir sur la majeure partie de la Méditerranée et ne cessent de s'accélérer d'une année à une autre (Sahabi et al. 2011 ; M.D. Agnew et al. 2013) L'Algérie étant située dans la rive sud de la Méditerranée a connu ces dernières années une succession de phénomènes extrêmes, dont le domaine forestier est largement touché. L'année 2019 a été marquée depuis le début de l'été par un nombre remarquable d'incendies ayant ravagé plusieurs hectares de forêts en raison des périodes caniculaires longues et importantes. Il existe cependant une forte liaison entre la sécheresse et les feux de forêts (Camia et Amatulli, 2009 ; Gülşen Kumet Mehmet E. Sonmez, 2016). En effet, ces deux aléas sont très liés car ils sont affectés et provoqués par les mêmes conditions météorologiques. L'interaction de la sécheresse avec d'autres facteurs déclenchant des feux tels que la température, le vent, l'orographie aura des répercussions sur l'intensité et la sévérité des incendies de forêts, car la sécheresse joue le rôle d'accélérateur du degré d'inflammabilité du couvert végétal et les températures élevées favorisent l'évapotranspiration des végétaux. L'assèchement du sol en raison d'un long épisode de déficit pluviométrique, favorisera les conditions de propagation des feux et aggravera davantage la gestion ou le con-

trôle de feux de forêts. La sécheresse a un impact direct sur le sol et sur l'environnement biologique des plantes. Elle affecte notamment le stress hydrique ; plus la sécheresse s'accroît plus l'inflammabilité des plantes augmente, ce qui favorisera le déclenchement des feux de forêts. Par conséquent, une bonne prévision de sécheresse peut aider à la prévision anticipée du déclenchement des feux de forêts grâce à des indices empiriques. Le déficit en eau du sol amplifie également le phénomène de la désertification et l'ensablement surtout au niveau des régions nord-ouest du pays. La sécheresse est l'un des premiers facteurs intervenant dans la limitation du rendement agricole, elle influence la plupart des processus physiologiques de la plante (Monneveux et Nemmar, 1986). La prévision spécifique aux feux de forêts ou de sécheresse représente un défi majeur non seulement pour les chercheurs mais également pour les planificateurs et les décideurs de divers secteurs. Ces deux phénomènes figurent dans le répertoire des catastrophes naturelles, et ont des conséquences dévastatrices sur l'agriculture, l'environnement, l'hydrologie et les ressources en eau, et donc l'économie. Plus ces phénomènes sont récurrents et sévères, plus ils seront difficiles à gérer et peuvent causer davantage de dégâts, d'où vient l'importance d'adapter de nouvelles méthodes de prévision météorologique et de suivi du risque de ces phénomènes sur l'ensemble de notre région. Nous tentons alors dans cette étude d'utiliser l'indice KBDI « Keetch Byram Drought Index » développé par Keetch et Byram en 1968 aux Etats-Unis, qui combine à la fois le phénomène de la sécheresse et celui des feux de forêts. Nous essayerons de s'en servir pour étudier la possibilité de prévoir en plus des incendies de forêts, la sécheresse au moyen des données météorologiques prévues par les modèles numériques tournés à l'ONM. L'objectif étant de renforcer les systèmes d'alerte opérationnels des phénomènes dangereux, une démarche s'inscrivant dans le cadre de la sécurité des personnes et des biens, une des missions fondamentales de MétéoAlgérie. Il existe dans la littérature plusieurs indices pour surveiller soit la sécheresse comme le SPI (Indice de Précipitations Standardisé) (Amin Zargar et al., 2011), ou bien les feux de forêts comme le FMI (Fuel Moisture Index) ou bien le HDW (Heat-Dry-Windy index) mis au point récemment au niveau de l'ONM (Sahabi et al. 2019). Nous avons opté alors dans cette étude pour le choix de l'indice KBDI combinant à la fois ces deux aléas ; il est utilisé pour mesurer le niveau du risque de la sécheresse et celui du risque météorologique des incendies de forêts en fonction de la température journalière maximale et le cumul annuel de précipitations (Pao-Shin Chu et al., 2009). Il mesure en autres, la quantité d'humidité manquante dans le sol (stress hydrique) ou plutôt le degré de séchage au sol grâce à l'évapotranspiration. En effet Crane (Crane, 1982) propose deux formes d'équations de calcul de cet indice basées sur les unités utilisées (cm ou le pouce pour le cumul pluviométrique et le degré Fahrenheit ou le Celsius pour la température maximale) ; il est calculé de manière

KBDI	Risque
<99	Très Faible
100 – 199	Faible
200 – 299	Modéré
300 – 399	Elevé
400 - 599	Très Élevé
>600	Extrême

Table 1. Classification du niveau du risque de sécheresse ainsi que des feux de forêts à travers l'indice KBDI calculé sur la base de l'équation (1) (John J. Keetch, 1968)

empirique mais devra être à chaque fois adapté selon la région ou la zone géographique concernée (Ganatsas et al. 2011, A. Garcia-Prats et al. 2015). Dans notre cas, nous utiliserons la formule proposée adaptée et validée sur la région de la Méditerranée par Gantas et al. utilisant les unités du système international (SI). L'indice KBDI est simple et facile à calculer notamment durant la saison estivale allant de Juin à septembre ; une saison très chaude et sèche sur toute la zone méditerranéenne favorisant les phénomènes de sécheresse et de feux de forêts. Le calcul de KBDI nous renseignera sur les zones et les périodes de haut risque de déclenchement de feux de forêts en prenant en compte le degré de séchage du sol, à travers le paramètre évapotranspiration, car cet indice est un indice de sécheresse à la base, pouvant être utilisé pour la prévision des feux de forêts.

2. Méthodologie :

A l'origine, l'équation classique, du calcul du KBDI a été développée par Keetch et Byram en 1968 (John J. Keetch, 1968). Cette équation a été ensuite corrigée par Crane (Crane, 1982), car elle portait 2 constantes erronées. L'équation corrigée du KBDI avec la température exprimée en °F et les précipitations en pouces d'après Crane (Crane, 1982) deviendra alors :

$$DF = \left[\frac{(800 - KBDI) \cdot (0.968 \cdot e^A - 8.30) \cdot dt}{(1 + 10.88 \cdot e^B)} \right] \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Où : $A = 0.0486 \cdot T$; $B = -0.0441 \cdot R$

Avec :

- DF : Facteur de sécheresse (en 0.01 pouce= 10^{-2} pouces).
- $KBDI$: la valeur de l'indice de sécheresse pour la journée précédente (en 0.01 pouce= 10^{-2} pouces).
- T : Température maximale journalière en (°F).
- R : Moyenne annuelle des pluies (en pouce).
- dt : Temps de calcul, équivaut généralement à 1 jour.

La même équation (1) a été adaptée par Crane (Crane, 1982) en utilisant les unités du système international (SI) où la température est exprimée en °C et les précipitations en mm, elle est donnée par l'équation (2) suivante :

$$DF = \left[\frac{(203.2 - KBDI) \cdot (0.968 \cdot e^A - 8.30) \cdot dt}{(1 + 10.88 \cdot e^B)} \right] \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

$A = 0.0875T + 1.5552$; $B = -0.001736R$ Avec :

- DF : Facteur de sécheresse (en mm)
- KBDI : Valeur de l'indice de sécheresse pour la journée précédente (en mm)
- T : Température maximale journalière en (°C)
- R : Moyenne annuelle de pluie (en mm)
- dt : Temps de calcul généralement équivalent à 1 jour

Dans l'équation (2), le terme relatif à l'évapotranspiration est exprimé par :

$$ETP = \frac{(0.968e^A - 8.30)}{1 + 10.88e^B} 10^{-3}$$

Soit :

$$ETP = \frac{(0.968e^{0.0875T+1.5552} - 8.30)}{1 + 10.88e^{-0.001736R}} 10^{-3}$$

Une fois calculé, le KBDI pour un jour « J » (KBDIt) est obtenu en ajoutant DF à la valeur KBDI de la journée « J-1 » (KBDIt-1) moins la pluviométrie nette recueillie sur le jour actuel (Pn). Si le résultat est négatif, alors le KBDI est assimilé à zéro. On alors : $KBDIt = KBDIt-1 + DF - Pn$ D'après la formule originale du calcul du KBDI (équation 1), la valeur 800 représente la limite maximale du KBDI, cependant et en application des unités du système international (équation 2), le maximum du KBDI devient équivalent à 203. Le KBDI est faible lorsque le cumul des dernières 24h est supposé dépasser 5mm ou (0.2 pouces). Une initialisation du calcul du KBDI s'impose pour une bonne adaptation de l'indice aux conditions météorologiques. Elle se fera souvent à compter de la période où les précipitations sont abondantes. L'indice KBDI varie de 0 dans le cas de la saturation du sol en eau correspondant à la catégorie « aucun risque de feux de forêts » jusqu'à la valeur 203 qui représente le maximum du déficit d'humidité, équivalent à un grand potentiel de déclenchement de feux de forêts.

3. Calcul du KBDI adapté pour la région Méditerranéenne et l'Algérie :

L'équation du KBDI établie par Keetch et Byram a été obtenue grâce à de multiples relations fonctionnelles entre l'évapotranspiration, la température maximale et les précipitations annuelles

KBDI	Risque
<60	Très Faible
61-100	Faible
101-150	Modéré
151-180	Elevé
>180	Extrême

Table 2. Classification du niveau du risque de sécheresse ainsi que des feux de forêts à travers l'indice KBDI appliqué pour la région Méditerranéenne et l'Algérie et calculé sur la base de l'équation (3) (Ganatsas et al. 2011).

moyennes. Afin d'obtenir les coefficients de l'équation (2), les auteurs ont fixé T de l'équation à 26,7 C (soit 80°F) et le cumul pluviométrique annuel R à 1270 mm (soit 50 pouces) comme valeurs de référence. Ganatsas et al. (2011) ont modifié la valeur de référence du cumul annuel des précipitations d'une valeur R de 1270 à 762 mm (soit de 50 à 30 pouces) pour adapter l'indice aux conditions climatiques méditerranéennes (Ganatsas et al. 2011, A. Garcia-Prats et al. 2015). L'équation du KBDI modifié à partir de l'équation (1) devient alors :

$$DF = \frac{(200 - KBDI)(1.71e^{0.0875T+1.5552} - 14.59)dt}{1 + 10.88e^{-0.001736R}} 10^{-3}$$

Où :

- DF : Facteur de sécheresse (en mm)
- KBDI : Valeur de l'indice de sécheresse pour la journée précédente (en mm)
- T : Température maximale journalière en (°C)
- R : Moyenne annuelle de pluie (en mm)
- dt : Temps de calcul généralement équivalent à 1 jour

Nous nous servons alors de l'équation (3) pour le calcul du KBDI dans cet article. On lance le calcul de l'indice (KBDIstart) avec l'hypothèse que le sol soit saturé, c'est-à-dire gorgé d'eau et ce à partir de 200mm d'eau (soit l'équivalent de 8 pouces). Cette valeur sera en fonction du lieu, du type de sol et de la végétation ; Comme tout indice, le KBDI doit être initialisé, pour cela, un appel à la climatologie est indispensable où l'on va rechercher la semaine où le cumul des précipitations enregistrées avoisine les 150/ 200 mm, une valeur déduite de la climatologie de notre région et au quelle on attribuera la valeur 0 au KBDI, ce qui constituera le point d'initialisation de cet indice correspondant à un risque nul de la sécheresse ou de départ des feux de forêts.

4. Calcul de l'indice KBDI pour l'Algérie

Après, un climat aride à semi-aride, la sécheresse en Algérie est un aléa climatique menaçant en permanence son

économie. La rareté des précipitations affecte souvent et fortement les rendements agricoles et menace la disponibilité des ressources en eau pour l'irrigation voire même pour la consommation des populations. La région nord-ouest de l'Algérie connue par son déficit pluviométrique récurrent est la zone la plus touchée par ce phénomène. Dans cette étude, nous abordons uniquement la sécheresse de type météorologique. Cette dernière survient lorsque les précipitations sont bien inférieures à la normale (qui représente la moyenne arithmétique sur une période assez représentative). Cette sécheresse météorologique en plus de ses conséquences néfastes, reste très difficile à prévoir. Vu la relation directe entre la variation de la pluviométrie et l'apparition de la sécheresse, l'indice KBDI a le privilège de définir le risque de la sécheresse en fonction à la fois du cumul annuel des précipitations observées et du cumul pluviométrique enregistré durant les dernières 24 heures, c'est-à-dire un moyen de suivi et d'analyse continu très pertinent. Dans cette étude, nous utilisons les paramètres météorologiques archivés et issus du modèle de prévision AROME connu pour sa bonne résolution spatiale (3 km) et tourné à MétéoAlgérie (Termonia, 2018). Pour chaque point de grille, on calculera l'indice KBDI prévu 24h à l'avance en se servant de la température journalière maximale et du cumul prévu des pluies pour les prochaines 24 h, ce qui permettra de faire un suivi quotidien à travers la quantité d'humidité du sol pour prévoir le déclenchement de la sécheresse ainsi que des feux de forêts (William M. Jolly et al.).

5. Calcul du KBDI à l'état initial : KBDI_start

Comme pour chaque relation ou formule empirique, nous devons fixer la valeur initiale du KBDI matérialisé dans notre cas par le KBDI start. On cherchera dans nos archives climatologiques la journée ou bien la semaine où l'on a observé beaucoup de pluies sur le Nord du pays, ce qui suppose que le sol soit extrêmement humide, qui lui correspond alors un indice KBDI voisin du zéro (hypothèse du départ). Nous nous intéressons au calcul du KBDI quotidien à partir de l'année 2018 en raison de la disponibilité des données prévues par le modèle AROME. Dans cette année, le KBDI start coïncide avec la date du 14 Avril 2018, car durant cette journée, des pluies fortes ainsi que des averses ont intéressé la majeure partie nord de l'Algérie (la zone d'étude) où le sol est alors supposé être saturé, ce qui revient à dire que l'indice KBDI en cette journée est très faible voire même voisin du zéro. L'initiation du calcul du KBDI par les données archivées du modèle AROME est faite alors à compter de cette date du 14 avril 2018. La figure 1 illustre le KBDI relatif à cette journée.



Figure 1. Carte de prévision de l'indice KBDI pour la journée de 14 Avril 2018 correspondant à une journée pluvieuse sur l'ensemble du domaine au nord de l'Algérie

6. L'évolution Mensuelle de l'indice KBDI au Nord de l'Algérie pour l'année 2018

Afin d'illustrer l'évolution de la sécheresse ainsi que le risque météorologique du déclenchement des feux de forêts, nous avons calculé le *KBDI* quotidiennement depuis le 14 avril 2018 jusqu'à la fin du mois de décembre 2019. Nous montrons dans cet article uniquement la journée du 15ème jour de chaque mois depuis la date de lancement du calcul de KBDI afin de mettre en évidence la distribution spatiale du KBDI. Les cartes de la figure (2) montrent l'évolution de l'indice KBDI pour la journée du 15 de chaque mois de Mai, Juin et Juillet 2018. Nous constatons clairement que l'indice *KBDI* varie entre 0 et 100 en mois de Mai, tout en restant toujours dans les catégories de « très faible à faible », ce qui est d'un point de vue climatologique acceptable puisque ce mois a succédé la saison d'hiver, qui a connu des précipitations (introduites dans le calcul du KBDI ici à partir de 5mm) sur la partie nord du pays. A cette valeur de KBDI, le risque des feux de forêts ou de sécheresse est quasi nul. En Juin 2018, le *KBDI* a oscillé entre une catégorie « faible » à celle « modérée » sur les régions nord-ouest (entre 70 et 100), il se trouve par conséquent dans la catégorie sévère sur les régions nord-est, comme Tizi Ouzou, Jijel, Skikda et El-Tarf.

A partir du mois de Juillet, l'indice KBDI a augmenté davantage avec la rareté des précipitations et les températures maximales exceptionnellement chaudes (au-dessus de la normale) observées durant l'année 2018 accompagnées par un degré de séchage du sol très élevé. L'indice KBDI sera alors important sur la majeure partie Nord du pays, notamment sur les wilayas de l'Est, comme Jijel et Skikda. L'indice KBDI correspondant en ce mois avait dépassé 180, c'est-à-dire classé dans la catégorie « danger » pour un risque élevé

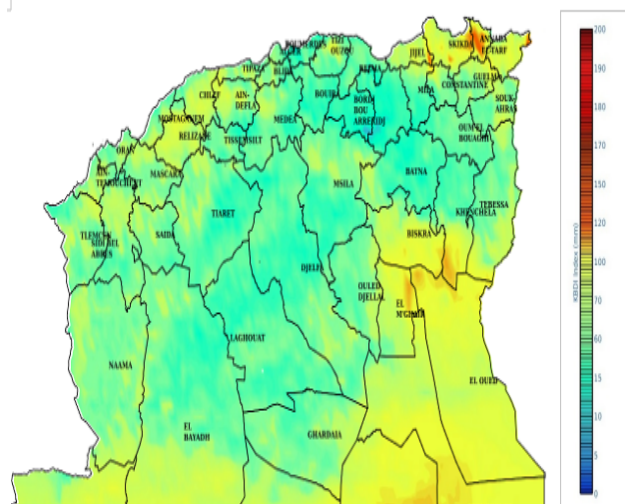


Figure 2. Carte de l'indice KBDI prévu par le modèle AROME pour Mai 2018 à la date du 15^{ème} jour du mois

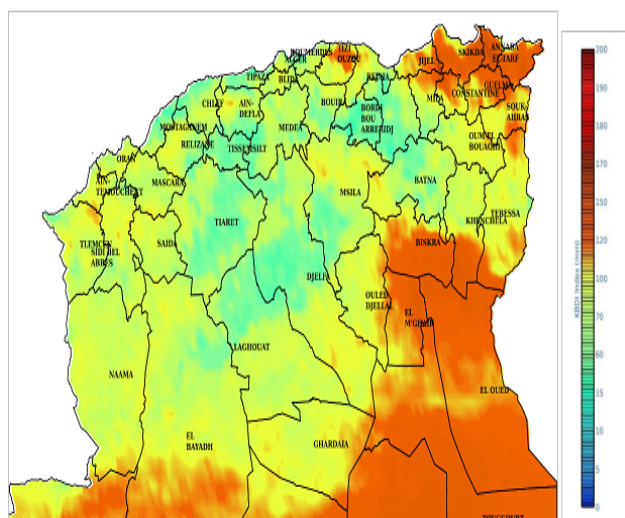


Figure 3. Carte de l'indice KBDI prévu par le modèle AROME pour Juin 2018 à la date du 15^{ème} jour du mois

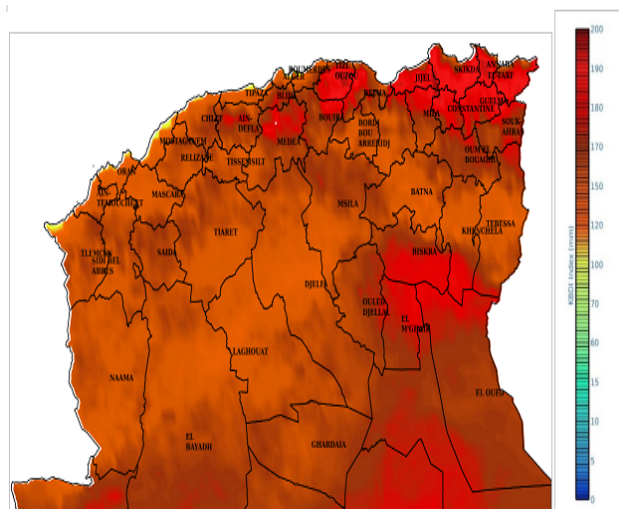


Figure 4. Carte de l'indice KBDI prévu par le modèle AROME pour Juillet 2018 à la date du 15^{ème} jour du mois

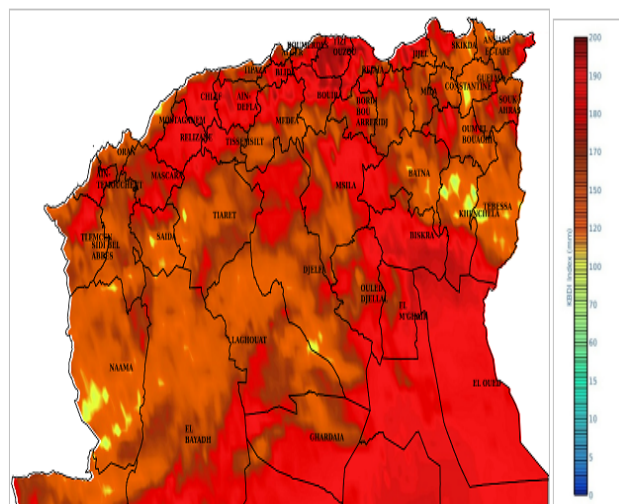


Figure 5. Carte de prévision de l'indice KBDI pour le mois d'Août 2018 à la date du 15^{ème} jour du mois

de sécheresse et de feux de forêts. L'indice KBDI est resté entre 180 et 200 durant tout le mois d'Août 2018 au-dessus de toute la région nord de l'Algérie. Comme la saison d'été 2018 était anormalement chaude, des valeurs élevées de l'indice KBDI ont été enregistrées. La direction Générale des Forêts (DGF) avait d'ailleurs enregistré un bilan lourd des feux de forêts sur plusieurs villes au nord du pays. Les valeurs déterminées du KBDI indiquent une catégorie de risque très élevé depuis juillet jusqu'à Octobre 2018. Les cartes tracées du KBDI de Juillet à Octobre montre une diminution graduelle du risque observé initialement sur la région Nord-Est. Contrairement à cela, le danger des feux et de sécheresse persistait encore jusqu'en mois d'Octobre sur les régions Nord-Ouest comme à Tlemcen, Ain-Temouchent, Oran où nous avons enregistré d'importantes valeurs du KBDI.

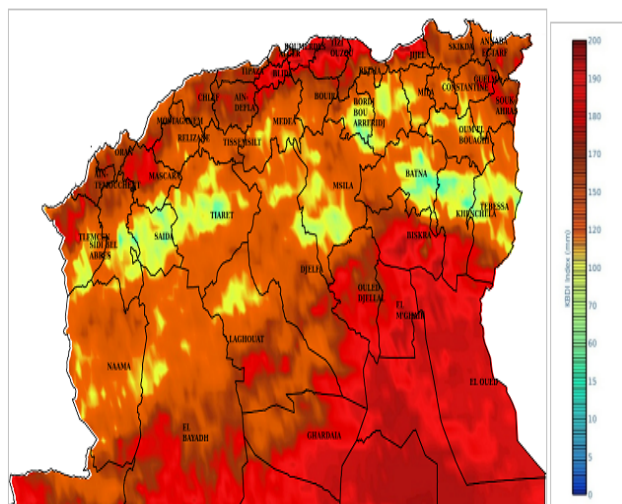


Figure 6. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Septembre 2018 à la date du 15ème jour du mois

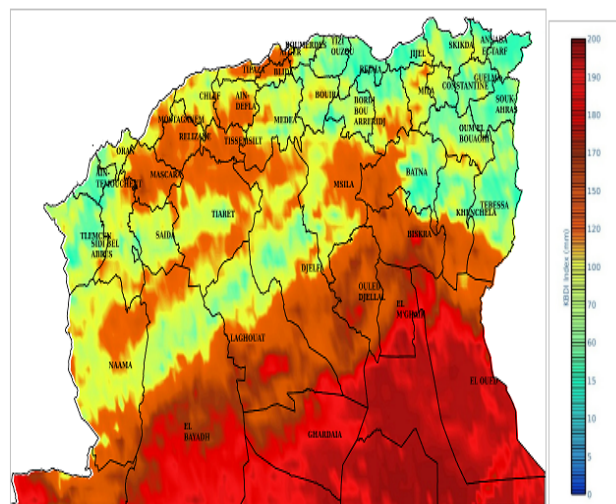


Figure 8. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Novembre 2018 à la date du 15ème jour du mois

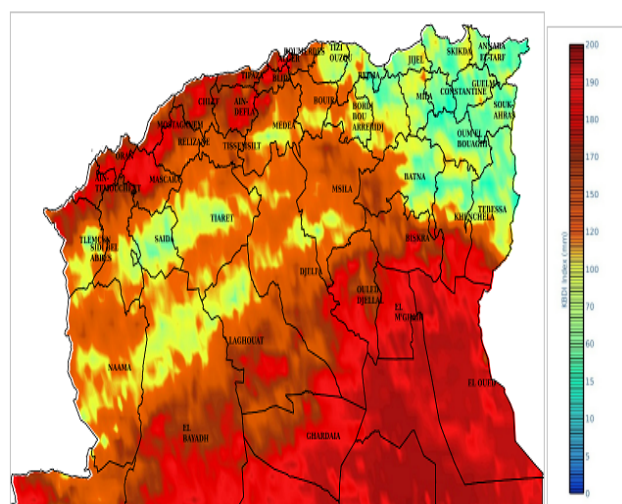


Figure 7. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Octobre 2018 à la date du 15ème jour du mois

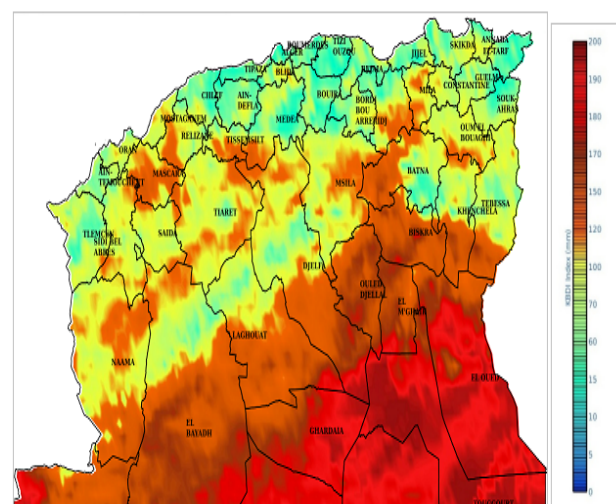


Figure 9. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Décembre 2018 à la date du 15ème jour du mois

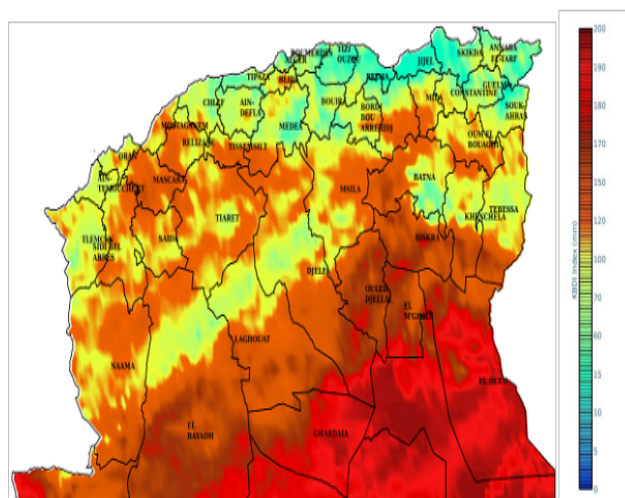


Figure 10. Carte de l'indice KBDI prévu pour Janvier 2019 à la date du 15ème jour du mois

Durant les mois de Novembre et Décembre, le KBDI avait pris des valeurs faibles en s'approchant à nouveau de la saison d'hiver, ce qui met le risque à la catégorie « très faible ». A partir des cartes d'évolution mensuelle élaborées du KBDI, nous constatons que celui-ci suit exactement la répartition spatiale des pluies sur le territoire algérien et donc épousé les mêmes gradients latitudinal et longitudinal des précipitations. En effet, sur la région Nord-Ouest connue par son déficit pluviométrique, nous avons relevé des valeurs plus importantes du KBDI contrairement à la région Est qui se trouve mieux arrosée, au moment où le sud et le Sahara connues par leur climat aride observent en permanence une situation de sécheresse confirmée par les valeurs calculées très élevées du KBDI.

7. L'évolution Mensuelle de l'indice KBDI au Nord de l'Algérie pour l'année 2019

Des cartes de l'indice KBDI prévu par le modèle AROME à travers les paramètres météorologiques prévues 24 h à l'avance sont élaborées mois par mois à la date du 15ème jour de chaque mois de l'année 2019.

Pour les premiers mois de l'année 2019, nous constatons que le KBDI de Janvier est dans la catégorie « faible à modérée » sur les wilayas de l'Ouest, avec une légère hausse autour des wilayas d'Ain-Temouchent, Mascara et Oran et des parties du sud-ouest en raison des températures anormalement chaudes enregistrées durant ce mois, ce qui a augmenté le degré de séchage du sol en cette zone. Dans cette zone le KBDI est resté élevé et a persisté ainsi jusqu'au mois d'Avril. En ce qui concerne la période estivale, des valeurs très fortes de l'indice KBDI généralement supérieures à 180 sont observées à partir du mois de Juin jusqu'au mois d'Août (Figure 05). Les mois de Juin et Juillet ont connu des températures très élevées sur toute la partie Nord du pays où

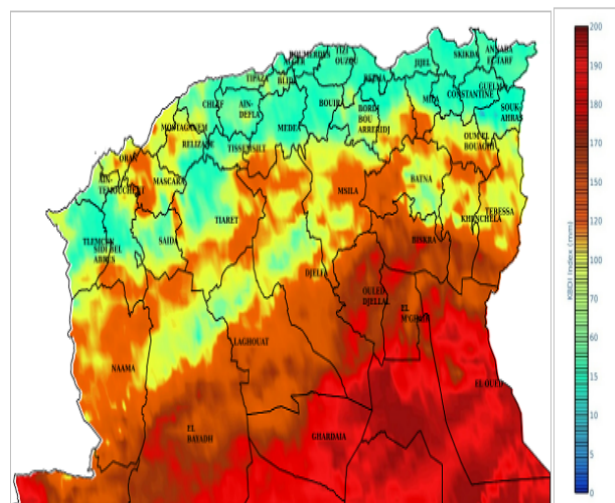


Figure 11. Carte de l'indice KBDI prévu pour Février 2019 à la date du 15ème jour du mois

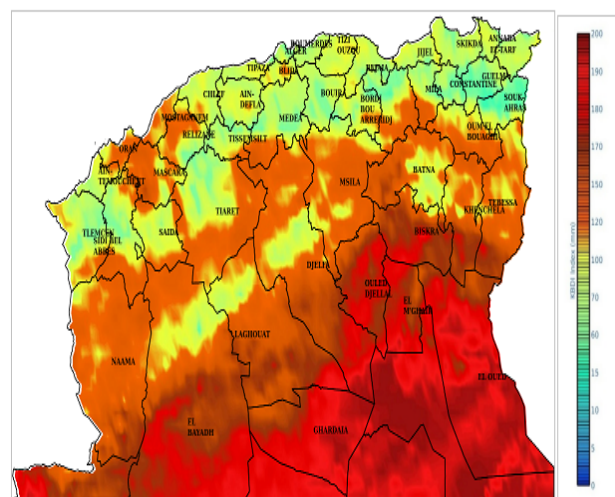


Figure 12. Carte de l'indice KBDI prévu pour Mars 2019 à la date du 15ème jour du mois

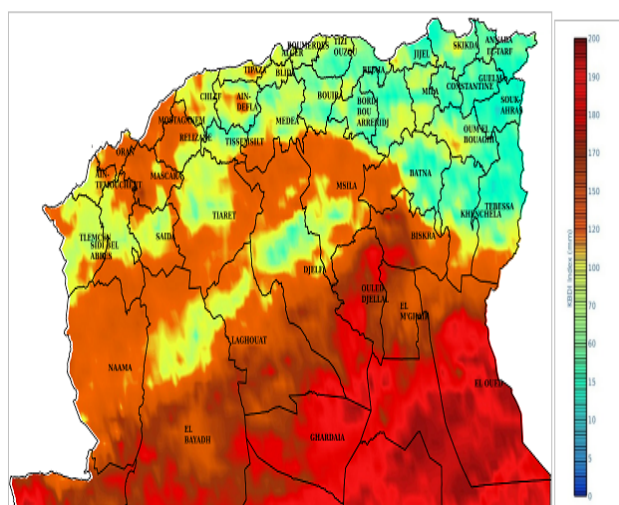


Figure 13. Carte de l'indice KBDI prévu pour Avril 2019 à la date du 15ème jour du mois

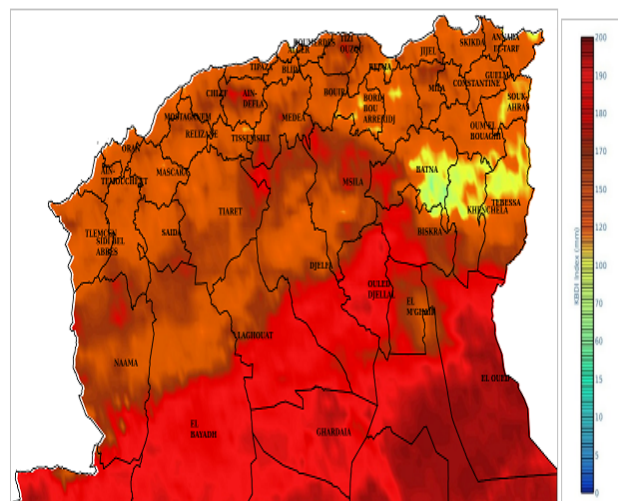


Figure 15. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Juin à la date du 15ème jour du mois

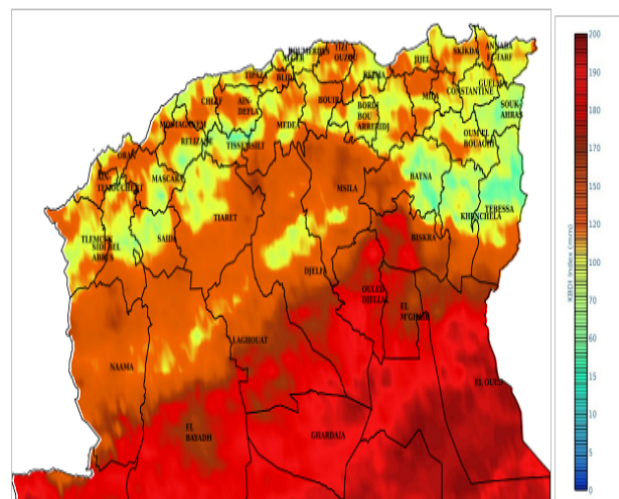


Figure 14. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Mai à la date du 15ème jour du mois

l'indice KBDI a oscillé entre 180 et 200, ce correspondant alors à un risque qualifié de « sévère à extrême » de la sécheresse et des incendies de forêts. La générale des forêts a confirmé l'enregistrement d'un nombre important de feux de forêts durant cette période estivale de 2019

Pour les mois de Septembre et Octobre 2019, l'indice KBDI continue d'indiquer des valeurs situées dans les catégories de « risque élevé à modéré » (Figure 06), puisque les températures étaient encore élevées sur toute la partie nord de l'Algérie, particulièrement en mois d'Octobre. En novembre et décembre, une diminution de l'indice KBDI assez sensible a été observée même si la zone des hauts plateaux est restée toujours sous le niveau de risque modéré.

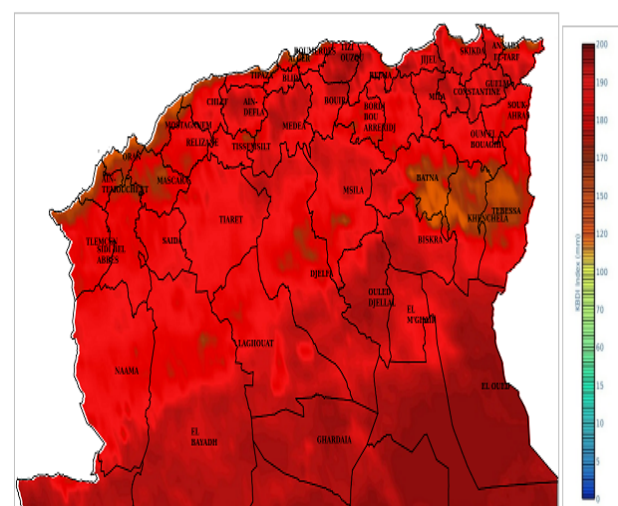


Figure 16. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Juillet à la date du 15ème jour du mois

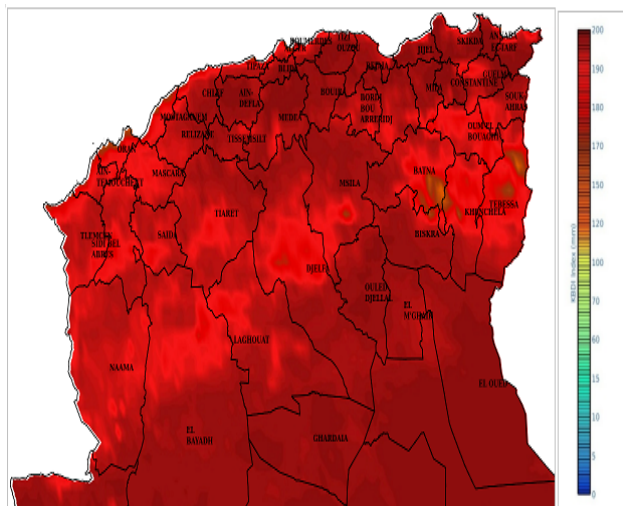


Figure 17. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Août à la date du 15ème jour du mois

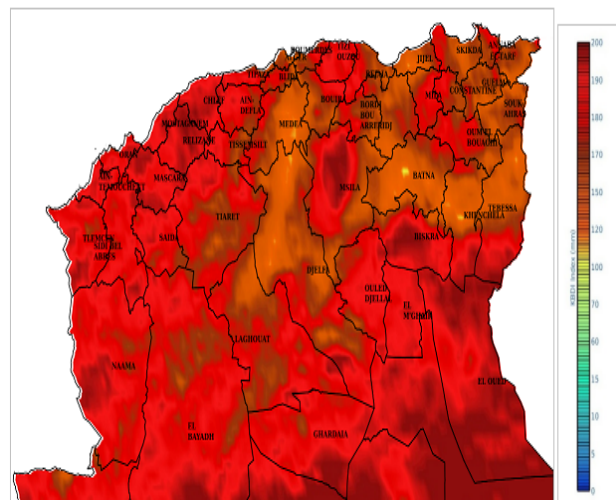


Figure 19. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Octobre à la date du 15ème jour du mois

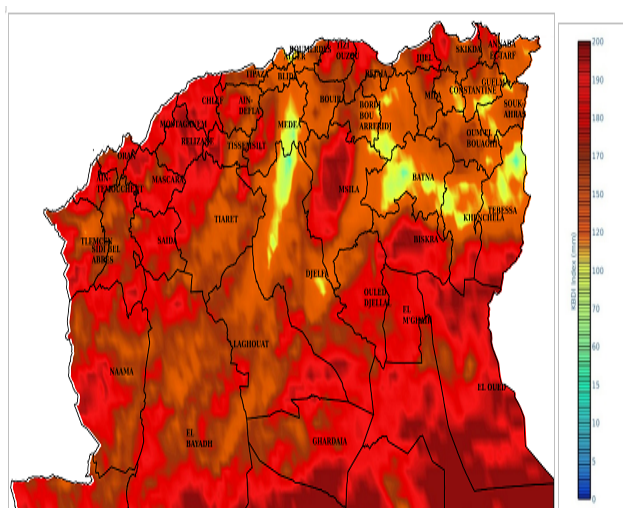


Figure 18. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Septembre à la date du 15ème jour du mois

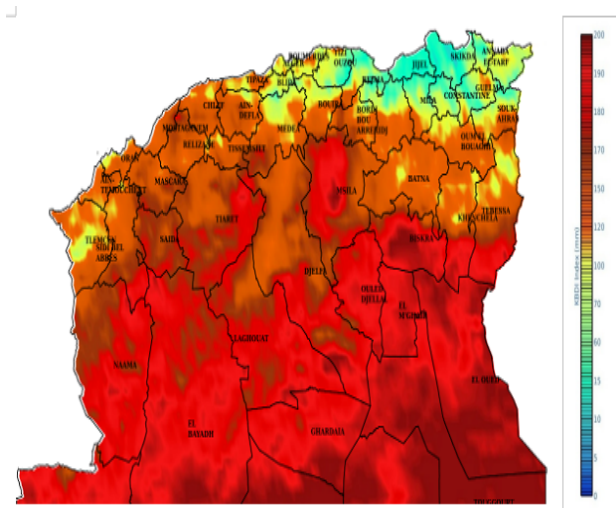


Figure 20. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Novembre à la date du 15ème jour du mois

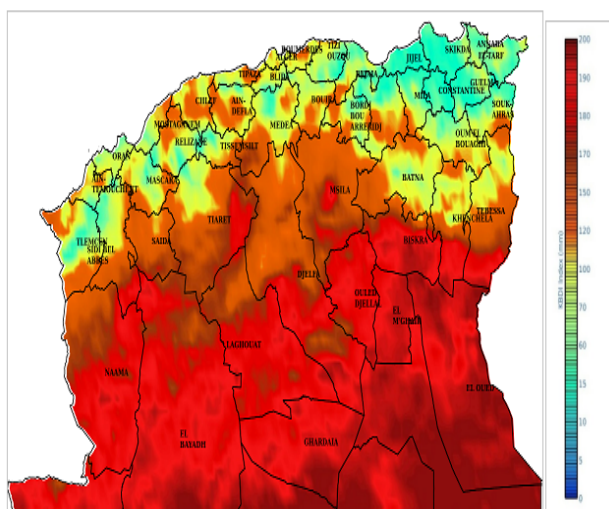


Figure 21. Carte de prévision de l'indice KBDI pour Décembre à la date du 15ème jour du mois

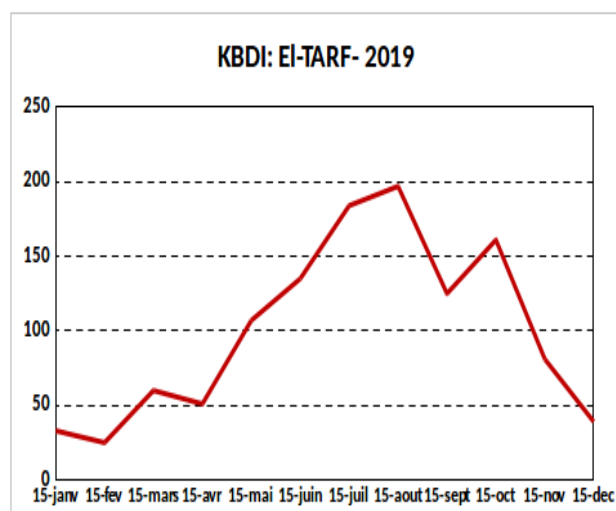


Figure 22. Evolution de l'indice KBDI sur l'année 2019 sur la wilaya d'El-Tarf à la date du 15ème jour de chaque mois

8. Cas d'étude :

Afin de valider l'indice KBDI sur des situations réelles de feux de forêts observés, nous avons élaboré des courbes d'évolution sur l'année 2019 de l'indice KBDI déterminé quotidiennement au-dessus de trois (03) villes algériennes représentant différentes zones du nord du pays. Le KBDI sera présenté à travers une courbe chronologique d'évolution déterminée à la date du 15ème jour de chaque mois de l'année 2019 au moyen des données météorologiques prévues au-dessus du point de grille le proche de chaque ville concernée, tirées du modèle AROME. Nous nous basons sur les informations relatées par la Direction Générale des Forêts pour le choix de ces 3 villes situées dans les trois différentes régions au nord du pays ayant observé un nombre important de feux de forêts à savoir : Tlemcen à l'Ouest, Tizi Ouzou au Centre et El-Tarf à l'Est.

Cas de la wilaya d'El-Tarf

L'indice KBDI de la wilaya d'El-Tarf (figure 22), montre clairement une évolution croissante durant l'année 2019 depuis le mois de Janvier jusqu'au début du mois de Septembre, puis une diminution progressive de l'indice jusqu'en mois de décembre. En raison des pluies enregistrées avant la date du 15 Janvier, le KBDI est resté inférieur à 100.

A compter du mois de Juin et jusqu'au début de Septembre, le KBDI est devenu de plus en plus important le plaçant dans les catégories correspondantes au risque « élevé à extrême » avec un pic de 199 observé à la fin du mois d'Août, coïncidant avec une température maximale très élevée. Le sol étant alors extrêmement sec, en mois d'Octobre où l'on a observé des températures supérieures à leurs normales climatologiques habituelles, ce qui par conséquent a engendré une situation de sécheresse importante (forte ETP) mettant alors l'indice dans la catégorie de risque « élevé ».

Cas de la wilaya de Tizi-Ouzou :

Pour la wilaya de Tizi-Ouzou, le KBDI déterminé pour l'année 2019 (figure 23) se trouvait dans la plage de la catégorie « faible à très faible » jusqu'à la fin du mois de Mai (inférieur ou égal à 100) , pour devenir ensuite « modéré » atteignant un maximum de 200 en période estivale notamment durant le mois d'Août, ce qui marque un degré très important de séchage du sol, augmentant ainsi le risque de déclenchement d'incendies de forêts, le plaçant dans la catégoriale de « sévère ». En effet, en ce mois d'Août la DGF avait enregistré plusieurs incendies sur la wilaya de Tizi Ouzou. Pour vérifier davantage cette situation, nous élaborons l'évolution du KBDI durant la semaine allant du 18 au 23 Août 2019 (figure 23) , une période où la DGF avait signalé plusieurs foyers de feux de forêts survenus sur plusieurs zones de la wilaya de Tizi-Ouzou . Nous observons clairement sur la figure 24 que l'indice KBDI est resté quasiment constant tout au long de cette période avec une valeur de 199, attribuée à un risque « extrême ».

9. Cas de Tlemcen :

La variation temporelle de l'indice KBDI durant l'année 2019 au-dessus de Tlemcen (figure 25) montre que celui-ci est devenu important depuis le mois de Mars (plutôt que normalement) en raison du déficit pluviométrique observé, contrairement aux wilayas précédentes. Le KBDI est resté élevé jusqu'au mois d'Octobre avec un pic relevé en mois d'Août.

10. Conclusion

L'objectif de cette étude étant d'étudier la possibilité de prévoir la sécheresse ainsi que le départ des feux de forêts au moyen d'un indice empirique déployant des informations météorologiques mettant en exergue la sécheresse

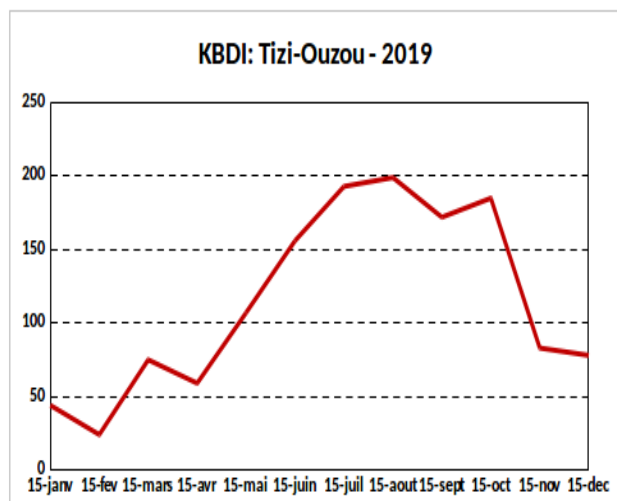


Figure 23. Evolution de l'indice KBDI de l'année 2019 sur la wilaya de Tizi-Ouzou à la date du 15ème jour de chaque mois

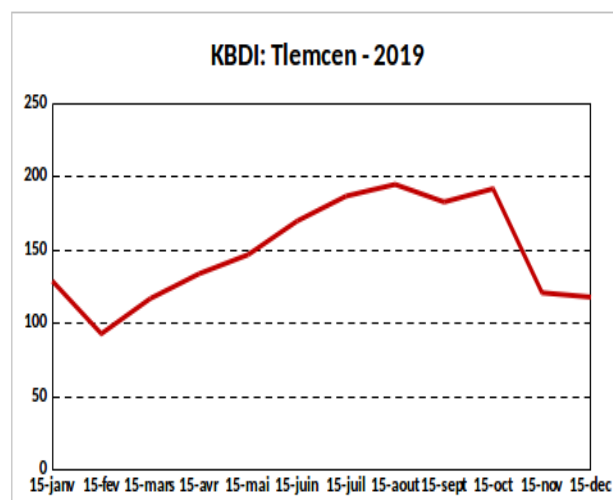


Figure 25. Evolution de l'indice KBDI de l'année 2019 sur la wilaya de Tlemcen à la date du 15ème jour de chaque mois

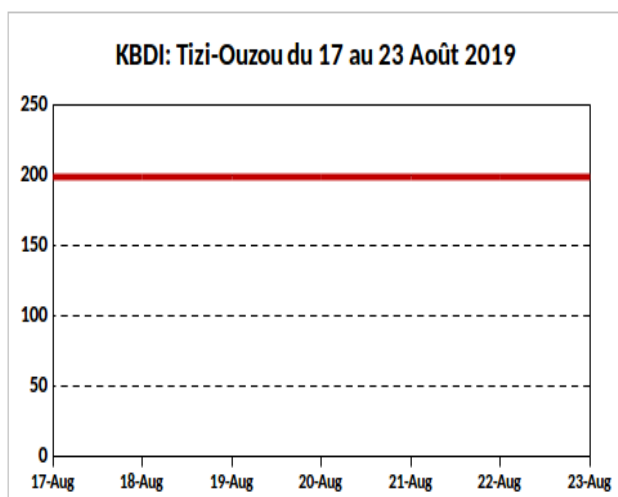


Figure 24. Evolution de l'indice KBDI durant la semaine allant du 17 au 23 Août 2019 au-dessus de la wilaya de Tizi-Ouzou coïncidant avec les journées des feux de forêts

due au déficit pluviométrique, la réduction de l'humidité du sol, l'évapotranspiration du couvert végétal ainsi que l'augmentation des températures maximales. Etant donné que la sécheresse dispose d'un lien étroit avec les départs des feux de forêts, le but de cette étude étant de tester l'indice empirique KBDI en vue d'améliorer la prévision de ces deux phénomènes (sécheresse et feux de forêts) et de proposer ainsi un nouvel outil d'aide à la décision en matière de lutte contre les incendies qui en chaque période estivale ravage des centaines voire des milliers d'hectares de forêts algériennes et détruisent le couvert végétal. Pour rappel, l'ONM avait mis au point l'an dernier un indice de prévision du risque météorologique des feux de forêts à travers l'indice " Hot Dry Windy Index " (HDW), utilisé durant la saison d'été de 2019. Dans cet article, nous proposons une nouvelle approche faisant appel à une autre forme d'indice appelé "Keetch Byram Drought Index" (KBDI), fondé exclusivement sur des paramètres météorologiques, comme les cumuls des pluies et la température maximale du jour et utilisant des paramètres dérivés comme l'évapotranspiration. Comme nous avons utilisé la formule de calcul du KBDI modifiée et adaptée à la région Méditerranéenne où nous avons eu à déterminer en fonction des données climatologiques la date d'initialisation du calcul de ce paramètre pour notre cas d'étude à partir de l'année 2018. Cette initialisation a été fixée au moment où le sol est saturé en eau suite à un épisode pluvieux et auquel correspond un KBDI nul ou voisin de zéro, comme préconisé par beaucoup d'auteurs. La journée d'initialisation recherchée correspond pour notre cas au 14 avril 2018, une journée marquée par des pluies répandues sur la majeure partie nord du pays. Nous avons alors calculé l'indice KBDI pour chaque journée (J) sur la base des paramètres météorologiques et du KBDI de la journée précédente (J-1) et ce, à l'aide des sorties archivées du modèle de prévision AROME, choisi pour sa meilleure

résolution spatiale (3 km). Cette approche nous permet aussi de faire un suivi continu et quotidien de l'évolution des zones affectées par la sécheresse (en termes de superficie, d'intensité ...) et ce, au moyen du suivi de la variation du KBDI qui tient compte des conditions passées météorologiques et hygrométriques du sol, ce qui par conséquent nous permet de prévoir en parallèle les régions à fort risque de déclenchement d'incendies. L'indice KBDI calculé depuis le début de l'année 2018 et pour chaque journée suit parfaitement le cycle saisonnier des précipitations. En effet, la saison d'hiver connue pour ses quantités importantes de pluies suggère un KBDI quasiment nul ; en revanche, le KBDI se trouve dans une catégorie à risque ou de danger « extrême » en été (KBDI supérieur ou égal à 180). Il est par contre « modéré » dans la phase de transition entre ces deux saisons, c'est-à-dire en printemps et en automne. La catégorie relative à un danger extrême coïncide avec une humidité au sol très déficitaire ce qui correspond du point de vue végétation à un degré d'inflammabilité assez élevé. En parallèle, si cette situation est accompagnée par des températures de l'air très élevées, on assistera à un risque potentiel de déclenchement des feux de forêts. Il s'avère alors d'après les cas étudiés que l'indice KBDI modifié est robuste puisqu'il prend en considération tous les paramètres météorologiques clés combinés avec l'état du couvert végétal résultant du déficit hydrique du sol, favorisant ainsi le déclenchement des incendies de forêts (Nizar Hamadeh et al., 2017). Nous avons montré à l'aide de l'indice KBDI que la période estivale ainsi que les journées caniculaires correspondaient à des périodes du risque extrême de sécheresse et de déclenchement des feux de forêts. A travers les cartes et les courbes d'évolution temporelle du KBDI réalisées tout au long de l'année 2019, l'indice a pu bien capter les journées caniculaires en indiquant des valeurs dépassant 190 tout en délimitant les zones à risque. Le KBDI avait bien mis en évidence les zones où la DGF avait observé des départs de feux comme des zones à risque important. Comme le KBDI est également tributaire des conditions climatiques, les régions au nord-ouest du pays où la sécheresse est plus accentuée sont plus exposées au risque des incendies de forêts que les régions du nord-est. Prévoir alors le KBDI à 24h ou 48 h d'échéance donnera désormais la possibilité de surveiller et de lancer des alertes quelque temps à l'avance au profit des secteurs en charge de la question de la sécheresse et des incendies de forêts. La mise en œuvre en exploitation de cet outil, permettra alors de vérifier davantage sa pertinence et de bien surveiller simultanément ces deux phénomènes dangereux et dévastateurs, surtout qu'ils sont prévus de s'accroître dans les années à venir sur notre région en raison du réchauffement climatique.

Références

1. John J. Keetch, Scientist, A Drought Index for Forest Fire Control. U.S.D.A. Forest Service Research Paper S

E- 38 Nov. 1968 disponible à
https://www.droughtmanagement.info/literature/USDAFS_Drought_Index_Forest_Fire_Control_1968.pdf

2. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2013-The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change, T. F. Stocker, D. Qin, and G.-K. Plattner, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2013.
3. S. Sahabi-Abed, M. Senouci, M. Haouari, and Z. M. Taleb, "future climate and impacts in the coastal case studies: Gulf of Oran, Algeria, Information sheet, CIRCE project," 2011.
4. M. D. Agnew, C. M. Goodess, D. Hemming et al., "Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean," in Case Studies, A. Navarra and L. Tubiana, Eds., vol. 3, pp. 23-60, Springer, 2013.
5. MONNEVEUX, Ph. & NEMMAR, M. (1986). - Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.): Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6 (6), pp. 583-590.
6. William M. Jolly, Patricia L. Andrews et Larry S. Bradshaw: The Wildland Fire Assessment System (WFAS): A web based resource for decision support.
7. Amin Zargar, Rehan Sadiq, Bahman Naser, and Faisal I. Khan: A review of drought indices. *Environmental Reviews* 19(1):333-349 DOI: 10.1139/a11-013, 2011, disponible sur: www.nrcresearchpress.com/er
8. Gülşen KUM , Mehmet Emin SÖNMEZ : Determination of Meteorological Forest Fire Risks in Mediterranean Climate of Turkey. *KSU J. Nat. Sci.*, 19(2), 181-192, 2016.
9. Garcia-Prats, Del Campo Antonio, Tarcísio Fernandes J.G, Antonio Molina: Development of a Keetch and Byram—Based drought index sensitive to forest management in Mediterranean conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* Volume 205, 1 June 2015, Pages 40-50.
10. Nizar Hamadeh, Ali Karouni, Bassam Daya , Pierre Chauvet : Using correlative data analysis to develop weather index that estimates the risk of forest fires in Lebanon & Mediterranean : Assessment versus prevalent meteorological indices. *case studies in Fire Safety* 7 (2017) 8-22

11. Pao-Shin Chu and Francis Fujioka : Natural variability of the Keetch–Byram Drought Index in the Hawaiian Islands. January 2009, International Journal of Wild-land Fire 18(4).
12. 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.
13. Salah SAHABI ABED, Selmane AHMED NOUR EL ISLAM, Amina BOUCETTA, Brahim Djebbar, Mehdi KERROUCHE , Application de l'indice Hot-Dry-Windy (HDW) pour la contribution à la prévision des feux de forêts au Nord de l'Algérie, Journal Algérien de Météorologie Appliquée, JAMA, Vol. 3, 61-73, 2019, revue interne de l'Office National de la Météorologie.
14. Crane, W. J. B. 1982. Computing grassland and forest fire behaviour, relative humidity and drought index by pocket calculator. Australian Forestry, v. 45, no. 2, p. 89-97.
15. Camia, A., Amatulli, G. 2009. Weather Factors and Fire Danger in the Mediterranean. in Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems. Edited by E. Chuvieco, pp. 71-82, Springer, Berlin.
16. Ganatsas Petros, Mantzavelas Antonis, Tsakalidimi Marianthi, Development of an adapted empirical drought index to the Mediterranean conditions for use in forestry, Agricultural and Forest Meteorology 151 (2011) 241–250, doi:10.1016/j.agrformet.2010.10.011
17. site : <https://www.wfas.net/index.php/keetch-byram-index-moisture-drought-49>

Étude de développement sur la prévision du brouillard

Oussama DOUBA^{1*}, Lahouaria BENREKTA¹

Abstract

Cet article présente une nouvelle approche de prévision de brouillard au sein de l'Office national de la météorologie dédié à l'exploitation comme outil d'aide pour le prévisionniste afin de détecter l'occurrence du phénomène de brouillard. Le développement a été établi suite à un cheminement qui traite les sorties standards du modèle numérique opérationnel AROME à 3 km de résolution (Termonia et al. 2018), qui ensuite sont injectées dans ce modèle de brouillard pour aboutir enfin aux résultats. Ce modèle prévoit l'occurrence du brouillard sur tous le nord de l'Algérie, et il a été testé sur plusieurs situations enregistrées pendant 12 mois successifs de l'année 2019. Les résultats de brouillard sont contrôlés et validés par rapport à l'observation météorologique issues des message METAR. Enfin, les perspectives de l'utilisation opérationnelle de ce modèle sont examinées.

Keywords

Brouillard, AROME, METAR.

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

*Correspondant: douba.oussama69@gmail.com

Contents

1	Introduction	1
2	Méthodologie	1
3	Résultats et discussion:	2
4	Conclusion	2

1. Introduction

Depuis longtemps les modèles numériques de prévision ne sont pas capables de reproduire correctement les processus mis en œuvre dans la formation et l'évolution du brouillard (Bergot, 1996). Actuellement, les modèles à grande résolution horizontale (de 1 à 6 Km) contiennent le paramètre de brouillard, malgré ça ils sont impuissants de prévoir exactement l'occurrence du brouillard. La prévision à courte échéance de l'apparition d'une couche de brouillard a toujours été un problème délicat pour les services météorologiques de tous les pays concernés par ce phénomène. On connaît bien les raisons principales de cette difficulté. D'une part, la résolution verticale des modèles de prévision est trop lâche pour décrire avec précision les profils verticaux de température et d'humidité dans les premières dizaines de mètres au-dessus du sol (couche où le brouillard se forme). Et d'autre part, il est nécessaire de disposer d'un jeu de paramétrisations physiques capable de décrire les phénomènes radiatifs et turbulents dans la couche limite nocturne, par régime de forte stabilité verticale. La visibilité est en relation directe avec le trouble de l'atmosphère. C'est un paramètre pénalisant l'activité aérienne au moment de l'atterrissage et du décollage des avions. Cette étude se focalisera surtout sur le brouillard qui réduit sensiblement la visibilité et affectent les régions Nord du pays et en particulier les aéroports du littoral Algérien. En abordant toutefois la définition de ce phénomène ainsi que la méthode util-

isée afin de servir comme outil d'aide pour la prévision générale et la prévision aéronautique en particulier. Toutefois, dans les bulletins de prévision générale, le prévisionniste est tenu de prévoir la probabilité de l'occurrence du brouillard quand les conditions de formation de ce dernier sont présentes. Comme le prévisionniste aéronautique est obligé de prévoir ce phénomène en précisant la valeur de la visibilité associée dans son message régulier TAF (Types of Aeronautical Forecasts) court ou long suite à l'importance de cette information vitale pour le pilote. Ci-dessous est un exemple de message aéronautique TAF: TAF DAAD 290800Z 2909/2918 04008KT 8000 SCT100= Au nord de l'Algérie on trouve généralement deux type de brouillard qui se forment fréquemment, le brouillard de rayonnement et le brouillard d'advection, et ce dernier le plus souvent qui est généralement moins dense que les autres types de brouillards (rayonnement... etc), mais plus épais (jusqu'à plus de 1000 ft). Cela implique que sa dissipation n'est pas toujours rapide il persiste plus que les autres types de brouillard.

2. Méthodologie

Le brouillard comme définition est la suspension dans l'atmosphère de très petites gouttelettes d'eau réduisant la visibilité au sol à moins d'un kilomètre. Il est considéré comme un phénomène particulièrement dangereux pour tous les types de transports, routiers, aéronautiques ou maritimes. En plus de réduire la visibilité, les brouillards peuvent entraîner de faibles précipitations sous forme de bruine, voire de neige, et des phénomènes de dépôts liquides ou givrants par températures négatives. Plusieurs conditions nécessaires pour que le brouillard se forme, le taux d'humidité de l'air doit être suffisamment élevé pour permettre la condensation de la vapeur d'eau par un refroidissement ou par un apport supplémentaire en humidité. Le vent ne doit pas être

trop fort, pour éviter la dispersion des gouttelettes d'eau, ni trop faible, ce qui empêche leur suspension dans l'air. La présence d'un nombre suffisant de noyaux de condensation est également nécessaire (Zihua al. 2019). Il existe plusieurs processus par lesquels la vapeur d'eau se condense au voisinage de la surface terrestre et donc plusieurs types de brouillard. Dans notre cas on s'intéresse à la formation de brouillard, le contenu en eau liquide est très important (CEL) dans ce cas pour la formation de ce type de brouillard avec un taux d'humidité de l'ordre de 100% et une température devient égale à la température du point de rosée.

Dans cette étude nous avons utilisé un organigramme validé par DANDOY et al. (2017) pour la détection de brouillard sur la terre et sur la mer. Nous avons utilisé plusieurs paramètres de modèle AROME tel que la précipitation, la force du vent, l'humidité, nuages bas, et la température de la surface de la mer, et nous avons calculé la température de point de rosée avec la formule de Heinrich Gustav Magnus-Tetens suivante:

$$\sqrt[8]{\frac{H}{100}} \cdot (112 + 0.9T) + 0.1T - 112 \quad (1)$$

- Tr : point de rosée en °C
- T : température en °C
- H : humidité relative

La figure 1 montre l'organigramme utilisé du modèle de prévision du brouillard sur la mer et la terre et les seuils correspondant pour chaque paramètres.

3. Résultats et discussion:

Pour connaître l'impact de cette méthode de prévision de brouillard nous avons comparé les résultats obtenus avec les observations issues des messages METAR des stations côtières de l'Algérie et même les stations des pays voisins (Le Maroc, La Tunisie, L'Espagne, La France et l'Italie), la figure 2 montre toutes les stations utilisées pour le contrôle de nos résultats.

La figure 3 montre les sorties de modèle de prévision de brouillard pour la date de 29 septembre 2019 chaque échéance (de 00h à 15h). la couleur en rouge représente une forte probabilité d'avoir le brouillard et la couleur bleu représente une moyenne probabilité d'avoir le brouillard.

La table de contingence pour la période de 01 Janvier jusqu'au 31 décembre 2019 (12 mois) et pour l'échantillon complet est présentée sur le tableau 1. Le score qui permettra de chiffrer la liaison entre les caractères «prévision» et «observation» est le coefficient de Tschuprow.

Ce coefficient est bien adapté pour les cas des phénomènes rares tels que l'occurrence des brouillards. Ce score est défini par la formule suivante:

$$T^2 = \frac{\chi^2}{N\sqrt{(r-1)(s-1)}} \quad (2)$$

où N est le nombre d'éléments de la table de contingence, r le nombre de colonnes, s le nombre de lignes et x le coefficient du khi qui égal à 1,48 pour les phénomènes rares. Le coefficient de Tschuprow varie de 0 (indépendance) à 1 (dépendance totale), (Bergot 1996). Ce type de score permet de s'affranchir de toutes les dissymétries liées à la climatologie du phénomène ; en particulier, une prévision aléatoire ou constante donne un score nul (Vialar 1986). D'après le tableau 1, on remarque que le score de Tschuprow sur toute la période est de 0,74. On compte 115 cas de brouillard à la fois observés et prévus et 16 « non-détections ». Au total, 88 % des brouillards observés ont été bien prévus. Sur les 128 cas de brouillard prévu, 115 cas ont été réellement observés et 13 cas constituent des « fausses alertes ». Cependant, ce chiffre n'est pas suffisamment significatif puisque les jours sans brouillard sont beaucoup plus nombreux que ceux avec brouillard (76 jours). Après avoir abordé la qualité de la prévision pour l'occurrence du brouillard, nous avons étudié la qualité de la prévision de l'heure de formation du brouillard. Pour cela, nous avons fait une prévision horaire du brouillard pour détecter l'heure de sa formation et nous avons tracé le graphe de la figure 4 qui montre la répartition de l'heure de formation du brouillard pour les cas observés de brouillards.

D'après la figure 4, on remarque bien que les heures de formation de brouillard se situent principalement en milieu et en fin de nuit. En effet, c'est pendant la période de faible refroidissement local (à partir du milieu de la nuit) que les erreurs commises sur les paramètres d'entrée prennent le plus d'importance.

4. Conclusion

Les résultats présentés dans cet article obtenus sur un échantillon représentatif d'une année de 12 mois consécutifs, montrent que le score de la prévision de brouillard est très bon, les quelques cas mal prévus étant surtout imputables à des erreurs sur la nébulosité prévue ou sur la valeur initiale de l'humidité relative. D'après la table de contingence, le score de la prévision de brouillard est très supérieur 115 cas prévu/observé avec une coefficient de Tschuprow égale à 0,74 sur toute la période. Un résultat remarquable est celui de la précision sur l'heure de formation du brouillard, qui montre que la formation de brouillard se situe principalement en milieu et en fin de nuit.

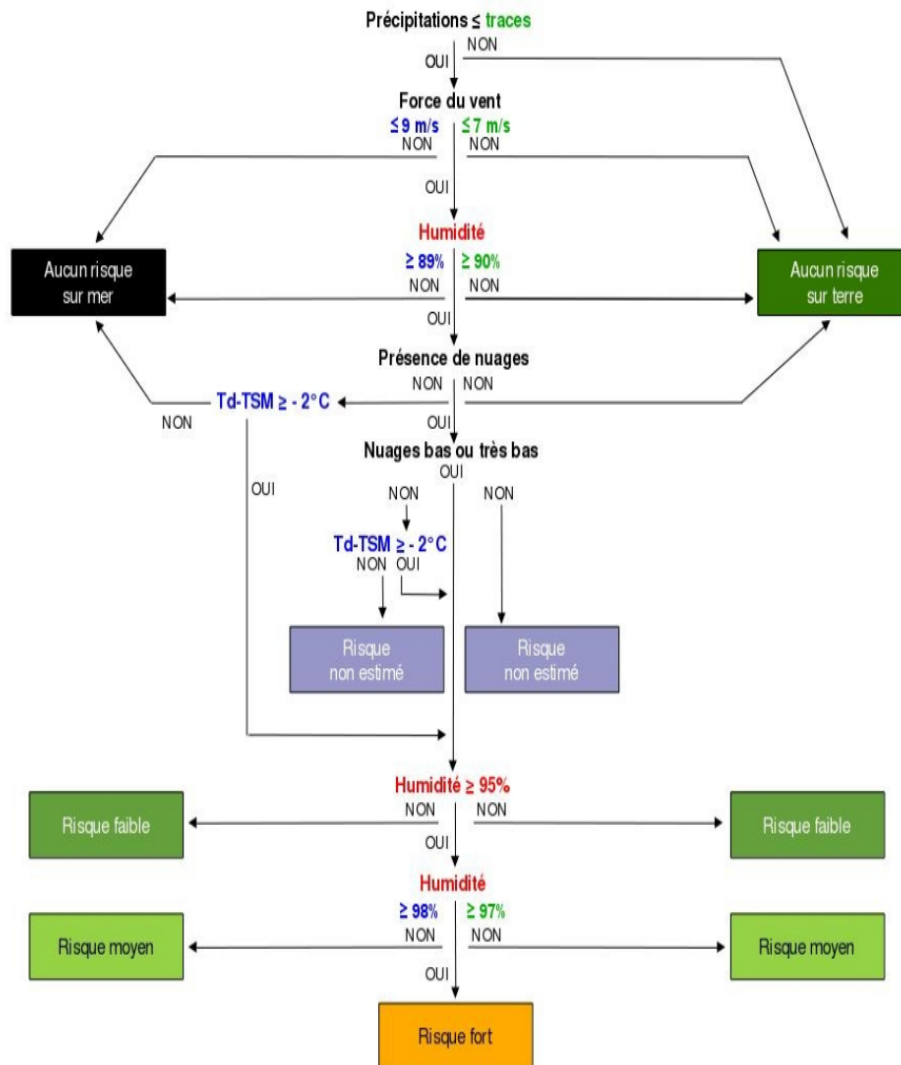


Figure 1. L'organigramme de prévision de brouillard. (Stage Météo France, Novembre 2017)

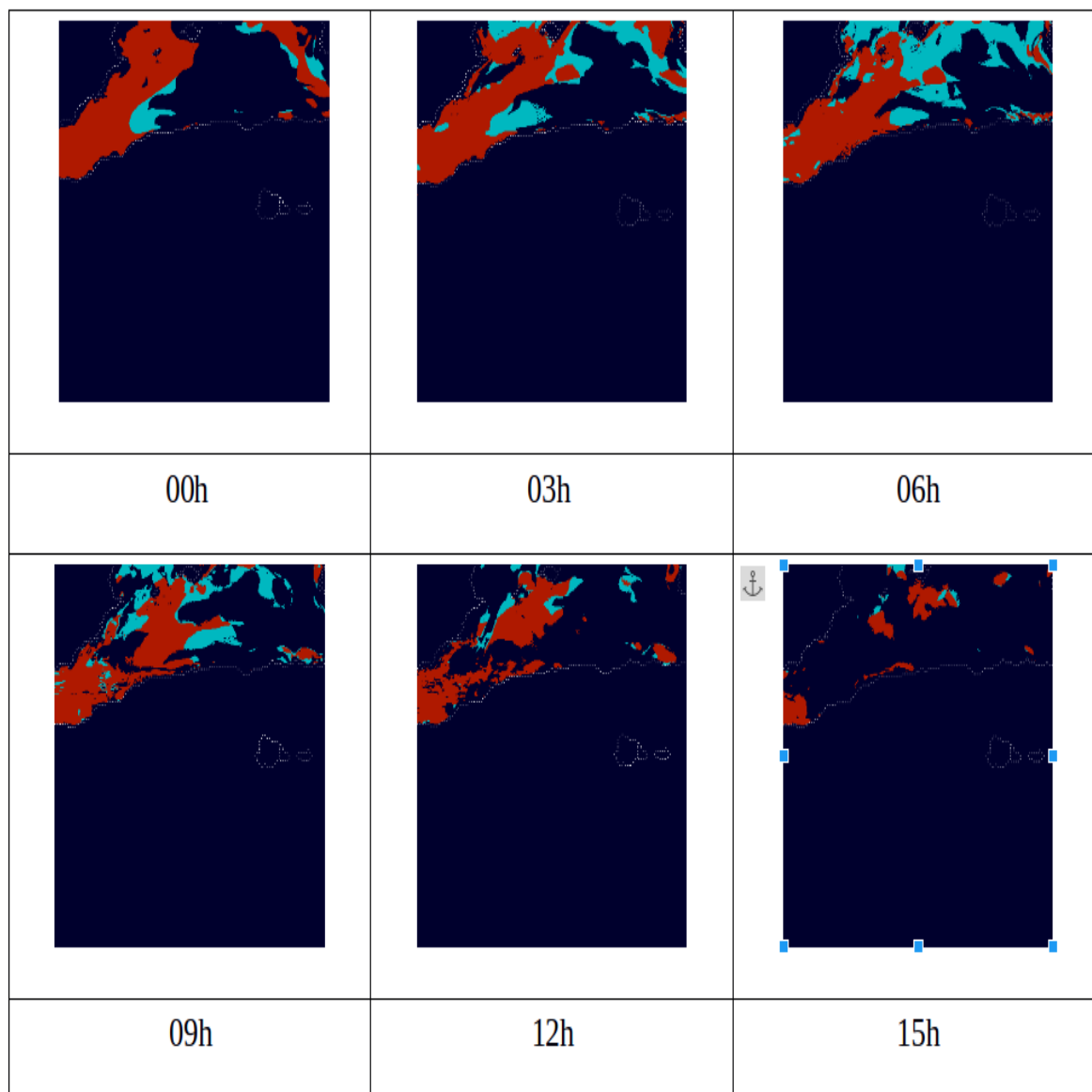


Figure 3. Les sorties de modèle de prévision de probabilité de brouillard pour la date de 29 septembre 2019 chaque échéance (de 00h à 15h). La couleur rouge représente une forte probabilité le brouillard, et la couleur bleu représente une moyenne probabilité le brouillard.

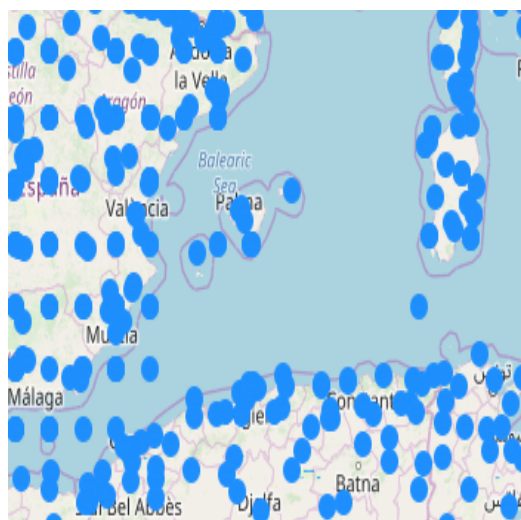


Figure 2. Les stations synoptiques utilisés pour le contrôle des résultats

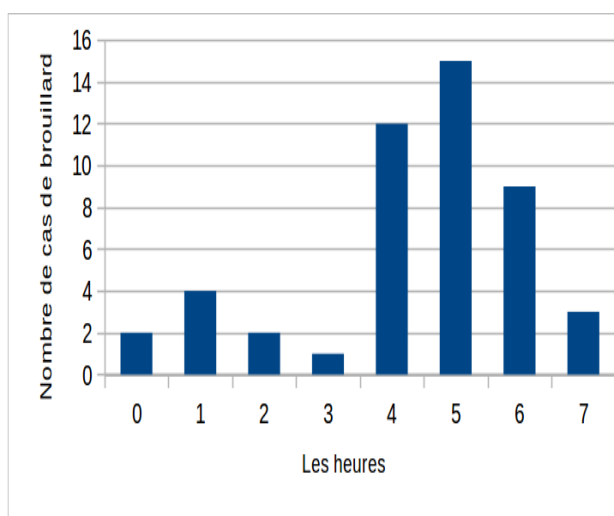


Figure 4 . La répartition de l'heure de formation de brouillard pour les cas observés de brouillards

OBS /Prévu	Brouillard	Non Brouillard
Brouillard	115	16
Non Brouillard	13	220
Tschuprow	0.74	

Table 1. Table de contingence, résultats de la prévision de brouillard par rapport à l'observation pour la période de 1 Janvier jusqu'au 31 décembre 2019.

Références

- 1- 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.
- 2- Thierry Bergot et Daniel Guedalia, ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE LA PRÉVISION DU BROUILLARD PAR UN MODÈLE NUMÉRIQUE. Centre National de Recherches Météorologiques, 1996.
- 3- DANDOY Pierre, Eric CAILLAUD, Meteo-France DIROP/MAR, Brouillard en mer Méthodologie pour la prévision, Présentation Meteo-France DIROP/MAR, ENN, Novembre 2017.
- 4- Zihua Li, Duanyang Liu, Wenlian Yan, Hongbin Wang, Chengying Zhu, Yuying Zhu, Fan Zu, Dense fog burst reinforcement over
- 5- Eastern China: A review, *Atmospheric Research*, Volume 230, 2019.
- 6- Vialar J., 1986 : Calcul des probabilités et statistiques. Note de cours del'ENM, Météo-France, Toulouse.

