

Automatisation du Bulletin Quotidien des Renseignements Météorologiques à MétéoAlgérie

Issam LAGHA^{1*}, Nour El Islam KERROUMI¹

Résumé

Le Bulletin Quotidien des Renseignements Météorologiques est un produit de référence élaboré quotidiennement par l'Office National de la Météorologie. Il synthétise les conditions météorologiques observées sur l'ensemble du territoire algérien à partir des observations des stations synoptiques et des données issues des modèles numériques du temps. Ce travail présente l'automatisation complète du processus de production de ce bulletin, en remplaçant la méthode manuelle par une chaîne automatisée intégrant les données des modèles numériques utilisées à MétéoAlgérie, ce système automatisé a permis de réduire le temps de production de ce bulletin, d'améliorer sa fiabilité et de garantir une qualité constante des données météorologiques.

Mots-clés : Bulletin météorologique, BQRM, Automatisation, prévision numérique du temps, données d'observation, analyse météorologique, extraction BUFR et GRIB.

¹ Direction de l'Exploitation Météorologique, (DEM-ONM), Dar El Beida, Alger

* Correspondant: I.LAGHA, i.lagha@meteo.dz

Table des matières

1	Introduction :	1
2	Méthodologie	3
2.1	Données utilisées	3
	Données d'observation synoptique • Champs d'analyse des modèles numériques	
2.2	Description du Bulletin	3
2.3	Processus d'automatisation	3
	Collecte des données • Extraction des données météorologiques • Génération des tableaux et graphiques	
3	Résultats de l'automatisation	4
4	Conclusion	7
	Références	7

etc.

Les champs d'analyse décrivent la situation générale en altitude à 500 hPa, incluant les géopotentiels et les températures, ainsi que la situation générale en surface, à l'égard de la pression au niveau de la mer, accompagnée d'une brève analyse de la situation météorologique.

Ce bulletin à forte valeur ajoutée est élaboré et archivé en interne. Il constitue un outil d'aide à la décision, un accès rapide à l'information, et un support de retour d'expérience en cas de situations météorologiques récurrentes, à

L'automatisation du BQRM a permis d'assurer une production rapide, fiable et conforme aux standards nationaux et internationaux. Tandis que l'approche classique de production manuelle de ce bulletin a révélé ses limites et se montrant chronophage, répétitive et sujette aux erreurs humaines notamment en raison du remplissage manuel de plus de 684 cases (9 colonnes × 76 lignes) et du pointage manuel des champs d'analyse. Ce qui n'était plus en mesure de satisfaire de manière efficace les besoins et exigences opérationnelles actuelles (voir Figure 1).

Face à l'augmentation continue du volume des données météorologiques, résultant de l'extension du réseau d'observation de l'ONM, et aux exigences croissantes en termes de précision et de qualité, l'automatisation des produits météorologiques s'impose comme nécessité, s'inscrivant pleinement dans la dynamique de transformation numérique et de digitalisation initiée par l'Office et pilotée par sa politique de qualité.

1. Introduction :

Le Bulletin Quotidien des Renseignements Météorologiques (BQRM)¹ est un document qui fournit une synthèse exhaustive de la situation météorologique journalière, basée à la fois sur les observations issues des stations synoptiques du réseau d'observation météorologique de l'ONM et les champs d'analyse des modèles de Prévision Numérique du Temps (PNT) utilisés en opérationnel à MétéoAlgérie.

Les paramètres météorologiques décrits incluent notamment les données d'observation relevées pour chaque station du réseau d'observation national, telles que les températures maximale et minimale, la direction et la vitesse du vent, la nébulosité, ainsi que les phénomènes météorologiques comme la pluie, la neige, le brouillard, les orages, les tempêtes de sable,

STATIONS	ALTITUDE EN METRES	à 6 h. T.U.				depuis 6h la veille		Température (en degrés C.)		STATIONS	ALTITUDE EN METRES	à 6 h. T.U.				depuis 6h la veille		Température (en degrés C.)	
		Vent		Néb (1/8)	Phé- nomé- nes	Précip (mm)	Phéno- mènes	Max de la veille	Mini. de la nuit			Vent		Néb (1/8)	Phé- nomé- nes	Précip (mm)	Phéno- mènes	Max de la veille	Mini. de la nuit
		Dir	Vit m/s									Dir	Vit m/s						
ADRAR	263									EL-KALA	10								
AFLOU	1406									EL-OUED	62								
ATOUTA	471									EL-FERDJIOUA	580								
AIN BESSEM	748									JIJEL	67								
AIN GUEZZAM	411									GUELMA	268								
AIN OULMENE	960									GHARDAIA	443								
AIN SEFRA	1073									GHAZAOUET	83								
AIN M'LILA	775									HABIBAS	99								
A TEMOUCHENT	125									H-MESSAOUD	142								
AIN TOUTA	912									IGHIL-EMDA	490								
ALGER UNIV	48									IGHIL-IZANE	80								
AMGUID	609									ILLIZI	558								
ANNABA	3									IN-AMENAS	561								
AOULEF	290									IN-AMGUEL	1006								
ARZEW	60									IN-SALAH	293								
BATNA	1050									K-EL-BOUKHARI	693								
BECHAR	805									LAGHOuat	750								
BEJAIA	3									MAGHNIA	426								
BENI-ABBES	497									MAZOUNA	500								
BENI-SAF	68									MASCARA	604								
BISKRA	87									MECHERIA	1120								
BLIDA	169									MEDEA	920								
B. B. MOKHTAR	400									MEROUANA	990								
B. B. ARRERIDJ	922									MERS-EL-KEBIR	20								
B-EL-BAHRI	58									METLILI	425								
BOUIRA	532									MILIANA	715								
BOUKHALFA	100									MOSTAGANEM	146								
BOUFARIK	85									M'SILA	469								
BOUGAA	886									OUED-RHIOU	75								
BOU-HANIFIA	230									OUED-ZENATI	65								
BOU-SAADA	684									OULED-DJELLAL	195								
BOUZAREAH	345									ORAN	90								
CAP AIGUILLE	55									OUARGLA	139								
CAP BENGUT	35									RAS-CHGOUN	66								
C BOUGAROUN	195									RAS-EL-OUED	1000								
CAP CAXINE	33									REMCHI	224								
CAP CORBELIN	42									SAIDA	803								
CAP DE FER	55									SIDI-AISSA	658								
CAP FALCON	76									SETIF	1017								
CAP DE GARDE	156									SIDI-ALI	300								
CAP IVI	100									SIDI-BEL-ABBES	483								
CAP TENES	189									SKIKDA	7								
CHERCHELL	16									SOUK-AHRAS	655								
CHREA	1538									TAMANRASSET	1376								
CONSTANTINE	696									TEBESSA	865								
DAR-EL-BEIDA	24									TIARET	1100								
DJANET	1050									TIMIMOUN	313								
DJELFA	1142									TINDOUF	401								
ECHLEF	100									TIZI-OUZOU	100								
EL-BAYADH	1311									TLEMCEN	805								
EL-EULMA	960									TOUGGOURT	69								
EL-KHEITER	1000									ZAOU-EL-KAHLA	353								
EL-GOLEA	397									ZARDEZAS	189								
EL-HARRACH	48									ZIGH-YOUCHEF	570								
EL-MILIA	500																		

Vents en altitude 6h T.U. (Vitesse en m/s)	à 1000 m		à 2000 m		à 3000 m		à 4000 m		à 5500 m		
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	

PUBLIÉ SOUS LA RESPONSABILITÉ DU DIRECTEUR GENERAL DE L'O.N.M.

FIGURE 1. Exemple d'un bulletin BQRM classique montrant le nombre de cases à remplir manuellement

2. Méthodologie

2.1 Données utilisées

La production du BQRM repose sur l'intégration de deux sources d'information :

2.1.1 Données d'observation synoptique

L'ONM dispose d'un réseau d'observation professionnel constitué de plus de 76 stations synoptiques (voir Figure 2)², fournissant des données météorologiques toutes les trois heures sous forme de messages codés conformément aux normes et standards internationaux³. Ces messages sont diffusés via le Système Mondial de Télécommunication (SMT) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), au sein duquel l'ONM joue le rôle de Centre Régional de Télécommunication (CRT). [justification=centering]caption

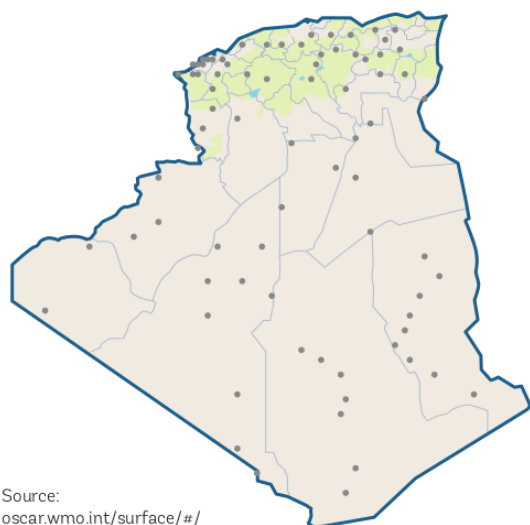


FIGURE 2. Réseau d'observation météorologique géré par l'ONM

2.1.2 Champs d'analyse des modèles numériques

Les champs d'analyse de surface et d'altitude jouent un rôle fondamental dans l'évaluation des situations météorologiques. Ils proviennent des sorties des modèles numériques exploités par MétéoAlgérie. Parmi les modèles utilisés figurent les modèles globaux, ainsi que les modèles à aire limitée (LAM) à haute résolution.

Pour les modèles globaux tels qu'ARPEGE et ECMWF, les données sont reçues par l'ONM, soit par transmission via le Système Mondial de Télécommunication (SMT), soit par le biais de conventions avec des centres météorologiques internationaux, ou encore par le téléchargement de données publiques via des APIs. Les modèles LAM, tels qu'ALADIN, AROME ou WRF, sont exécutés localement sur le supercalculateur de l'ONM, spécifiquement pour le domaine de l'Algérie.

Ces champs d'analyse sont générés à l'aide de techniques avancées de la prévision numérique du temps, appelées assimilation de données. dont l'objectif est de combiner une

première ébauche de prévision avec des observations en temps réel, afin de produire une représentation optimale des conditions météorologiques.

2.2 Description du Bulletin

Le bulletin se présente sous une forme structurée et normalisée. Il comprend les éléments suivants :

- Un tableau synthétique des conditions météorologiques enregistrées dans chaque station du réseau d'observation météorologique de l'ONM, comprenant les colonnes suivantes : direction et vitesse du vent à 06 UTC, nébulosité à 06 UTC, précipitations enregistrées au cours des dernières 24 heures relevée à 06 UTC, températures maximales de la veille (journée j-1 à 18h UTC) et températures minimales de la nuit (jour j à 06 UTC) relevées à partir des messages synoptiques, ainsi que les phénomènes significatifs observés.
- Une carte d'analyse à 500 hPa à 00 UTC représentant les hauteurs géopotentielle et les températures à cette altitude, facilitant la compréhension du comportement de l'atmosphère en altitude.
- Une carte de la situation au niveau de la mer à 06 UTC illustrée par une carte des champs de pression et des centres d'action (anticyclones, dépressions), ainsi que les différents types de fronts existants.
- Des résumés textuels interprétant les phénomènes significatifs observés ou attendus.

Ce format facilite une lecture rapide, l'extraction efficace de l'information météorologique et l'exploitation opérationnelle de ces données par les utilisateurs finaux (voir Figure 4).

2.3 Processus d'automatisation

L'automatisation repose sur une chaîne de traitement des données (voir Figure 3), incluant la collecte, le décodage, l'analyse, la visualisation et la génération des documents. L'enchaînement des scripts permet de produire le bulletin en très peu de temps selon la disponibilité des données. Les étapes principales de cette automatisation sont décrites ci-après :

2.3.1 Collecte des données

La collecte des données inclut, d'une part, les messages d'observation synoptiques codés au format BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data), qui est un format binaire standardisé recommandé par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Ce format est conçu pour assurer une représentation compacte, extensible et efficace des observations météorologiques, hydrologiques et climatologiques. Le BUFR permet la transmission, l'archivage et l'échange international de données d'observation via le Système mondial de télécommunication (SMT). Il offre l'avantage de contenir des métadonnées complètes, incluant la localisation, la date, l'heure, et les variables mesurées, tout en permettant une compression des volumes importants de données.

Et, d'autre part, les sorties issues des modèles de PNT exploitées de manière opérationnelle à MétéoAlgérie. Ces modèles génèrent des prévisions avec résolutions temporelle et spatiale, permettant une estimation détaillée des conditions atmosphériques sur le domaine de l'Algérie. Les prévisions incluent un large éventail de paramètres météorologiques tels que la température, la pression atmosphérique, les vents (direction et force), l'humidité (absolue, spécifique et relative), ainsi que les précipitations (quantités, types, intensité), et d'autres paramètres pertinents pour la prévision météorologique. Ces données sont produites à partir de simulations numériques qui intègrent les conditions initiales fournies par des observations réelles et appliquent des équations physiques et dynamiques pour modéliser l'atmosphère.

Les sorties des modèles sont principalement disponibles au format GRIB2 (GRIdded Binary), un format binaire standardisé, recommandé par l'OMM pour les données de prévision numérique du temps et les données maillées. Ce format permet de transmettre efficacement des ensembles de données complexes tout en optimisant leur taille et leur accessibilité. Il comprend non seulement les données météorologiques aux points de grille, mais aussi la description des points ainsi que des métadonnées nécessaires pour décoder et interpréter l'information. L'interprétation de ces métadonnées requiert l'utilisation de tables externes, définies par l'OMM et mises à jour régulièrement dans le manuel des codes^{2,3}. En outre, le format GRIB permet l'utilisation de tables locales définies par le producteur, offrant ainsi une flexibilité dans le traitement des données. Ce format est donc auto-documenté sous réserve de disposer des tables appropriées.

Le standard GRIB structure les fichiers en différentes sections : l'une contenant les données elles-mêmes, et les autres les métadonnées, qui décrivent l'information en précisant des éléments comme les références au producteur, le processus de production, les coordonnées spatiales et temporelles des données, les paramètres météorologiques, ainsi que leurs unités et autres spécifications essentielles.

2.3.2 Extraction des données météorologiques

Les données d'observation et de prévision, sous leur format brut, sont récupérées automatiquement via des protocoles sécurisés tels que FTP (File Transfer Protocol) ou SFTP (Secure File Transfer Protocol), garantissant ainsi la sécurité et l'intégrité des données durant leur transfert vers les systèmes de traitement. Une fois récupérées, ces données, généralement stockées dans des formats binaires complexes tels que GRIB2 pour les prévisions et BUFR pour les observations, nécessitent un processus de décodage afin de les transformer en informations exploitables.

Ce décodage est réalisé à l'aide de l'utilitaire ecCodes, une bibliothèque développée par le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT/ECMWF), permettant de lire et interpréter les données contenues dans ces formats.

2.3.3 Génération des tableaux et graphiques

Une fois extraites et décodées, les données d'observation au format BUFR sont structurées sous forme de tableaux synthétiques regroupant les principaux paramètres météorologiques au niveau de chaque station du réseau d'observation nationale, facilitant ainsi leur analyse et leur intégration dans les produits météorologiques opérationnels.

En parallèle, des graphiques issus des sorties des modèles numériques de prévision sont générés pour représenter visuellement la situation atmosphérique. Il s'agit notamment de cartes d'analyse à 500 hPa (hauteurs géopotentielles et températures à 00 UTC) et de cartes de la situation au niveau de la mer à 06 UTC (champs de pression, centres d'action, fronts). Ces représentations complètent les observations en fournissant une vision prospective de l'évolution des conditions météorologiques.

Les éléments ainsi générés sont automatiquement intégrés dans un document formaté (Word ou PDF), selon une structure normalisée assurant la cohérence et la clarté de la présentation.

Enfin, le document est transmis automatiquement par courrier électronique au service d'assistance météorologique du département de Prévision générale de la Direction d'Exploitation Météorologique (DEM) de l'ONM.

3. Résultats de l'automatisation

La mise en place de la chaîne d'automatisation a permis d'obtenir les résultats suivants :

Réduction du temps de production : Le temps de production a été réduit de manière significative, passant de 45 à 60 minutes (voire plus) dans le cadre du processus manuel à moins de 5 minutes grâce à l'automatisation. Ce gain résulte de la suppression des étapes manuelles chronophages, telles que la saisie de données et le calcul des champs d'analyse, tout en garantissant une plus grande précision et une meilleure cohérence des résultats.

Amélioration de la qualité : La qualité des produits a été nettement améliorée grâce à leur standardisation. L'automatisation permet de générer des produits de manière uniforme, respectant des critères de qualité constants, ce qui élimine les variations dues aux erreurs humaines et garantit la conformité aux normes nationales et internationales.

Suppression des erreurs : L'automatisation a significativement réduit les erreurs humaines en éliminant les étapes manuelles, rendant le processus plus fiable. Cela assure une exécution cohérente des procédures, minimisant les risques d'erreurs dues à la fatigue, à l'inattention ou aux jugements erronés, et se traduit par des résultats plus précis.

Gestion et traçabilité : La traçabilité du processus de production est assurée et garantie par l'enregistrement systématique de chaque étape du processus automatisé. Chaque action, qu'il s'agisse de l'entrée des données, de leur traitement ou de la génération des produits finaux, est consignée de manière transparente et vérifiable. Cela facilite le suivi des performances et permet des audits de qualité en assurant que

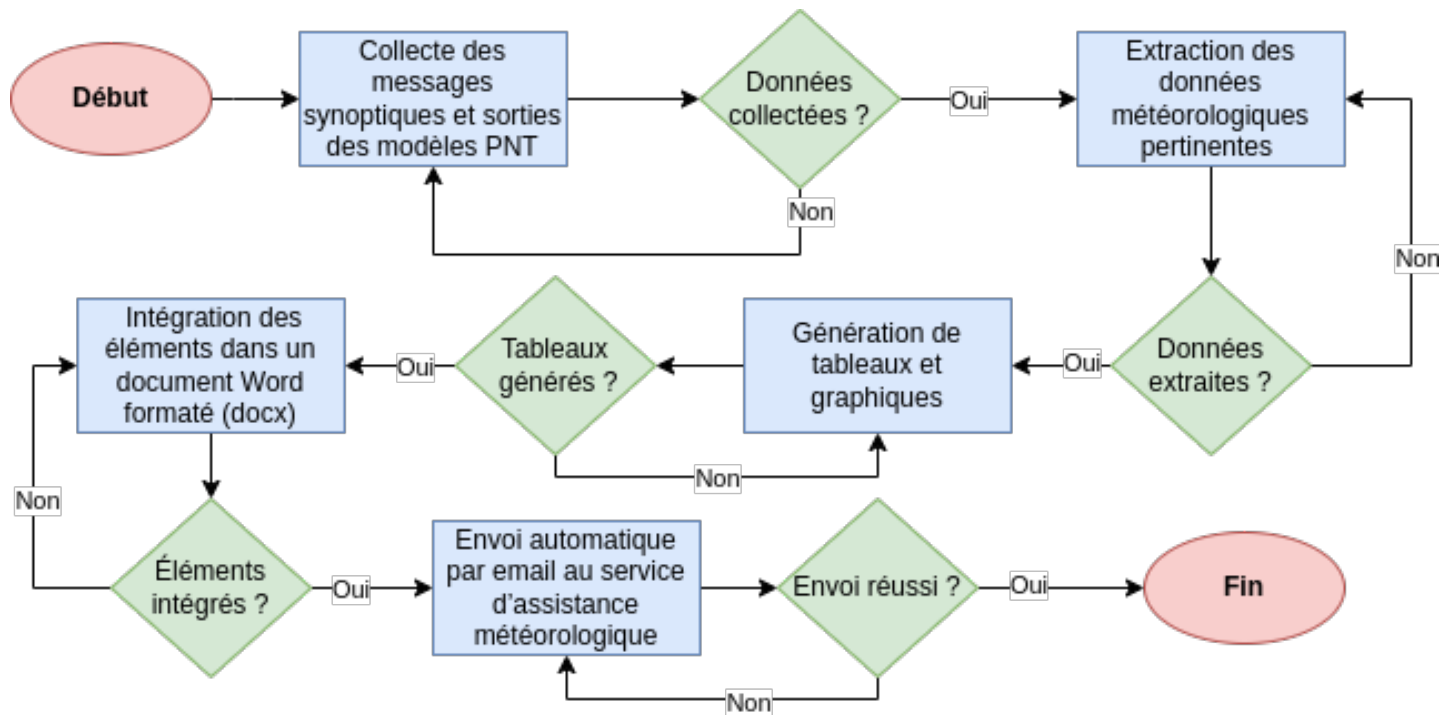


FIGURE 3. Organigramme de la chaîne d'automatisation du BQRM

chaque produit respecte les critères et normes établis, tout en permettant d'identifier rapidement d'éventuelles anomalies ou écarts.

4. Conclusion

L'automatisation de la production du bulletin des renseignements météorologiques illustre l'impact positif de l'intégration des outils numériques dans les services météorologiques opérationnels. En s'appuyant sur les données des modèles de prévision numérique du temps exploitées par MétéoAlgérie, le bulletin va au-delà de la simple restitution des observations et propose une analyse enrichie, cohérente et contextualisée. Il est désormais produit quotidiennement avec une régularité et une précision accrues, renforçant ainsi la crédibilité du service météorologique national envers ses usagers. Le Bulletin Quotidien des Renseignements Météorologiques fournit une analyse approfondie des phénomènes météorologiques, mettant en évidence l'évolution de la situation météorologique. Le BQRM généré automatiquement a été suivi par l'exploitation pendant deux mois pour sa mise en évaluation. Les prévisionnistes ont exprimé leur pleine satisfaction des informations contenues dans ce bulletin.

Cette approche garantit une qualité constante, minimise les erreurs, assure une traçabilité complète des traitements et réduit substantiellement le temps de production.

Ce projet, qui prime, constitue une première étape vers la généralisation de l'automatisation à d'autres produits opérationnels, dans le cadre de l'amélioration continue des services de l'ONM.

Références

- [1] Office National de la Météorologie, Algérie : *Bulletin quotidien de renseignements météorologiques de l'Algérie (BQRM)*.
- [2] World Meteorological Organization : OSCAR – Observing Systems Capability Analysis and Review Tool. Disponible sur : <https://space.oscar.wmo.int/>.
- [3] World Meteorological Organization : *Documents de base N° 2, Manuel des codes, Volume I.1 – Codes internationaux*, Annexe II du Règlement technique de l'OMM, Partie A – Codes alphanumériques, OMM-N° 306.
- [4] World Meteorological Organization : *Documents de base N° 2, Manuel des codes, Volume I.2 – Codes internationaux*, Annexe II du Règlement technique de l'OMM, Partie B – Codes binaires, Partie C – Éléments communs aux codes binaires et alphanumériques, OMM-N° 306.