

Introduction a la Prévision des Tempêtes de Poussière et de Sable

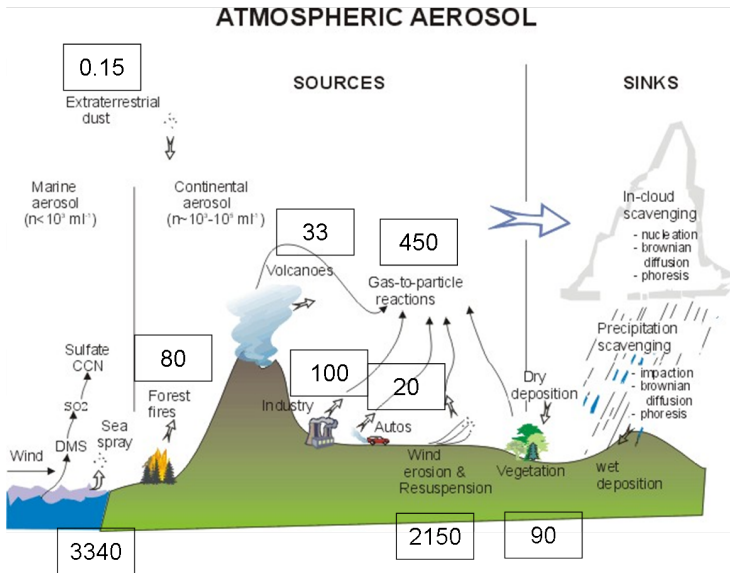
Ernest Werner, AEMET
Gerardo García-Castrillo, AEMET
WMO Barcelona Dust Regional Center

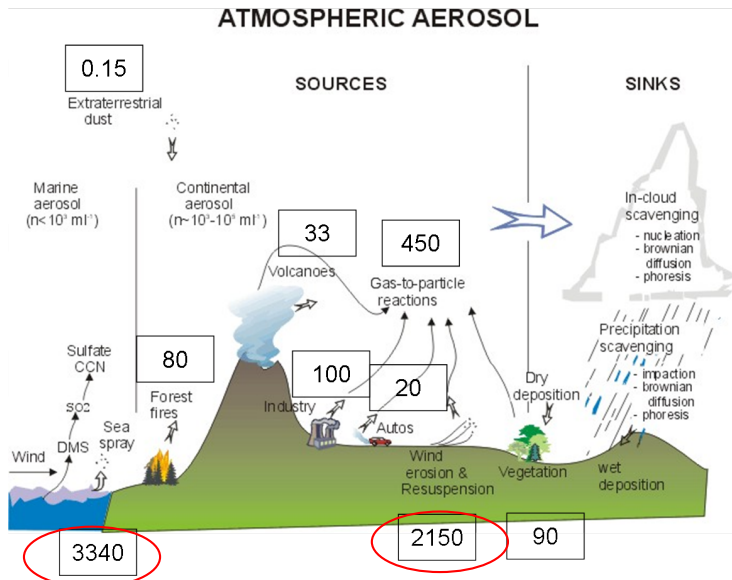
Atelier EUMETSAT
Casablanca (Maroc), 7-11 Novembre 2022



Outline

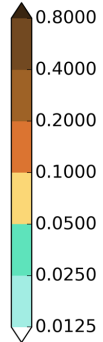
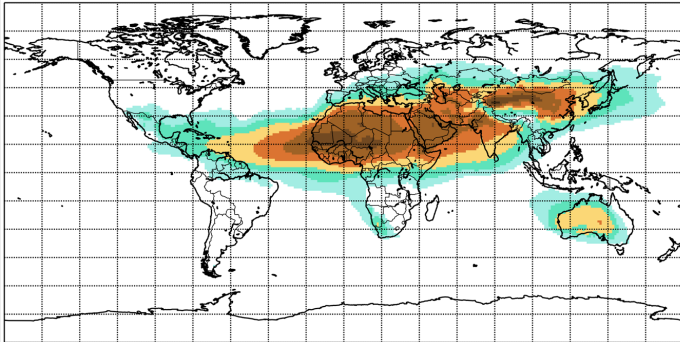
- 1 Cycle de la poussière dans l'atmosphère**
 - Distribution des Aérosols
 - Impacts
 - Introduction: SDS-WAS
 - Cycle de la poussière
- 2 Produits de prévision**
 - Modèle Operationnel et produits multimodèle
 - Systeme d'alerte des têtes de poussière et sable
 - Guide de la Prévision des tempêtes de poussière et de sable
 - Système d'alerte: Évaluation
 - Cas pratique: 01-02/06/2022
 - Questionnaire
 - Annexe: statistique, videos & links

Distribution des Aérosols: IPCC 2001 [$Tg = 10^6$ tons]

Distribution des Aérosols: IPCC 2001 [Tg = 10^6 tons]



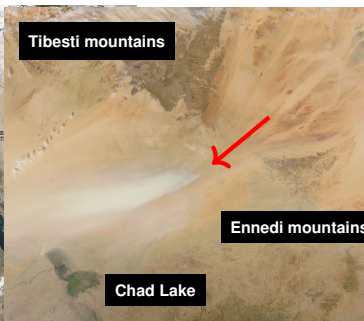
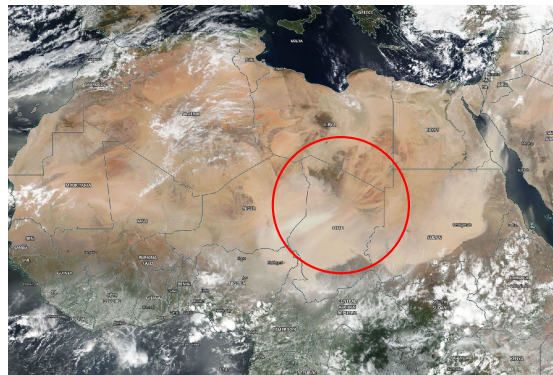
Distribution géographique de la poussière



CAMS réanalyse AOD 550 nm (Moyenne: 2003-2015)



Sahara, dépression de Bodélé & l'Amazonie (Ilan Koren et al 2006)



Source: NASA- Aqua & Terra satellites

- Bodélé: la plus grande source ponctuelle
- 0.7 Tg par jour (hivern)
- 40 Tg/yr du Sahara à l'Amazonie → La moitié du Bodélé
- Link: Prospero et al. 2020 → MERRA → 8 - 10 Tg/yr !!

Outline

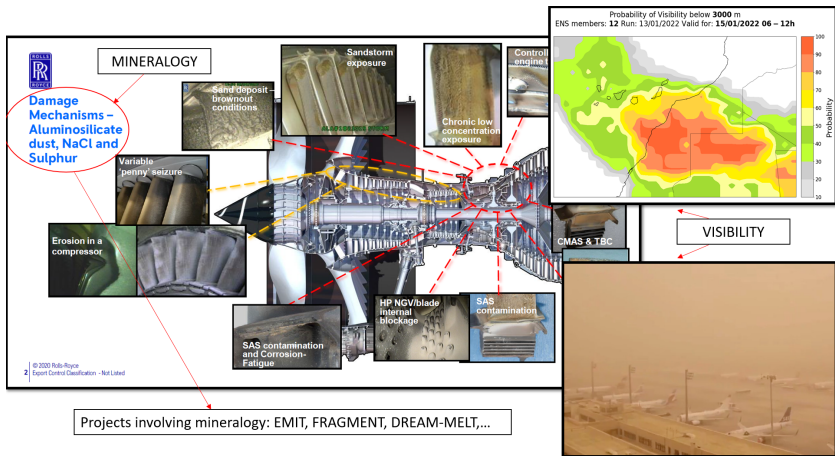
1 Cycle de la poussière dans l'atmosphère

- Distribution des Aérosols
- Impacts
- Introduction: SDS-WAS
- Cycle de la poussière

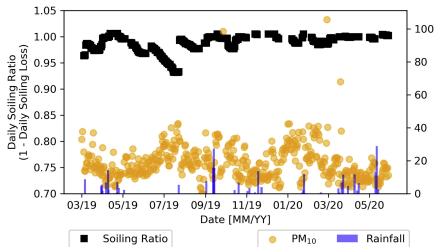
2 Produits de prévision

- Modèle Operationnel et produits multimodèle
- Systeme d'alerte des tēmpetes de poussière et sable
- Guide de la Prévision des tempêtes de poussière et de sable
- Système d'alerte: Évaluation
- Cas pratique: 01-02/06/2022
- Questionnaire
- Annexe: statistique, videos & links

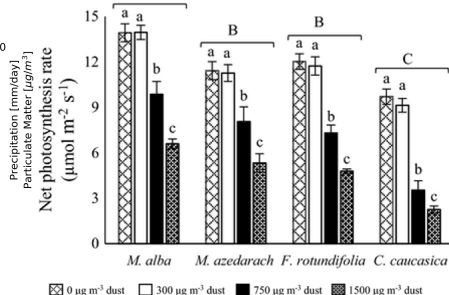
Applications aéronautiques: Abrasion turbine et réduction visibilité



Énergie solaire et agriculture



Source: Surveillance du soiling

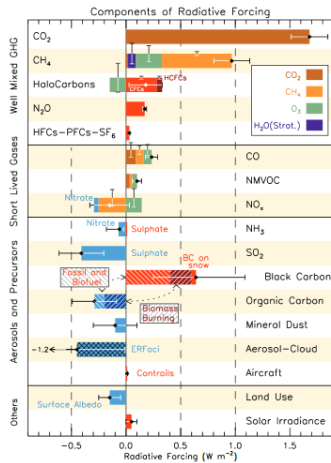


Source: Effets de la poussière sur 4 espèces d'arbres

- Réduction de la performance des panneaux solaires
- Réduction de la photosynthèse et de la transpiration

Forçage radiatif

- Poussière minérale → Rayonnement solaire et terrestre
- La poussière à ondes courtes → est principalement un aérosol diffusant → vers le TOA
- L'effet dépend de la surface sous-jacente → Désert/Océan
- Ondes longues → la poussière absorbe et réémet dans toutes les directions → vers la surface
- Dépôt de poussières minérales sur les glaciers → abaisse leur albédo de surface et accélère leur fonte
- La poussière affecte l'absorption et la diffusion du rayonnement solaire et peut modifier l'équilibre radiatif de la Terre



Source: IPCC, AR5 2014

Outline

1 Cycle de la poussière dans l'atmosphère

- Distribution des Aérosols
- Impacts
- Introduction: SDS-WAS
- Cycle de la poussière

2 Produits de prévision

- Modèle Operationnel et produits multimodèle
- Systeme d'alerte des têtes de poussière et sable
- Guide de la Prévision des tempêtes de poussière et de sable
- Système d'alerte: Évaluation
- Cas pratique: 01-02/06/2022
- Questionnaire
- Annexe: statistique, videos & links

WMO SDS-WAS: Contexte et objectifs

- Impacts sur la santé, les transports, l'industrie, la climatologie, ...
- SDS-WAS Mission OMM (2004-2007)
- Système d'avertissement et d'évaluation des tempêtes de sable et de poussière
- Amélioration de l'observation et de la prévision des tempêtes de sable et de poussière
- Diffusion des connaissances et des produits
- Centres régionaux: Pékin (Asie 2008), Barcelone (NAMEE 2010), Barbados (Amérique 2016-2017)



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION



GAW

Outline

1 Cycle de la poussière dans l'atmosphère

- Distribution des Aérosols
- Impacts
- Introduction: SDS-WAS
- Cycle de la poussière

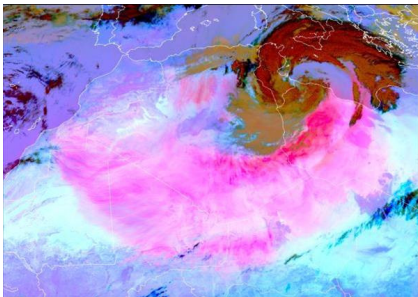
2 Produits de prévision

- Modèle Operationnel et produits multimodèle
- Systeme d'alerte des t empetes de pouss ere et sable
- Guide de la Prévision des tempêtes de pouss ere et de sable
- Système d'alerte:  valuation
- Cas pratique: 01-02/06/2022
- Questionnaire
- Annexe: statistique, videos & links

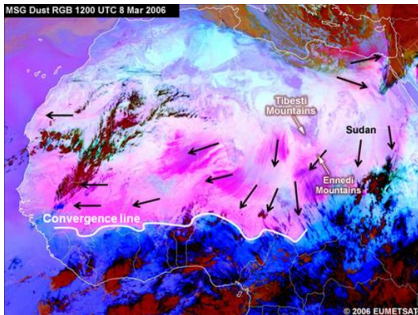
Facteurs météorologiques

Phénomènes synoptiques et méso-alpha

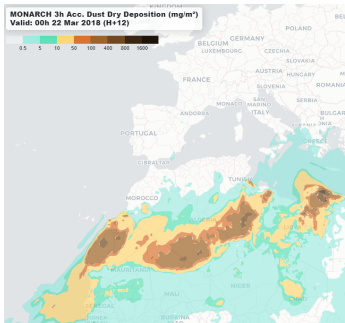
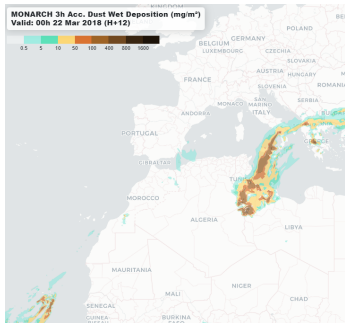
- Vents du système frontal
- Alizés-Harmattan



RGB images: **Magenta** →
Poussière



Dépôt humide (pluie) & Sec (force gravitationnelle)



Source: Alfons Puertas. Observatori Fabra



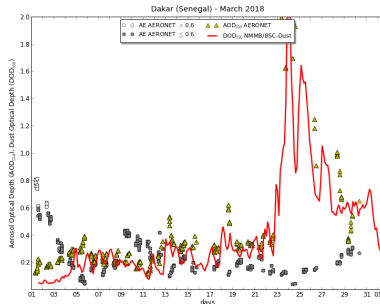
Source: Michael Freeman. Khartoum Haboob

Épaisseur optique des aérosols (AOD)

- Épaisseur optique des aérosols (AOD): τ
- Propriétés optiques de l'atmosphère
- Photomètres solaires → AERONET, Calitoo, MODIS,...
- Décrit l'atténuation exponentielle du rayonnement solaire entrant à travers l'atmosphère par les particules
- Loi de Lambert-Beer → $I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-\tau(\lambda)}$
- $I_0(\lambda)$ et $I(\lambda)$ → intensités du rayonnement entrant au-dessus de l'atmosphère et au sol à la longueur d'onde λ
- Valeur en colonne : **quantité totale d'aérosol dans l'atmosphère**
- Paramètre sans dimension
- Plus facile à prévoir que Dust SFC Conc

Épaisseur optique des aérosols (AOD)

- Exposant d'Angstrom α est inversement proportionnel à la taille moyenne des particules: plus les particules sont petites, plus l'exposant est grand: $\alpha < 0.6 \rightarrow$ Poussière
- O'Neill algorithm (SDA, Spectral Deconvolution Algorithm) \rightarrow fraction grossière (coarse fraction) AERONET

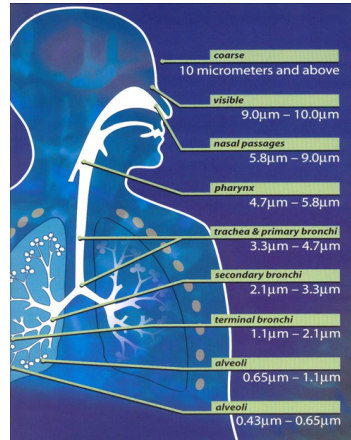




Épaisseur optique des aérosols (AOD)

Concentration de poussière en surface [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- in-situ: compteur de particules, filtres,... (AQ stations)
- PM10: Diamètre aérodynamique des particules $\leq 10 \mu\text{m}$
- PM10: Peut être inhalé
- PM2.5: Fraction fine $\leq 2.5 \mu\text{m}$
- PM0.1: Fraction ultrafine $\leq 0.1 \mu\text{m}$





Concentration de poussière en surface



Épaisseur optique versus Concentration en surface



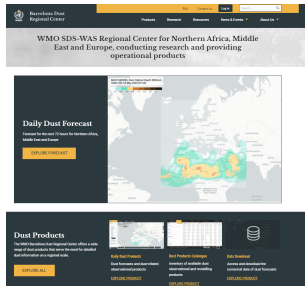
Distribution Vertical de poussière: Section Vertical (ongoing!)



Distribution Vertical de poussière: Profil Vertical, Dakar (ongoing!)

Multimodèle (15 modèles) (Link: Technical report multimodel)

Model	Institution	Domain	Data Assimilation
BSC-DREAM8b_c2 (End 2022)	BSC-CNS 	Regional	NO
CAMS-ECMWF	ECMWF 	Global	MODIS-AOD
DREAM8-NMME-CAMS	SEEVCCC 	Regional	ECMWF dust-analysis
NMMB/MONARCH	BSC-CNS 	Regional	NO
MetUM	Met Office 	Global	MODIS/Aqua
GEOS-5	NASA 	Global	MODIS
GEFS	NCEP 	Global	NO
EMA REG CM4	EMA 	Regional	NO
NOA-WRF-CHEM	NOA 	Regional	NO
WRF-NEMO	NOA 	Regional	NO
SILAM	FMI 	Global	NO
LOTOS-EUROS	TNO 	Regional	NO
ALADIN-DUST	ONM-Algeria  ALADIN Consortium	Regional	NO
ICON-ART	DWD  KIT 	Regional/Global	NO
ZAMG-WRF-CHEM	ZAMG 	Regional	NO
MOCAGE	MétéoFrance 	Global	MODIS and VIIRS



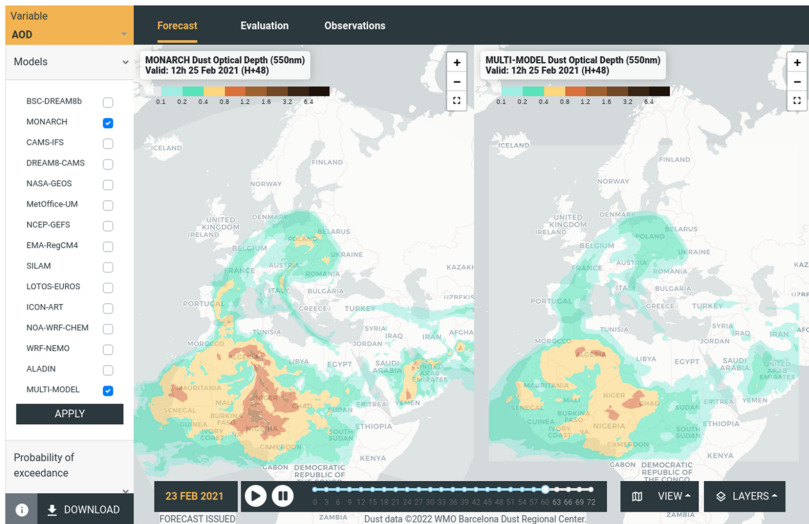
WMO SDS-WAS Regional Center for Northern Africa, Middle East and Europe, conducting research and providing operational products

Daily Dust Forecast

Dust Products

- Daily Dust Products
- Dust Product Manager
- Dust Outlook
- Dust Forecasts and real-time observations
- Inventory of available dust observation and modeling products
- Arctic and mesoscale the observational dust flux forecasts

Comparaison des modèles et MULTIMODEL (médiane)



Système de prévision d'ensemble (EPS)

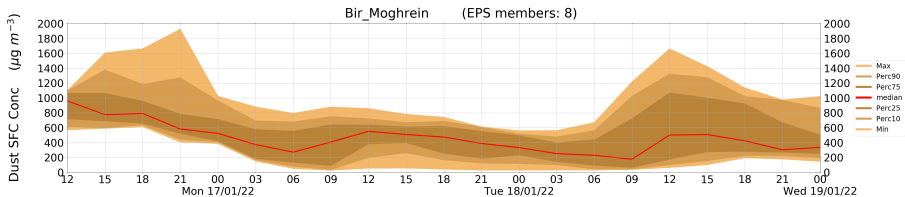
- Concentration de poussière en surface
- Épaisseur optique (AOD) de poussière

Objectives

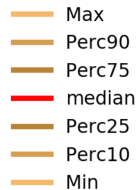
- Les prévisions d'ensemble consistent en les calculs de modèles individuels (membre de l'ensemble)
- Condense toutes les prévisions dans un produit plus simple
- Probabilité objective de la situation météorologique

- Les prévisions d'ensemble peuvent être utilisées pour produire des cartes de probabilité
- Ces cartes indiquent la probabilité qu'un certain événement se produise
- Cette probabilité peuvent aider les utilisateurs dans leur prise de décision

ENSgramme (ongoing!)



- La ligne rouge → médiane des différents prévision des modèles
- Plus la bande marron est large, plus les prévisions sont incertaines
- La frange marron plus foncé correspond à la zone des prévisions dans laquelle les paramètres se situent entre une probabilité de 75 % et 25 % (référence)
- La suivante frange marron → probabilité entre 90 % et 10 %
- Faire attention aux valeurs maximal et minimal!

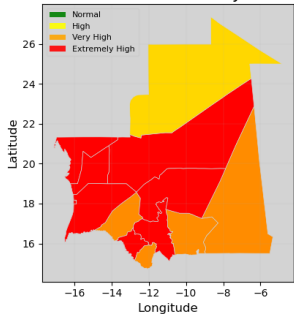




Mauritanie WAS: Carte d'alertes

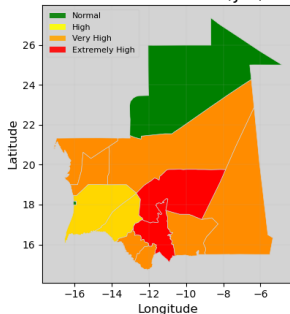
aujourd'hui

Mauritania SDS-WAS: 17/Jan/2022



demain

Mauritania SDS-WAS: 18/Jan/2022



- Alerte pour aujourd'hui et demain
- Une couleur pour chaque province
- **Vert:** Concentration Normale
- **Jaune:** Haute
- **Orange:** Très haute
- **Rouge:** Extrême

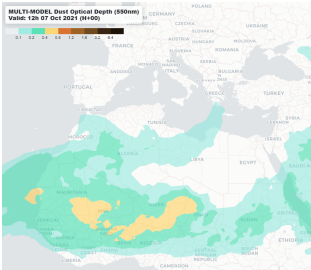


Mauritanie: seuils d'alerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

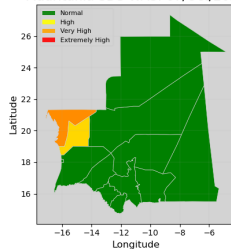
Perc	Adrar	Assaba	Brakna	'Dakhlet- Nouadhibou	Gorgol	Guidimakha	'Hodh El Chargi	'Hodh El Gharbi	Inchiri	Nouakchott	Tagant	Trarza	Tris- Zemmour
50% median	472	358	492	544	393	241	371	312	550	291	339	620	576
80% yellow	742	579	770	760	584	366	571	504	800	507	581	944	952
90% orange	921	727	966	893	700	436	707	651	938	661	766	1160	1189
97.5% red	1213	970	1256	1126	947	612	982	892	1206	890	1048	1406	1575

- Série chronologique de la médiane du multimodèle
- Calculé avec les quatre dernières années
- Valeur maximale quotidienne de la concentration en surface
- On considère tous les points de la grille dans chaque province
- Seuils [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] basés sur les centiles
- Comparaison prévision de la médiane avec les seuil pour assigner une couleur

Mauritanie WAS: Remarques importantes



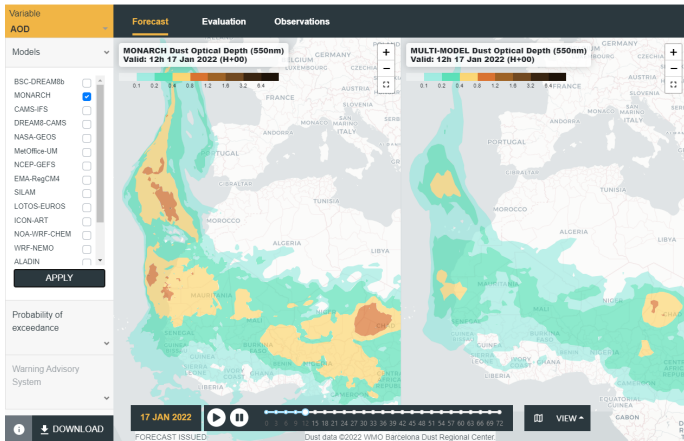
Mauritania SDS-WAS: 07/Oct/2021



Perc	Adrar	Assaba	Brakna	Dakhlet-Nouadhibou	Gorgol	Guelmimkha	'Hooh El Cherg	'Hooh El Gharbi	Inchri	Nouakchott	Tagant	Tarza	Triz-Zemmour
50% median	472	358	492	544	393	241	371	312	550	291	339	620	576
80% yellow	742	579	770	760	584	366	571	504	800	507	583	944	952
90% orange	921	727	966	893	700	436	707	651	938	661	766	1160	1189
97.5% red	1213	970	1256	1126	947	612	982	892	1206	890	1048	1406	1575

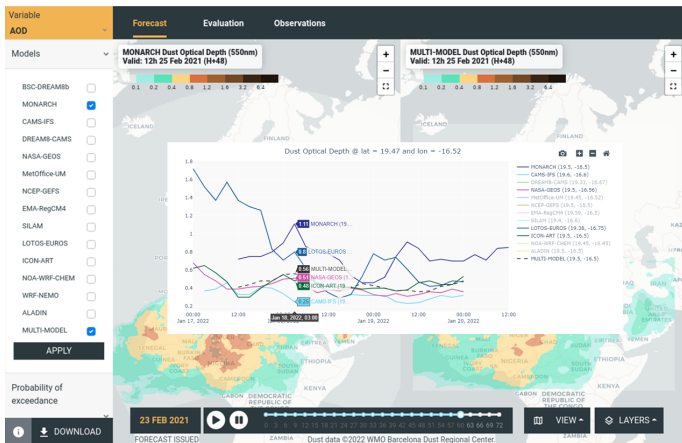
- Comparaison de la prévision de la médiane avec les seuils calculés avec la série chronologique
- Pas de probabilité!
- Qualifier la prévision de la concentration de poussière en surface

Guide Prévision SDS (II)



- Comparaison des modèles et médiane du multimodèle
- Modèle opérationnel → Plusieurs paramètres et prévision 72 h

Guide Prévision SDS (II)



- Comparaison en un point des modèles et médiane du multimodèle

Évaluation du système d'alerte avec les SYNOP

Méthode et données utilisées

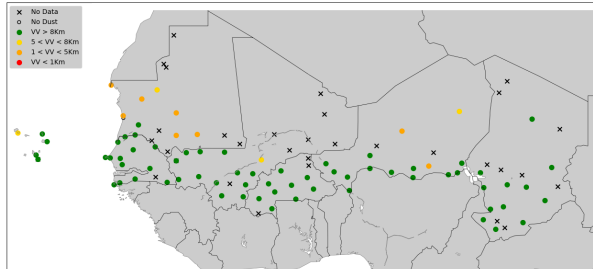
- Réduction de la visibilité, temps présent et humidité relative
- Filtrage des SYNOP
- Visibilité moyenne < 8000 m
- Humidité relative (70 %)
- Visibilité minimale quotidienne
- Seuils basés en les percentiles → Alertes de visibilité: jaune, orange, rouge
- Comparaison des alertes de visibilité avec des alerte du Système d'Alertes pour chaque province

Résultats et limitations du système d'évaluation

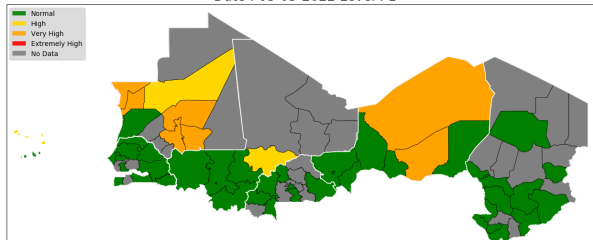
- Limitation: pas assez de SYNOP
- Prévision qualitative → pas de données de PM

Évaluation du système d'alerte: METAR/SYNOP

Visibility Verification from METAR/SYNOP bulletins by Stations
Date : 03-05-2022



WAS from METAR/SYNOP bulletins THRESHOLD: Vis Range
Date : 03-05-2022 Level : 1

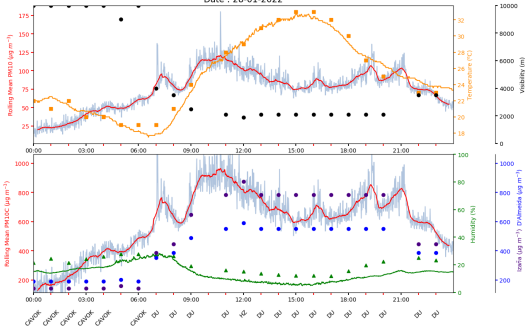
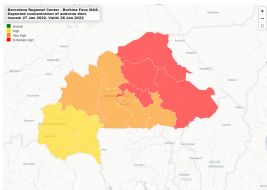




Évaluation du système d'alerte: PM10 & Calitoo

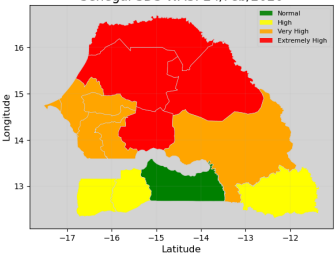


Airport : DFFD Localization : Ouagadougou
Date : 28-01-2022

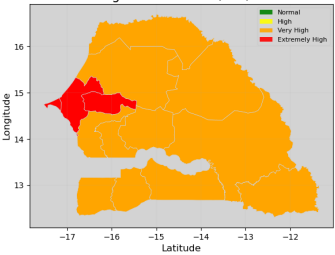


Exemple WAS: 24-25 Février 2020

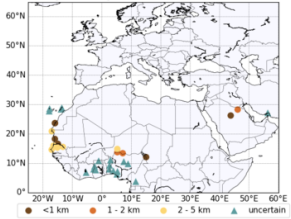
Senegal SDS-WAS: 24/Feb/2020



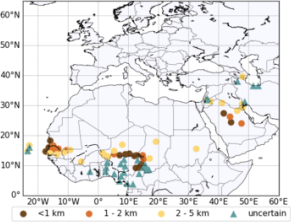
Senegal SDS-WAS: 25/Feb/2020



WMO SDS-WAS N.Africa-Middle East-Europe RC
Visibility reduced by airborne dust - 24 Feb 2020 18-24 UTC



WMO SDS-WAS N.Africa-Middle East-Europe RC
Visibility reduced by airborne dust - 25 Feb 2020 06-12 UTC



24 Fév

Saint-Louis: 4000m
 Podor: 100m
 Matam: 3000m
 Dakar-Diass: 4800m

25 Fév

Saint-Louis: 600m
 Podor: 1200m
 Matam: 1500m
 Dakar-Diass: 1000m
 Diourbel: 400m

Cas pratique: 01-02/06/2022

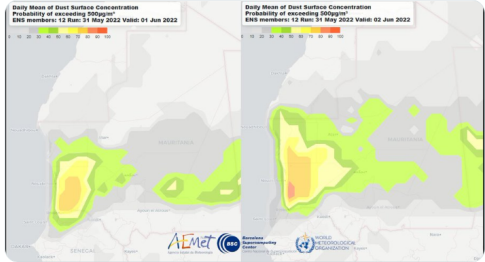


Barcelona Dust
@Dust_Belcelona



Intense SDS activity expected for today and tomorrow in Mauritania high probability of exceeding 500 µgm-3 daily mean Dust Surface Concentration tomorrow. Find more forecast products here:

dust.aemet.es/products/daily...
@WMO @AEMET_Esp @BSC_CNS @UNCCD @xqcgeo
@ECuevasAgullo @SaraBasart



9:33 AM · Jun 1, 2022 · Twitter Web App

Twitter: @Dust_Barcelona

Cas pratique: 01-02/06/2022



Source: elpais & ondacero

Letizia d'Espagne, femme d'action en Mauritanie : la reine opte pour un look tout terrain, en rangers, pour sa toute première visite au Maghreb !

P PUBLIC

1 JUIN 2022 À 14H00



© DDP Imagac/ABACA

Cas pratique: 01-02/06/2022

Tâches à faire: Barcelona Dust Regional Center <https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products>

- WAS: Système d'alertes
- Cartes de probabilité: AOD & Concentration en Surface
- Comparaison de modèles: MONARCH, multimodèle, etc...
- Séries chronologiques des modèles sûr en point
- Produit de Visibilité
- Évaluation: AERONET

Tâches à faire: images satellite

- Satellite Polaire NASA: <https://worldview.earthdata.nasa.gov>
- Satellite METEOSAT- Dust RGB: <https://view.eumetsat.int>

Outline

1 Cycle de la poussière dans l'atmosphère

- Distribution des Aérosols
- Impacts
- Introduction: SDS-WAS
- Cycle de la poussière

2 Produits de prévision

- Modèle Operationnel et produits multimodèle
- Systeme d'alerte des têtes de poussière et sable
- Guide de la Prévision des tempêtes de poussière et de sable
- Système d'alerte: Évaluation
- Cas pratique: 01-02/06/2022
- **Questionnaire**
- Annexe: statistique, videos & links

Questionnaire:

- **1. AOD due à des poussières minérales en suspension:**
 - a. est la concentration de poussière minérale à la surface.
 - b. est un paramètre sans dimension.
 - c. c'est une mesure du contenu de poussière des couches élevées.
 - d. a des dimensions de microgramme par mètre cube

- **2. Sûr la page du Barcelona Dust Regional Center, vous pouvez trouver...**
 - a. seulement les sorties numériques d'un modèle déterministe
 - b. produits de prédiction uniquement.
 - c. produits de prédiction, d'observation et d'évaluation.
 - d. uniquement du matériel informatif et didactique.

Outline

1

Cycle de la poussière dans l'atmosphère

- Distribution des Aérosols
- Impacts
- Introduction: SDS-WAS
- Cycle de la poussière

2

Produits de prévision

- Modèle Operationnel et produits multimodèle
- Système d'alerte des tempêtes de poussière et sable
- Guide de la Prévision des tempêtes de poussière et de sable
- Système d'alerte: Évaluation
- Cas pratique: 01-02/06/2022
- Questionnaire
- Annexe: statistique, vidéos & links

Annexe: Moyenne, Médiane, Écart-type (STDEV) & Étendue (Range)

Médiane versus moyenne

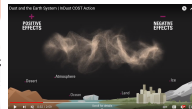
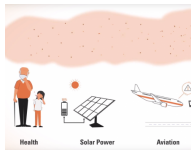
- **Moyenne:** somme de toutes les entrées de données divisée par le nombre d'entrées
- La moyenne est plus largement influencée par les valeurs extrêmes (outliers)
- Certains modèles peuvent prévoir des valeurs trop élevées → spécialement pour la concentration de la surface de la poussière
- **Médiane:** valeur située au milieu des données lorsque l'ensemble de données est classé
- La médiane n'est pas affectée par les valeurs des extrêmes
- La médiane → Meilleure évaluation que les modèles pris individuellement
- **Médiane** → **Prévision de référence**

Videos




inDust



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION



Links: Observations

- 
 → Worldview NASA (Polar Satellites)
- 
 → Meteosat RGB
- 
 → Photometers network

Bulletin de l'OMM sur les poussières atmosphériques

WMO AIRBORNE DUST BULLETIN

No. 51 July 2021

WMO Sand and Dust Storm - Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS)

The WMO Global Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS) is intended to provide continuous and improved SDS operational forecasts as well as to facilitate international coordinated SDS research in the earth-system science domain, fostering the seamless forecast of SDSs, air quality and climate weather. It is expected to sustainably realize the value of SDS scientific research in the chain of research, operational forecasts and services (RMSO, 2020).

SDS-WAS is the only initiative in the world that has been providing the longest-running SDS research and operational forecasts. After fifteen years of successful development, SDS-WAS looks at new scientific and operational challenges in the next five years (2021-2025) to support disaster prevention, mitigation and adaptation choices in a constantly changing world. The new challenges will be reflected in the relative implementation plan that is being finalized this month.

As this is the annual issue of the WMO Airborne Dust Bulletin, an analysis of the global distribution of mineral aerosols in 2020, as well as some major SDS events, are provided. The final sections reflect on advances in research and operational forecasting of SDS-WAS.

Overview of atmospheric dust content in 2020

The spatial distribution of the global surface concentration of mineral dust in 2020 (Figure 1) and its anomaly relative to climatologically mean values (1980-2010) (Figure 2) were derived based on the dust products from the Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) (Galaro et al., 2017), the latest atmospheric reanalysis archive for the modern satellite era produced by NASA's Global Modeling and Assimilation Office (GMAO). MERRA-2 includes an online implementation of the Goddard Chemistry, Aerosol, Radiation, and Transport model (IGOCART) integrated into the Goddard Earth Observing System Model, Version 5 (GEOS-5) and is capable of simulating five types of aerosols. The results shown here are based on the dust aerosol concentration parameter which is different from the dust aerosol optical depth (DAOD) parameter and more relevant to ground air quality.

Generally, the spatial distribution of the global surface concentration of mineral dust in 2020 was similar to that present in 2018 (Zhang et al., 2020), although some slight differences were found. The estimated peak annual mean dust surface concentration ($1000-1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in 2020 was found in some areas of Chad in north-central Africa. Enhanced dust concentrations were also observed in some regions in the Arabian Peninsula, Central Asia, the Iranian

Figure 1. Annual mean surface concentration of mineral dust in 2020

Le travail présenté ici est possible grâce au soutien de la collaboration des membres actifs du **SDS-WAS de l'OMM** et en particulier aux partenaires du nœud régional NAMEE.

Mes remerciements aux collègues du **BSC** et de l'**AEMET**.

Merci également aux chercheurs associés de la **NASA** (i.e. AERONET, MODIS) et EUMESAT ainsi qu'aux réseaux **inDust** et **Dust-Clim**.

Merci pour votre attention!