



# INSTRUMENTATION: CALITOO ET COMPTEUR PARTICULES

África Barreto ([abarretov@aemet.es](mailto:abarretov@aemet.es))

Izaña Atmospheric Research Center, Meteorological State Agency of Spain (AEMET)

*WMO SDS-WAS CREWS Training Course for Africa: Chad (Online, Oct 16 2024)*

## Two different sensors for PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> & AOD measurements

### DUST sensors

Based on in situ measurement technique (OPC) to provide PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>



### Calitoo hand-held photometer

Based on solar photometry to provide AOD and Angström Exponent (AE)

# Calitoo hand-held photometer



# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Description

## Photometry: Calitoo handheld sun photometer

Technical characteristics:

- Light channels: 465 (B), 540 (G) and 619 (R) nm
- Possible 999 measures stored in memory
- AOD calculated in real-time
- USB data download
- Free software on web site.
- Supply : 4 batteries AA (1,5V)
- Dimensions : 210 x 100 x 35 mm
- Weight : 400 g (With batteries)
- Operating temperature : -20°C to 55°C



How to use it?

<https://www.youtube.com/watch?v=4wCzw4rY9Hs>

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Description

## Photometry: Calitoo handheld sun photometer

### Products:

AOD @ 465, 540 et 619 nm

Angstrom Exponent



First experiences at:

Tamanrasset GAW Station (Algeria)

Tehran (Iran)

Aminabad Mt. Firoozkoh GAW station (Iran)

6 years of AOD at a vessel

**Calibration provided!!!**  
(at Izaña WMO-GAW Global station)



# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Measurement process

How to use it?

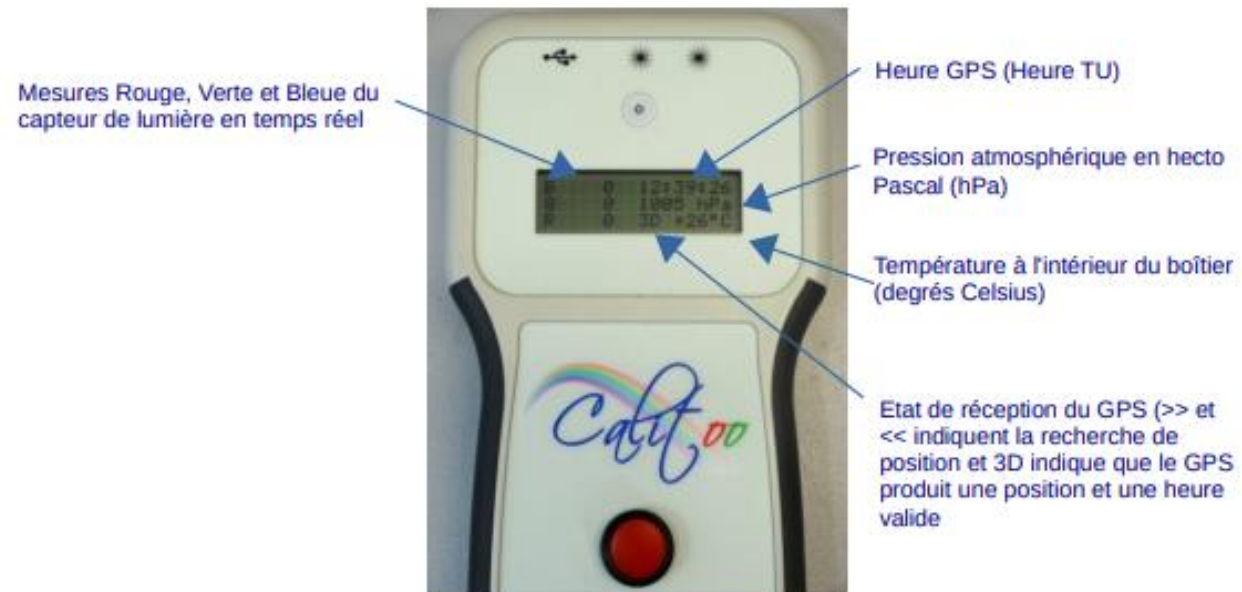
<https://www.youtube.com/watch?v=4wCzw4rY9Hs>

How to take measurements? Pag 10-15 [http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual\\_2020\\_fr.pdf](http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual_2020_fr.pdf)

Power ON by pressing for a few seconds on the red button

## 1.3 Premières mesures

Après la mise sous tension et la page de présentation passée, le photomètre indique qu'il est en mode mesure et affiche les informations de base :



Dès que le GPS du photomètre est en 3D, vous pouvez commencer les mesures.

**Si le GPS n'est pas en 3D, vous ne pouvez pas faire de mesure enregistrable**

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Measurement process

How to use it?

<https://www.youtube.com/watch?v=4wCzw4rY9Hs>

How to take measurements? Pag 10-15 [http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual\\_2020\\_fr.pdf](http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual_2020_fr.pdf)



## 1.4 Pointage du Soleil

Le pointage du photomètre est manuel, il est facilité par le dispositif de visée situé au dessus de l'afficheur.



Tutoriel video sur YouTube : [How to me](#)

Vous devez vous positionner face au Soleil de manière stable et amener rapidement le point lumineux au milieu de la cible du pointeur et de l'y maintenir le temps des mesures.



Le Soleil est au centre de la cible : le photomètre est pointé.

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Measurement process

How to use it?

<https://www.youtube.com/watch?v=4wCzw4rY9Hs>

How to take measurements? Pag 10-15 [http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual\\_2020\\_fr.pdf](http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual_2020_fr.pdf)

## 1.5 Maximum

Le but est d'obtenir la valeur maximale en RVB en environ 1 minute de pointage.



Cliquez sur le bouton du photomètre et vous passez à la page des maximums des mesures (nous supposons bien sûr que vous étiez restés sur la page de base décrite précédemment).

Tout en ayant un œil sur la cible, vous surveillez les valeurs numériques maximales mesurées sur l'afficheur. Lorsqu'elles ne changent plus, au bout d'environ une minute, vous procédez à la mémorisation des mesures.



# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Measurement process

How to use it?

<https://www.youtube.com/watch?v=4wCzw4rY9Hs>

How to take measurements? Pag 10-15 [http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual\\_2020\\_fr.pdf](http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual_2020_fr.pdf)

## 1.6 Affichage des AOT

Après la page des maximums, en appuyant une nouvelle fois sur le bouton rouge, le Calitoo réalise les calculs d'AOT et les affiche sur son écran.

Si les mesures vous paraissent aberrantes, vous pouvez choisir alors de ne pas les enregistrer à l'étape 1.8.



## 1.7 Affichage du Alpha



Cliquez sur le bouton une nouvelle fois et vous voilà sur la quatrième page qui est celle du Alpha ou Coefficient d'Angström.

Ce coefficient, dont le calcul est expliqué en [Annexe 4.2](#), permet de caractériser le type des particules détectées.

Le R2 est un indice de confiance. 1.00 c'est une total confiance dans le Alpha calculé alors que 0,50 représente 50 % de confiance.

Le calcul de R2 est détaillé en [Annexe 4.2](#).

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Measurement process

How to use it?

<https://www.youtube.com/watch?v=4wCzw4rY9Hs>

How to take measurements? Pag 10-15 [http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual\\_2020\\_fr.pdf](http://www.calitoo.fr/uploads/documents/fr/usermanual_2020_fr.pdf)

## 1.8 Mémorisation



Cliquez sur le bouton une nouvelle fois et vous voilà sur la cinquième page qui est celle des enregistrements. La séquence complète des opérations liées au bouton est décrite en [Annexe 4.6](#).

Le photomètre vous demande si vous voulez enregistrer (les mesures).

**Be sure you store the measurement!!!**



Si c'est la cas, il vous faudra appuyer toujours sur le bouton mais cette fois-ci en le maintenant enfoncé jusqu'à ce que le message **Recorded!** apparaisse en bas de l'écran.

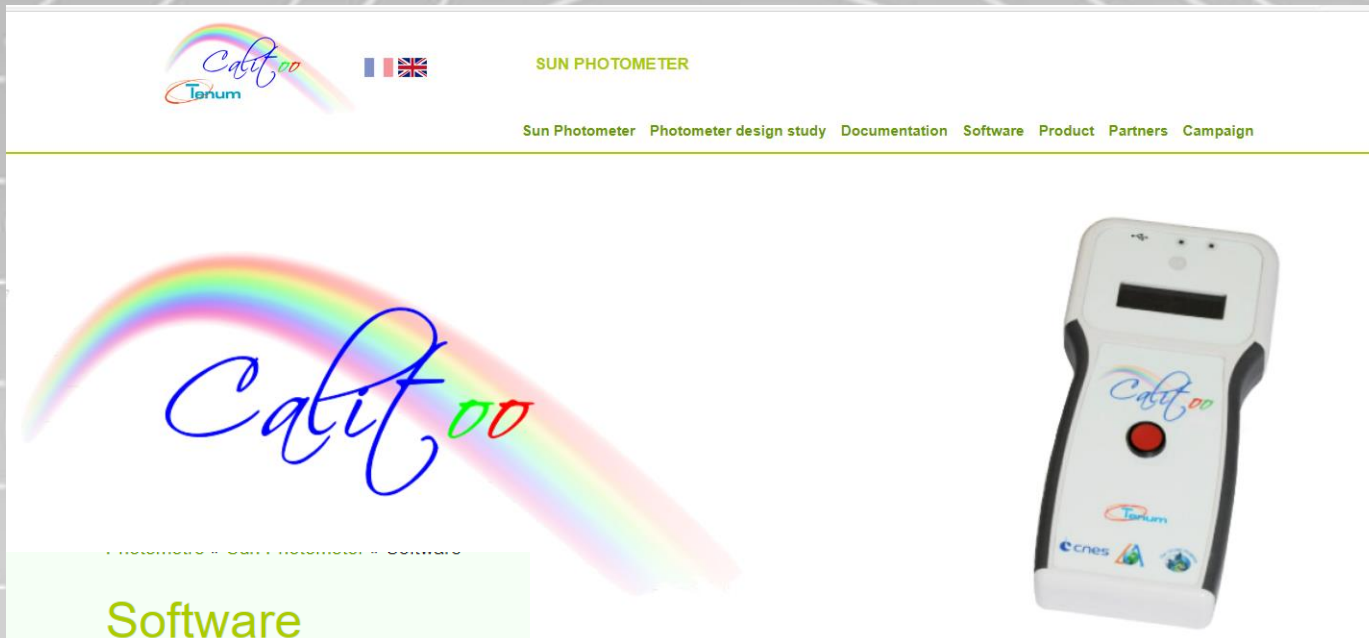
Vous relâchez alors le bouton et vous vous retrouvez sur la page de base pour un nouveau cycle de mesures.

Si vous n'êtes pas satisfait de votre mesure et que vous ne voulez pas l'enregistrer, un simple clic annule l'opération et vous vous retrouvez de nouveau sur la page de base pour un nouveau cycle de mesure.

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Data visualization

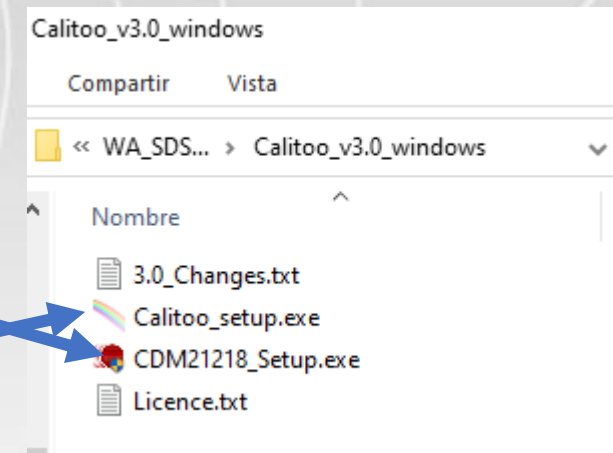
How to visualize data?

First, software download: <http://www.calitoo.fr/index.php?page=software>



Unzip the folder  
**Calitoo\_v3.0\_windows.zip**  
and execute these two programs:

- Calitoo\_setup.exe
- CDM21218\_Setup.exe



1° execute (install)

2° execute (install)

## Software

CALITOO software is used to connect your photo test and monitoring.

PC Version 3.0 October 2018



Windows 7, Windows 8, Windows 10  
(Read User Manual for installation)

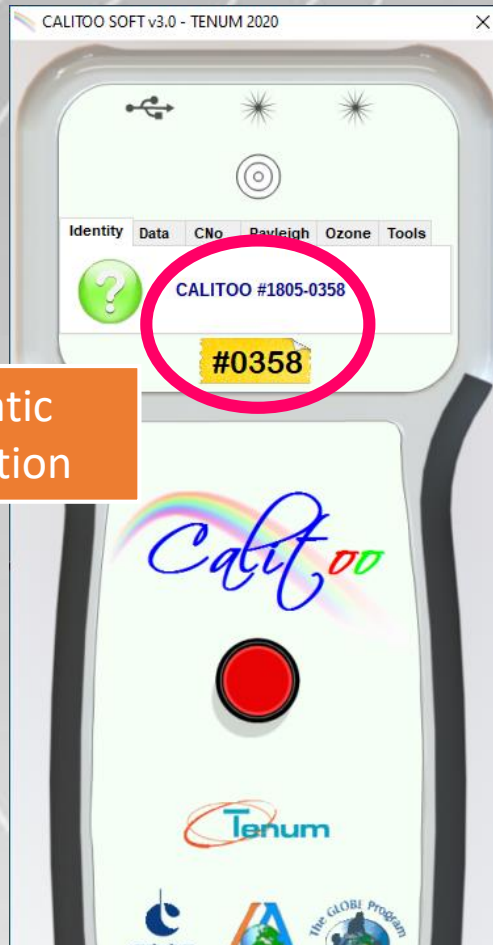
# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Data visualization

How to visualize data?

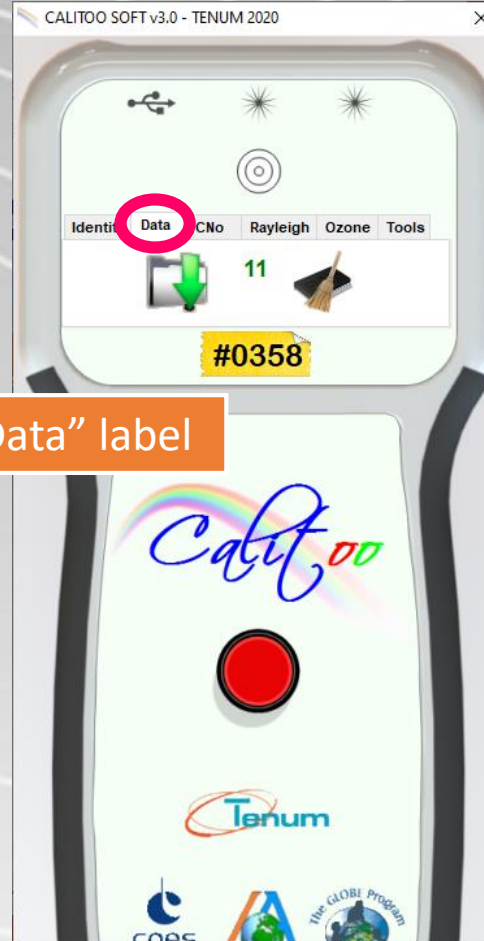
Plug calitoo to PC in "Reading mode" with USB cable and open the Calitoo software



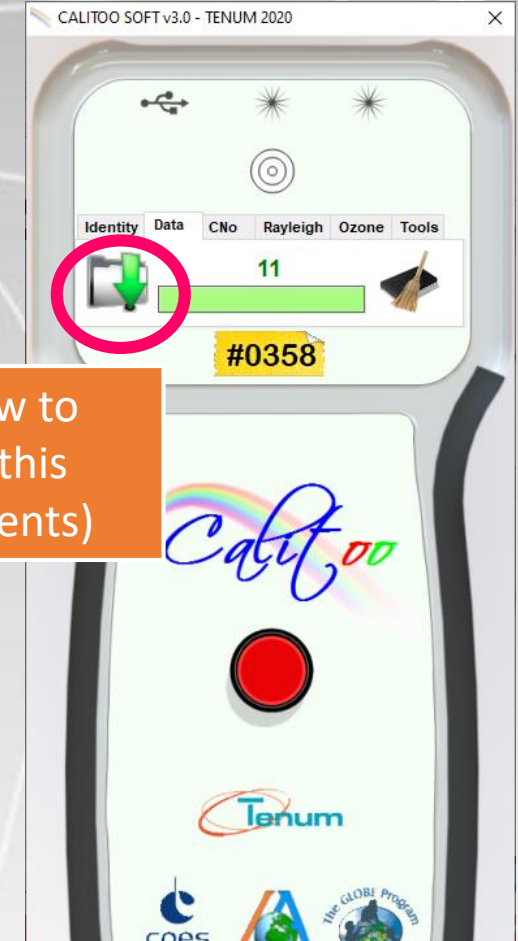
(as administrator)



Automatic recognition



Go to "Data" label



Press the Green row to download data (in this case 11 measurements)

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Data visualization

How to upload data?  
Stored data?

Data is stored in the folder of the specific Calitoo XXX in the path:  
C:/users/NameUser/CalitooData

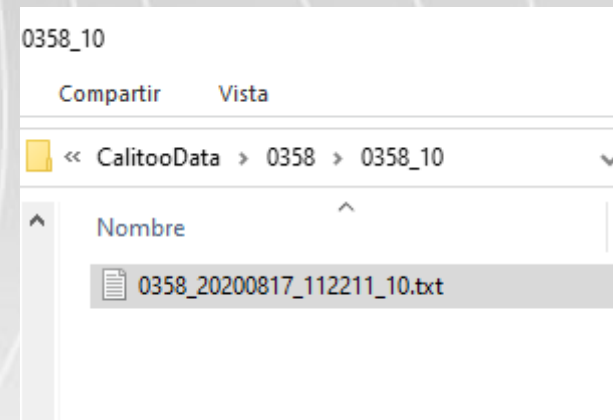
Different type of data:

XXX\_10 (raw data)

XXX\_15 (QA data)

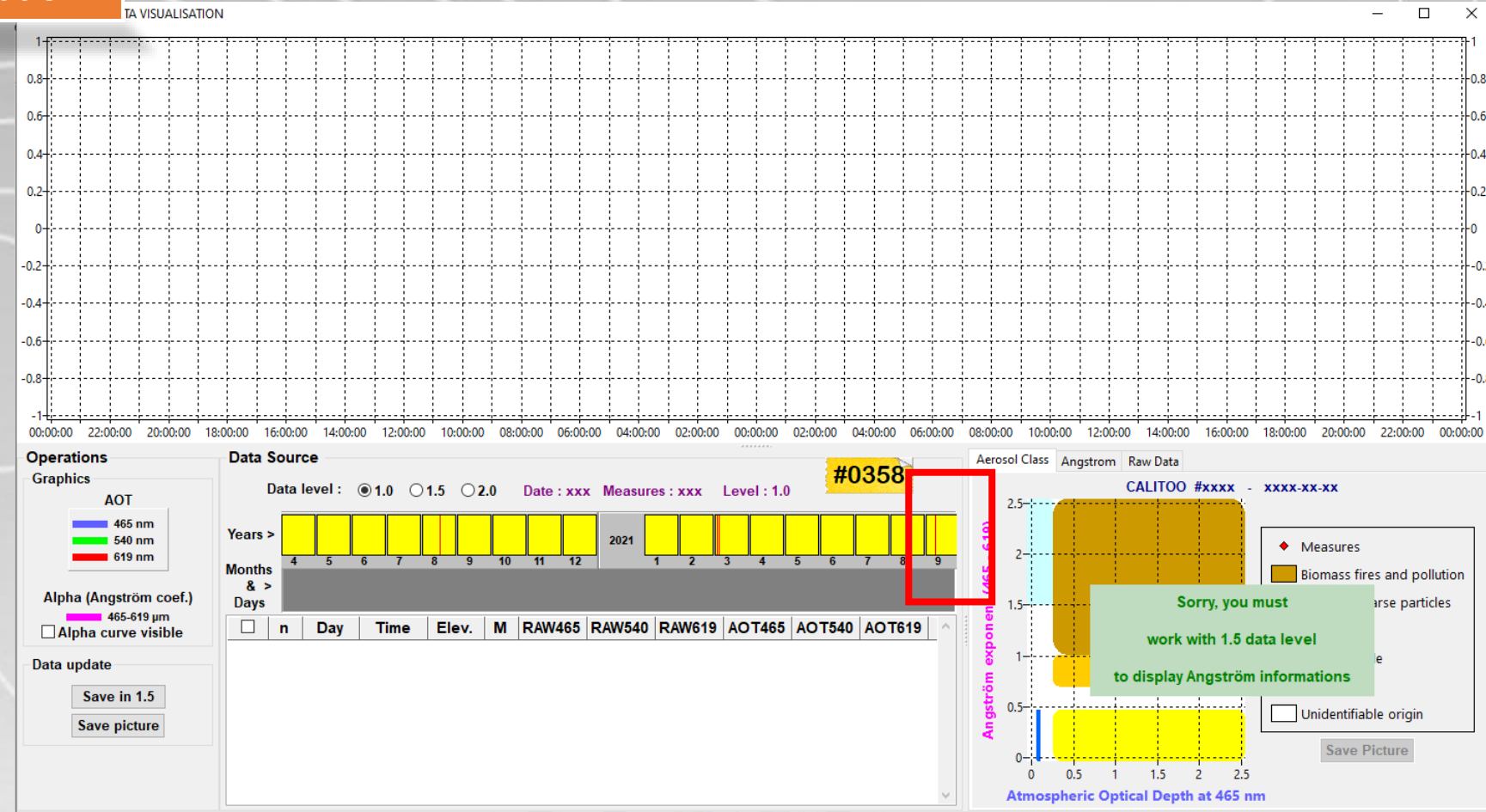
XXX\_30 (calibrated data)

You need to look for the “CalitooData” folder, and there you will find .txt files with downloaded data



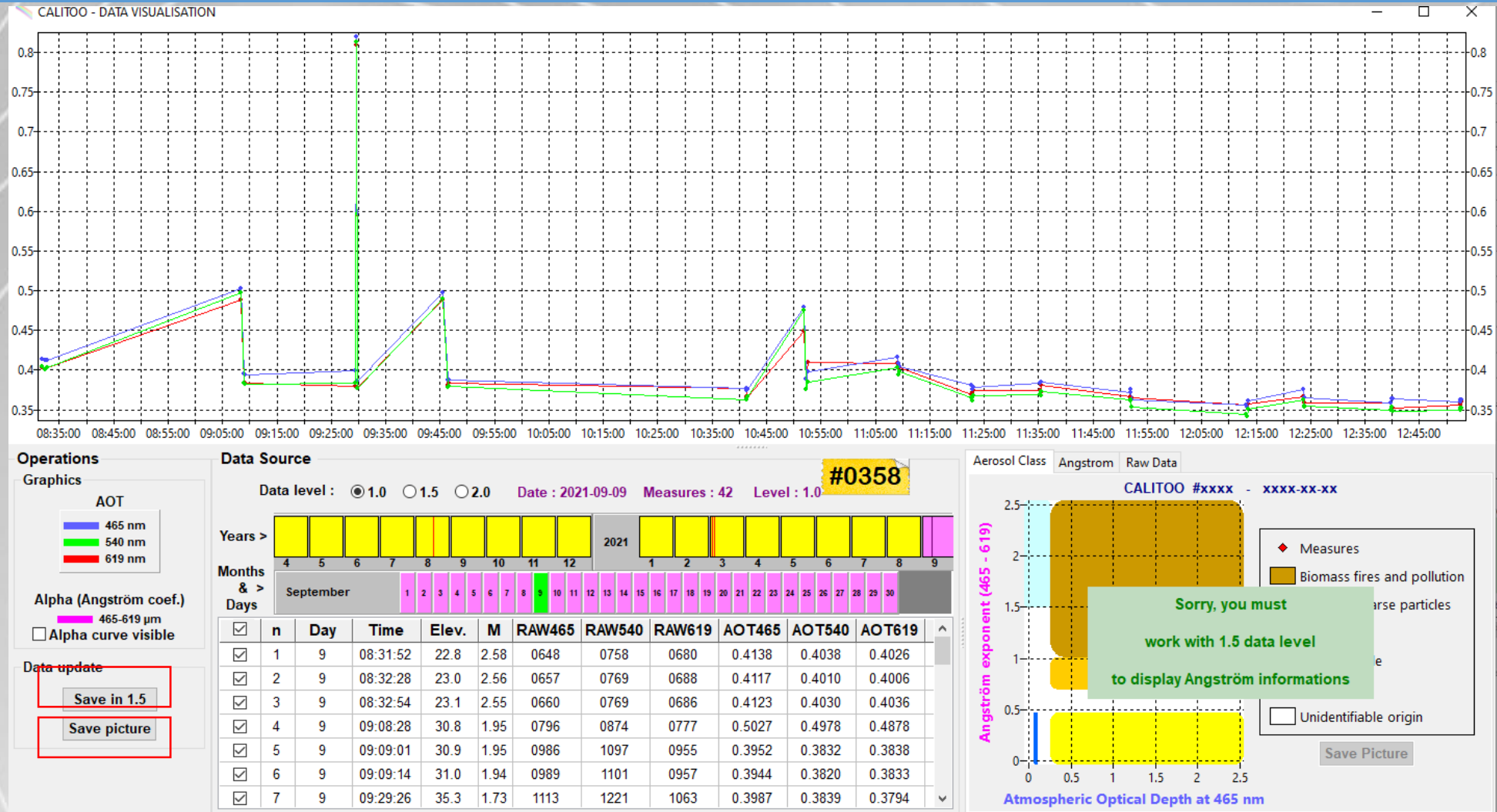
# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Data visualization

How to visualize data?  
Click on "Tools" and then on "Visualization"



We will see the time frame of our measurement and, in purple is the current file

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Data visualization



- Quality Assurance (QA): This is the moment to check if some of our measurements are wrong. If it is the case, unclick these measurements
- **Save in 1.5 and Save picture (Important because if not, data is not downloaded)**

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Calibration or intercomparison

## Tools / Calibration / AERONET Intercalibration

- 1) Calitoo Data
- 2) Aeronet Data
- 3) Inter-calibration
- 4) Langley

00:50 01:40 02:30 03:20 04:10 05:00 05:50 06:40 07:30 08:20 09:10 10:00 10:50 11:40 12:30 13:20 14:10

1 - Calitoo data 2 - Aeronet data 3 - Inter-calibration 4 - Validation

**Calitoo data** #0358

Data level :  1.0  1.5  2.0 Date : xxx Measures : xxx

Years > 5 6 7 8 9 10 11 12 2022 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Months & > Days

n	Time	Elev.	M	RAW465	RAW540	RAW619	PRESS
---	------	-------	---	--------	--------	--------	-------

- 1) Calitoo Data: Select Data Level 1.5 (or 2.0) to compare/intercalibrate

**Calitoo data** #0358

Data level :  1.0  1.5  2.0 Date : 2021-09-23 Measures : 7

Years > 5 6 7 8 9 10 11 12 2022 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Months & > Days

September 21 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

n	Time	Elev.	M	RAW465	RAW540	RAW619	PRESS
1	16:46:22	29.4		1626	1847	1638	1003
2	16:46:38	29.3		1628	1848	1636	1003
3	16:46:53	29.2		1623	1837	1628	1003
4	16:47:22	29.1		1647	1854	1659	1003
5	16:47:43	29.1		1628	1846	1634	1003
6	16:47:54	29.0		1611	1846	1633	1003
7	16:48:10	29.0		1622	1849	1635	1003



# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Calibration or intercomparison

## 2) AERONET Data: Upload Version 3.0, Level 1.5

1 - Calitoo data 2 - Aeronet data 3 - Inter-calibration 4 - Validation

### Aeronet data

#0358

Data Version : Aeronet v3.0

Date : 2021-09-23

Load Aeronet File

Existing Etalon files data : La\_Palma.lev15 Aeronet v3.0

Select

### Downloaded data

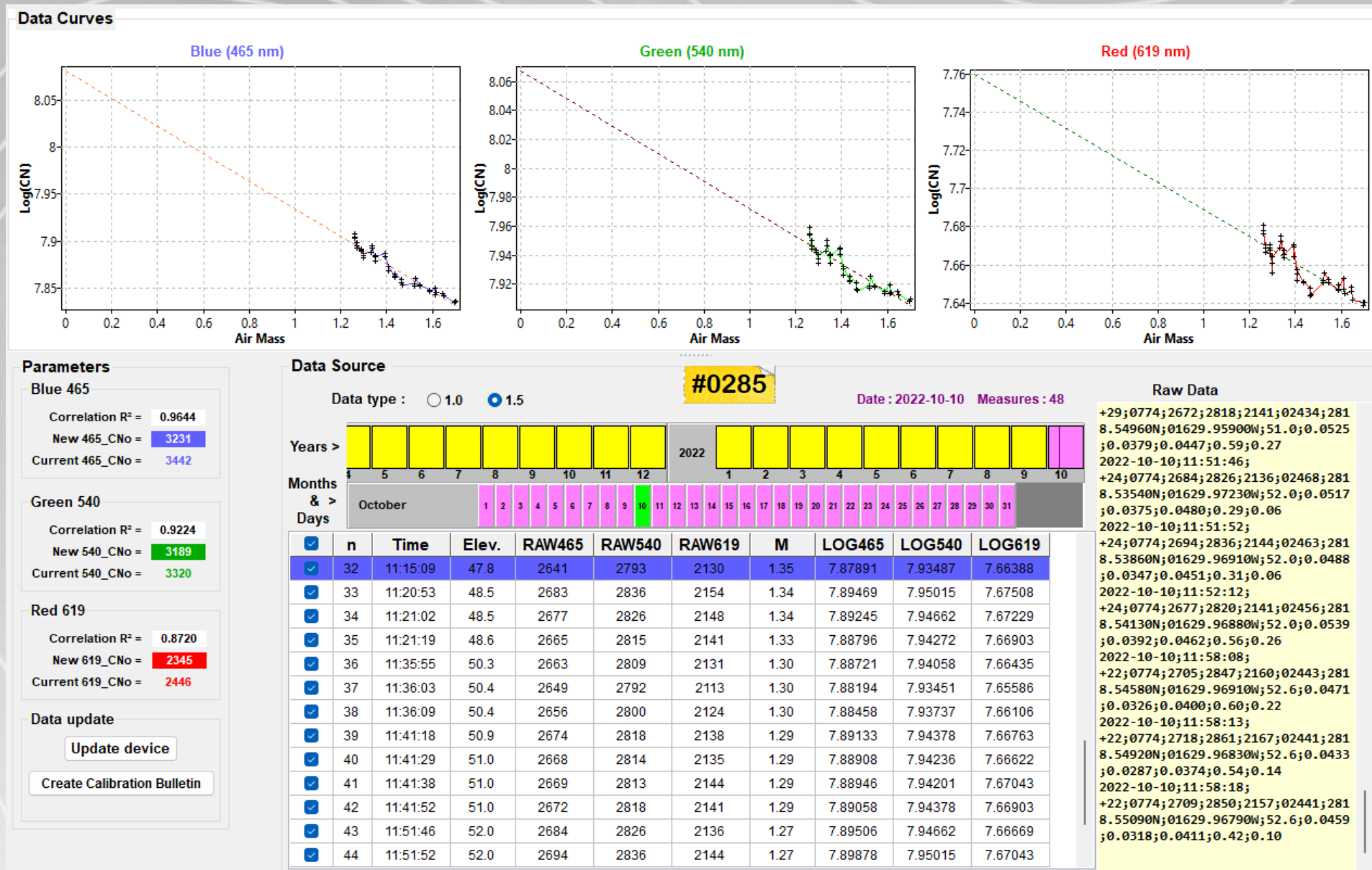
20210923\_20210923\_La\_Palma.lev15 -> 34 Aeronet data

Time(hh:mm:ss)	AOD_1640nm	AOD_1020nm	AOD_870nm	AOD_675nm	AOD_500nm	AOD_440nm	AOD_380nm	AOD_340nm	440-870_Angstrom_Exponent	380-500_Angstrom_Exponent	440-675_Angstrom_E ^
07:41:42	0.060064	0.080914	0.091270	0.115100	0.157055	0.175881	0.201526	0.201181	0.974026	0.902148	0.998987
07:43:56	0.063364	0.085859	0.097179	0.123376	0.169449	0.189748	0.217045	0.217605	0.994210	0.895603	1.015267
07:45:51	0.064400	0.087494	0.099108	0.126079	0.173561	0.194803	0.223100	0.226151	1.003456	0.908283	1.025500
07:48:02	0.068622	0.091455	0.102999	0.130089	0.178979	0.201699	0.232442	0.238260	0.997386	0.945596	1.031850
07:52:04	0.068172	0.089867	0.101101	0.127002	0.174691	0.196943	0.227467	0.235382	0.990231	0.955188	1.031994
07:55:56	0.066937	0.087620	0.098236	0.123506	0.170810	0.193634	0.227574	0.235311	1.006903	1.039085	1.056292
07:57:52	0.067894	0.088404	0.098686	0.123904	0.171610	0.195008	0.230456	0.239136	1.010297	1.067928	1.064554
08:01:56	0.070611	0.091554	0.102844	0.129002	0.178727	0.202722	0.239070	0.249318	1.007564	1.053669	1.061830
08:03:51	0.069272	0.090607	0.101704	0.127903	0.177196	0.200674	0.236560	0.245286	1.009214	1.046738	1.058726
08:07:56	0.069180	0.090426	0.101551	0.127899	0.176686	0.200409	0.236996	0.243948	1.007895	1.063947	1.054557
08:10:24	0.072069	0.094621	0.106603	0.134434	0.185662	0.210460	0.247254	0.253503	1.008433	1.037471	1.052662
08:12:08	0.065774	0.087174	0.097905	0.124086	0.172428	0.196531	0.231305	0.236665	1.031825	1.063373	1.078644
08:21:56	0.059199	0.076278	0.085043	0.105485	0.146273	0.165944	0.200767	0.206259	1.125950	1.480973	1.233735
08:25:42	0.066000	0.080000	0.080000	0.117754	0.171000	0.187000	0.201000	0.200000	1.100000	1.500000	1.240000

## 3) Inter-calibration

# CALITOO HAND-HELD PHOTOMETER: Calibration or intercomparison

## 4) Langley calibration



## Quelques considérations à prendre en compte lors de la mesure des aérosols avec le Calitoo (QA/QC)



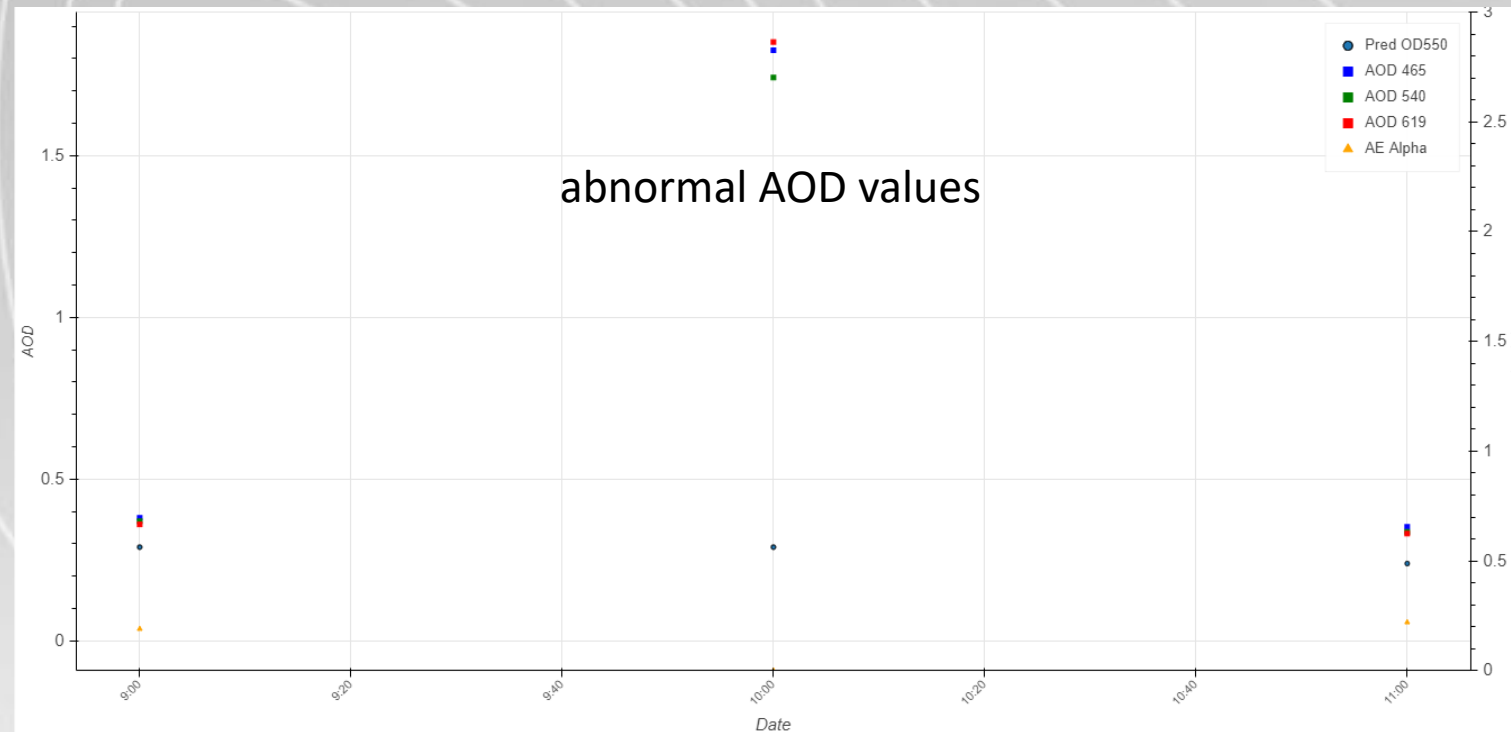
## Observations sans nuage

Veillez noter qu'il n'est pas possible d'effectuer des mesures avec le Calitoo en présence de tout type de couverture nuageuse. Méfiez-vous des nuages de type voile (cirrostratus) ou qui recouvrent partiellement le disque solaire, car cela donnerait des lectures erronées



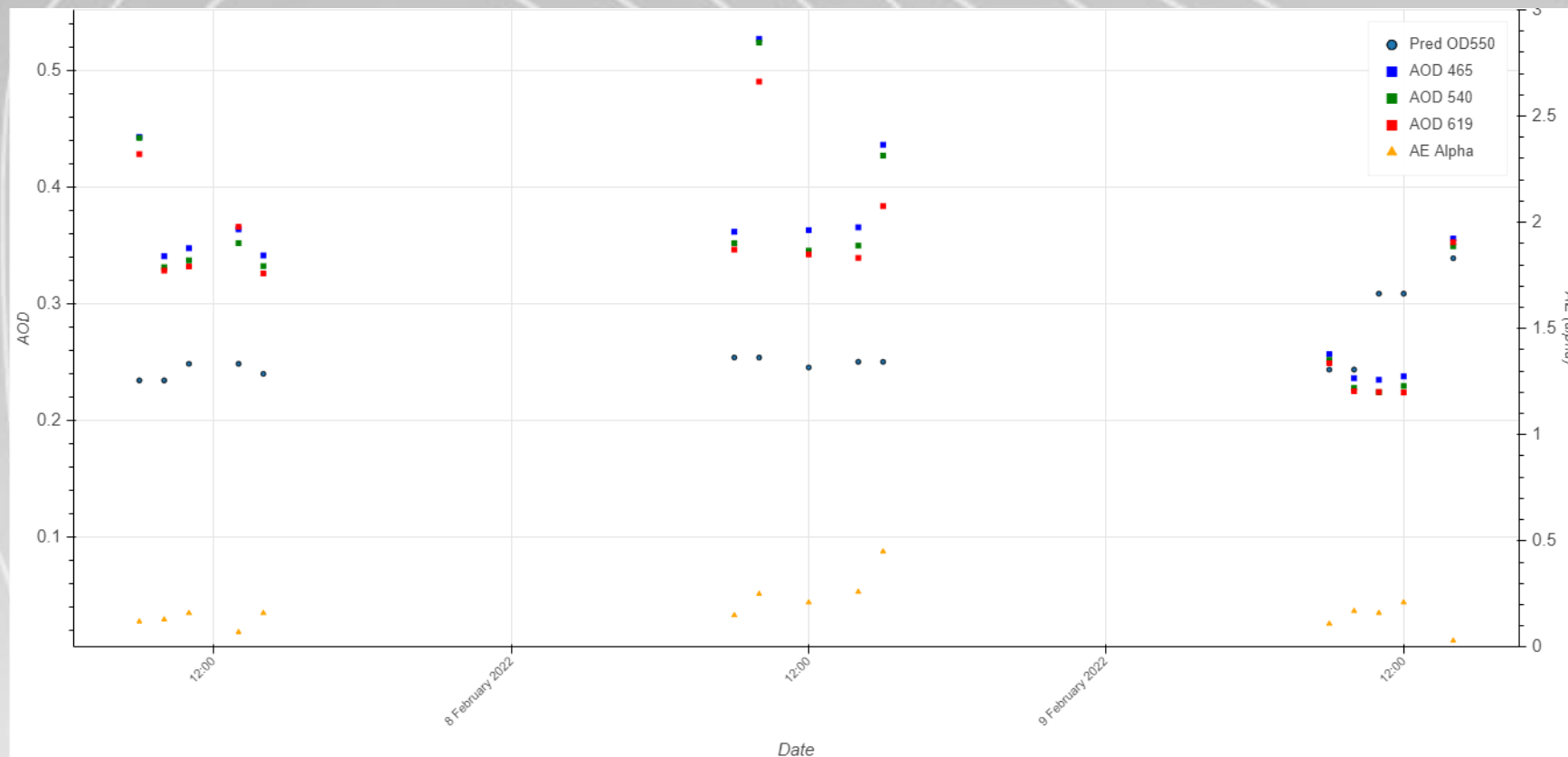
## Conséquence d'une mauvaise lecture

Soit en raison de la présence de nuages, soit en raison d'une mauvaise visée vers le soleil, la lecture peut être erronée et conduire à des valeurs AOD anormales, comme le montre la figure suivante. Dans celui-ci, on peut vérifier comment l'AOD subit une variation en 1 heure de valeurs proches de 0.5, normales dans des conditions de présence de poussière minérale, à des valeurs de 1.7, pour se désintégrer à nouveau en 1 heure à des valeurs de 0.5. Cette mesure intermédiaire est probablement erronée.



## Exemple de mesures correctes

Dans ce cas, la cohérence attendue de l'AOD entre les mesures consécutives est observée. Il faut s'attendre à ce que l'AOD ne varie pas brusquement entre les mesures, à moins que les conditions atmosphériques ne changent de façon marquée.



expected consistency of the AOD values between consecutive measurements

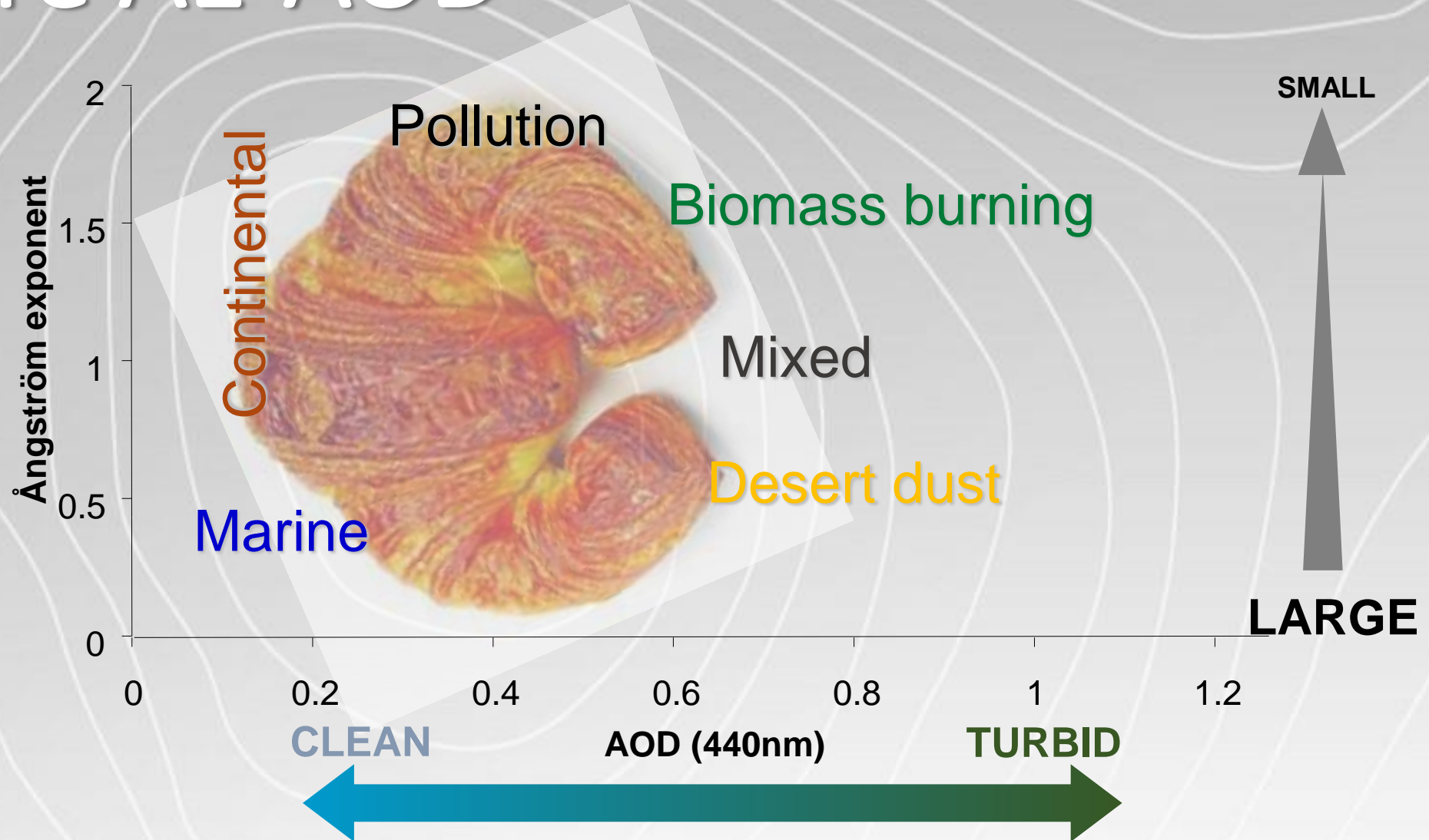
# Vérifier les lectures avant d'enregistrer les données: critère AOD

Avant d'enregistrer les lectures, il est nécessaire de vérifier que les valeurs AOD mesurées sont cohérentes avec les conditions atmosphériques au moment de la mesure. Pour cela, il convient de vérifier que l'AOD dans le canal vert est cohérent avec les valeurs indiquées dans le tableau suivant:

État du ciel	AOD @ 500 nm
Clair	0.05 - 0.10
Un peu poussière	0.10 - 0.25
Poussière	0.25 - 0.5
Très poussière	0.5 - 1
Extrêmement poussière	1-2
Tempête de sable	>2

## Critère AE-AOD

Desert Dust: high AOD and low AE values





## Vérifier les lectures avant d'enregistrer les données: critère $R^2$

### 1.6 Affichage des AOT

Après la page des maximums, en appuyant une nouvelle fois sur le bouton rouge, le Calitoo réalise les calculs d'AOT et les affiche sur son écran.

Si les mesures vous paraissent aberrantes, vous pouvez choisir alors de ne pas les enregistrer à l'étape 1.8.



### 1.7 Affichage du Alpha

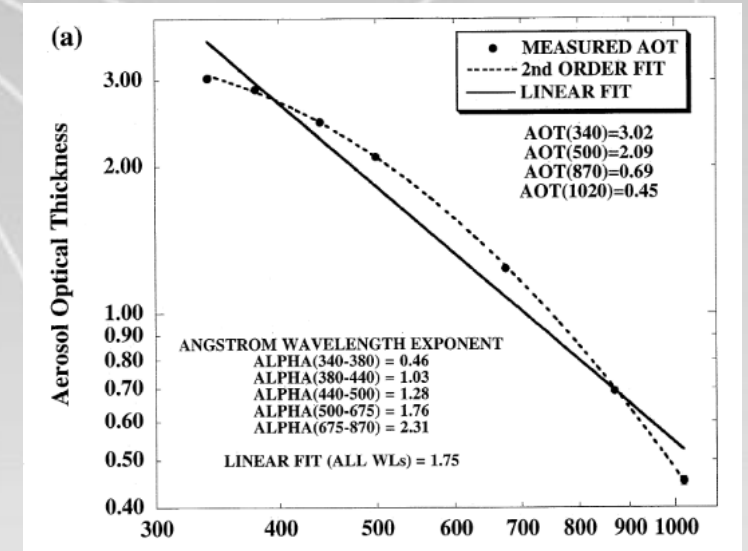
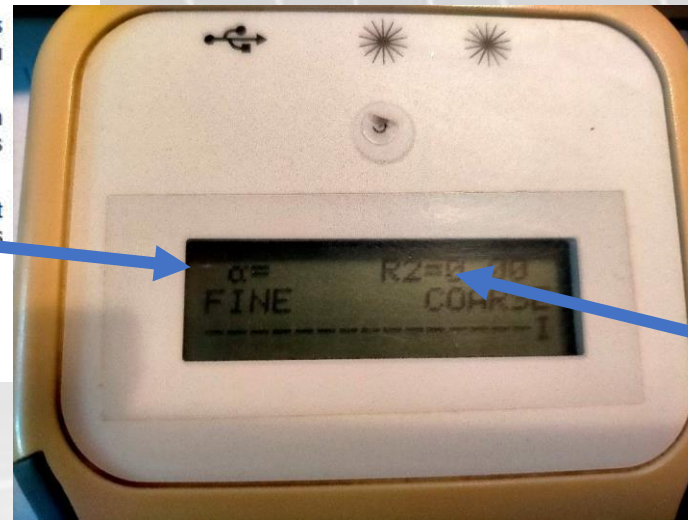


Cliquez sur le bouton une nouvelle fois et vous voilà sur la quatrième page qui est celle du Alpha ou Coefficient d'Angström.

Ce coefficient, dont le calcul est expliqué en Annexe 4.2, permet de caractériser le type des particules détectées.

Le  $R^2$  est un indice de confiance. 1.00 c'est une total confiance dans le Alpha calculé alors que 0,50 représente 50 % de confiance.

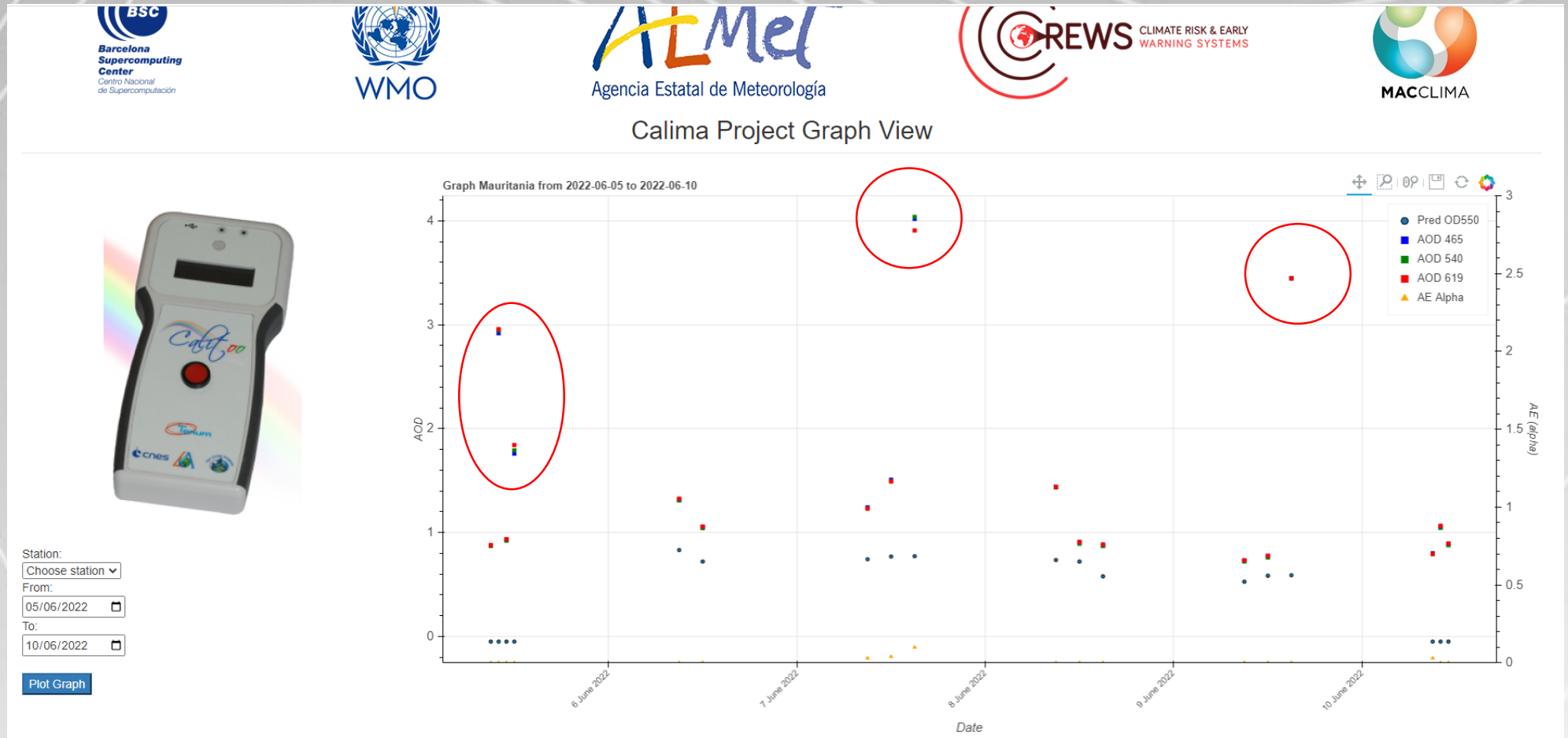
Le calcul de  $R^2$  est détaillé en Annexe 4.2.



Eck et al. (1999)

$$R^2 > 0.6$$

## Exemples de mesures en Mauritanie



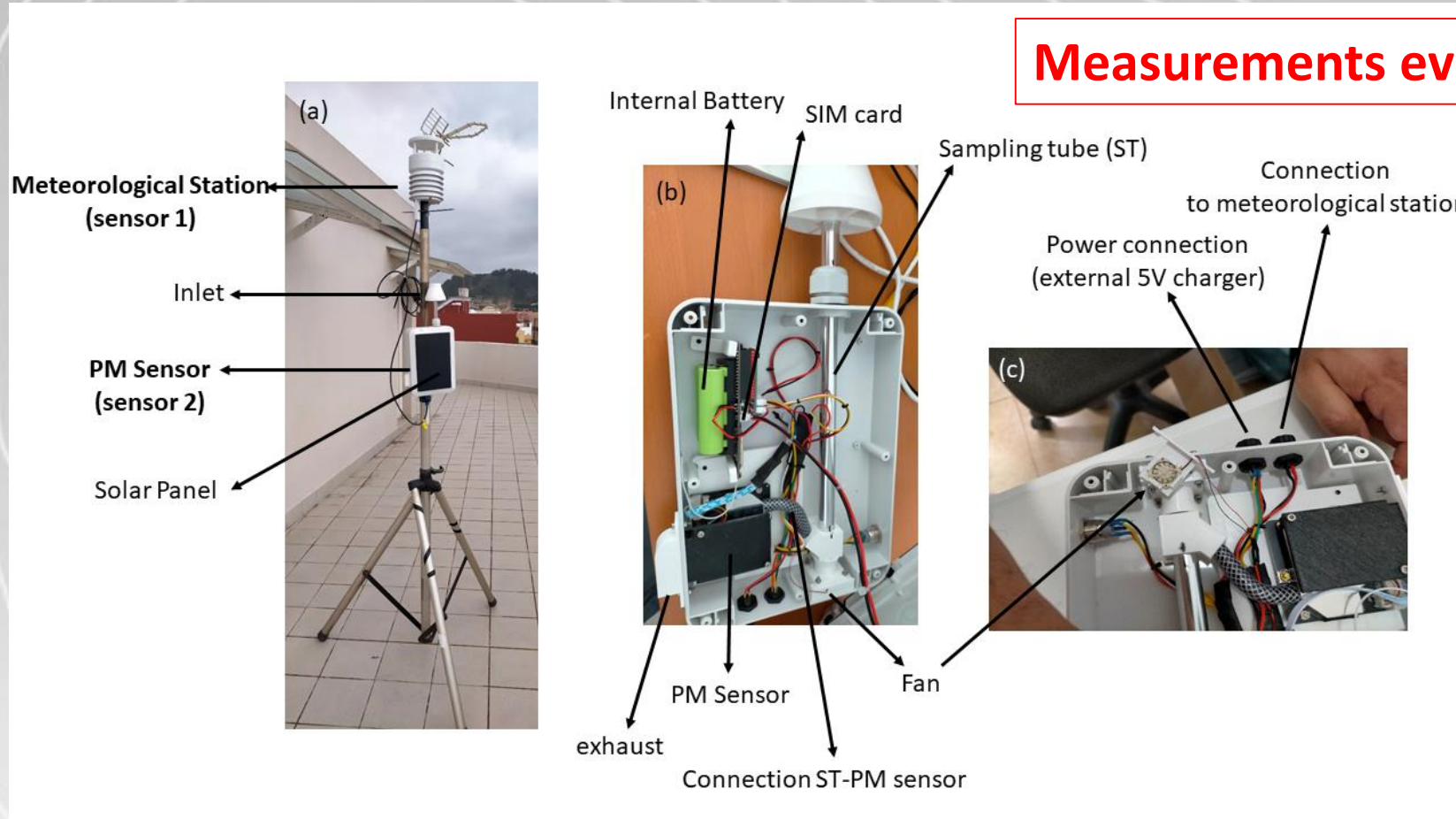
# DUST sensor



# DUST SENSOR: Description

DUST has been conceived to perform coincident measurement of PM together with some meteorological key variables. It is composed of 2 different sensors:

- **One meteorological station (sensor 1)** providing information of pressure, relative humidity, temperature, wind speed and wind direction.
- **One PM sensor NOVA SDS011 (sensor 2)** providing information of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ .



# DUST SENSOR: Description

## COMMUNICATIONS

DUST is able to operate by means of an autonomous and redundant data transmission system:

- **Via SIM** (default option), using:
  - o Modem 4G or 3G.
  - o Acquisition and transmission system based on multi-operator and multi-country mobile telephony.
  - o Costs of connection fees included.
- **Via WIFI.**

## REPLACEMENT KIT

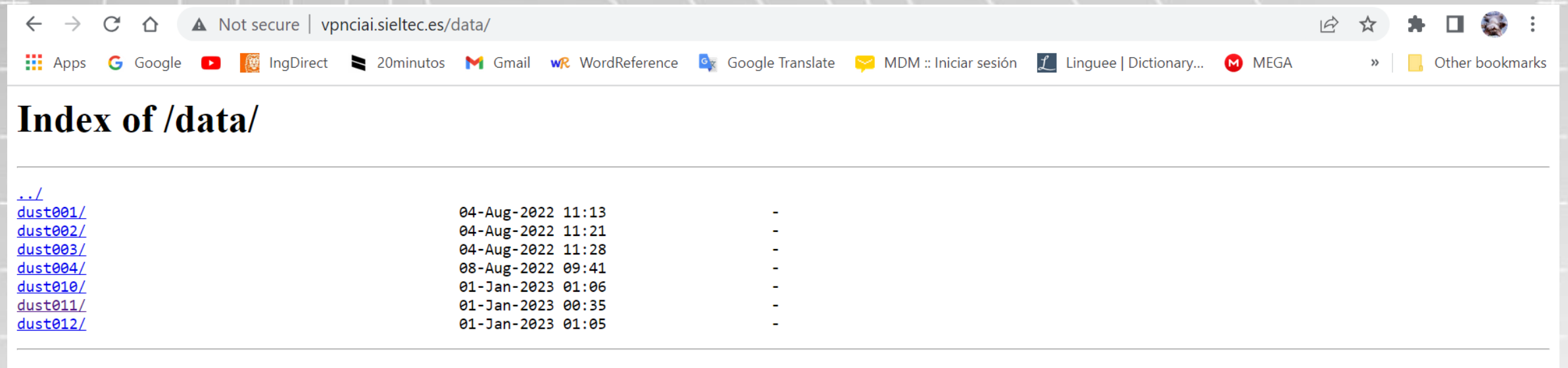
In order to extend the life of the DUST sensors, a number of replacement components are provided:

- Fan
- Internal cables kit (for meteorological station replacement).
- PM sensor

# DUST SENSOR: Description

## DATA SERVER

- The information provided automatically for your instrument, once installed and turned on, will be storage in the following data server: <http://vpnciai.sieltec.es/data/>
- Files are organized by year, month and day. DUST sensors provide daily data, with measurements performed every 30 minutes.



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying "Not secure | vpnciai.sieltec.es/data/". The browser's bookmark bar includes various sites like Google, YouTube, and MEGA. The main content area shows the title "Index of /data/" and a list of files with their respective dates and times.

File Name	Date and Time	Size
<a href="#">../</a>		
<a href="#">dust001/</a>	04-Aug-2022 11:13	-
<a href="#">dust002/</a>	04-Aug-2022 11:21	-
<a href="#">dust003/</a>	04-Aug-2022 11:28	-
<a href="#">dust004/</a>	08-Aug-2022 09:41	-
<a href="#">dust010/</a>	01-Jan-2023 01:06	-
<a href="#">dust011/</a>	01-Jan-2023 00:35	-
<a href="#">dust012/</a>	01-Jan-2023 01:05	-

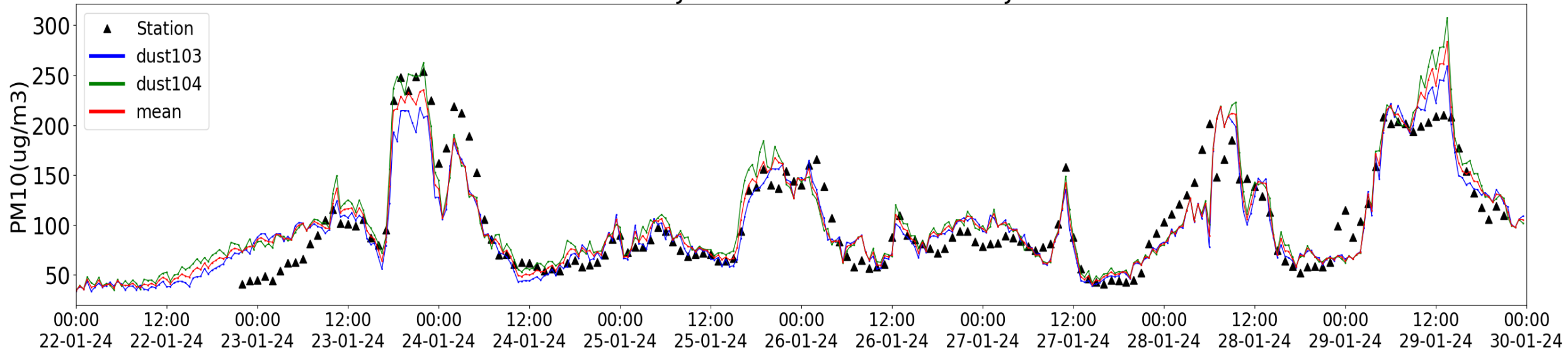
# DUST SENSOR: Installation

- 1) Plug all the cables to the DUST sensor. Meteorological station (sensor 1) has to be connected using the provided connector.
- 2) Use plastic straps to place firmly the meteorological station (sensor 1) and the PM (sensor 2) of the DUST in a mast.
- 3) Power ON



# DUST SENSOR: Validation at Tenerife

AQ Station : median  
 Correction Slope : 4 Correction Intercept : 6 Time Lag : 2 h  
 Start Date : 22 Jan 2024 Finish Date : 29 Jan 2024



ID	<b>mean</b>
Counts	168
Pearson's r	0.91
BIAS	1.71
MSE	498.36
RMSE	22.32
MAE	16.28
MAPE	16.95 %
Pm10 =	0.96mean+2.48
slope_std	0.03
intercept_std	4.14

ID	<b>dust103</b>
Counts	168
Pearson's r	0.9
BIAS	-1.79
MSE	546.28
RMSE	23.37
MAE	16.7
MAPE	16.98 %
Pm10 =	1.0dust103+1.81
slope_std	0.04
intercept_std	4.42

ID	<b>dust104</b>
Counts	168
Pearson's r	0.9
BIAS	5.22
MSE	554.47
RMSE	23.55
MAE	17.95
MAPE	18.85 %
Pm10 =	0.9dust104+5.65
slope_std	0.03
intercept_std	4.08





**Merci!**



<http://izana.aemet.es>  
[abarretov@aemet.es](mailto:abarretov@aemet.es)