

## TP1 – Variabilité de l’ozone atmosphérique

### I. Éléments de contexte

L’ozone (O<sub>3</sub>) est un polluant atmosphérique qui n’est pas émis directement dans l’atmosphère mais qui est formé par réaction chimique à partir d’autres polluants émis par les activités humaines (en particulier le dioxyde d’azote et les Composés Organiques Volatils) sous l’effet du rayonnement solaire et de la chaleur.

L’ozone a un effet sur l’environnement en dégradant les végétaux, contribuant au phénomène de pluies acides et à l’effet de serre. Il a également un impact sur la santé en tant que gaz irritant ayant des effets respiratoires et cardio-vasculaires.

Ainsi des seuils ont été définis dans le code de l’environnement français (décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 - art. 1) et sont listés ci-dessous (source : Légifrance) :

- a) Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine : 120 µg/m<sup>3</sup> pour le maximum journalier de la moyenne sur huit heures, pendant une année civile ;
- b) Objectif de qualité pour la protection de la végétation : 6 000 µg/m<sup>3</sup>. h en AOT40<sup>1</sup>, calculé à partir des valeurs enregistrées sur une heure de mai à juillet ;
- c) Valeur cible pour la protection de la santé humaine : 120 µg/m<sup>3</sup> pour le maximum journalier de la moyenne sur huit heures, seuil à ne pas dépasser plus de vingt-cinq jours par année civile en moyenne calculée sur trois ans ou, à défaut d'une série complète et continue de données annuelles sur cette période, calculée sur des données valides relevées pendant un an ;
- d) Valeur cible pour la protection de la végétation : 18 000 µg/m<sup>3</sup>. h en AOT40<sup>1</sup>, calculées à partir des valeurs sur une heure de mai à juillet en moyenne calculée sur cinq ans ou, à défaut d'une série complète et continue de données annuelles sur cette période, calculée sur des données valides relevées pendant trois ans ;
- e) Seuil de recommandation et d'information : 180 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire ;
- f) Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population : 240 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire ;
- g) Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence :
  - 1er seuil : 240 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, dépassé pendant trois heures consécutives ;
  - 2e seuil : 300 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, dépassé pendant trois heures consécutives ;
  - 3e seuil : 360 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire.

### II. Analyse des données d’ozone

Récupérer dans l’espace de cours « Analyses et traitements de données » de l’ENT les fichiers situés dans le dossier TP1 et les mettre tous dans un même répertoire qui sera le répertoire de travail sous MATLAB ou PYTHON (utiliser Pyzo V3.4).

---

<sup>1</sup> AOT = Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 ppb  
$$= \sum (([O_3]_{\text{entre 8h et 20h locale}} > 40 \text{ ppb}) - 40 \text{ ppb}) \times \text{durée}$$

## II.1. Contenu d'ozone au sommet du puy de Dôme

Le fichier `Station_PDD_horaire_1995_2017.mat` contient des moyennes horaires des données relevées au sommet du puy de Dôme entre 1995 et 2017. Les variables d'intérêt pour ce TP contenues dans le fichier sont les suivantes :

- `an`, `mois`, `jour`, `heure` : dates de la mesure
  - `temps_fractionne` ou `temps_frac` : partie entière : année et partie décimale : fraction de l'année
  - `O3` : ozone en ppbv (nombre de molécules d'ozone multiplié par  $10^9$  et divisé par le nombre de molécules d'air)
  - `Temp` : température de l'air en °C
- a) Tracer l'évolution temporelle de l'ozone au cours des années.
- b) Déterminer le minimum et le maximum d'ozone obtenus sur la période. Commentez les valeurs obtenues.
- c) A l'aide de la fonction `hist`, réaliser un histogramme des valeurs d'ozone. Le nombre de classe sera déterminé en utilisant la règle de Sturges. Réaliser à nouveau l'histogramme en supprimant les valeurs négatives d'ozone. La fonction `hist` permet-elle de réaliser un histogramme tel qu'il a été défini dans le cours ?

## II.2. Variabilité saisonnière au sommet du puy de Dôme

A l'aide des données relevées au sommet du puy de Dôme en 2016 (fichier intitulé `var_saison_O3.mat` contenant les mêmes variables que précédemment ainsi que la pression de l'air en hPa (variable `Press`)) :

- a) Découper le jeu de données 4 saisons : hiver = DJF – printemps = MAM – été = JJA – automne = SON.
- b) Calculer le minimum, le maximum, les quartiles et la moyenne pour chacune des saisons. Avec MATLAB, utiliser la fonction `quantile.m` fournie dans l'espace de cours. Avec PYTHON, utiliser la fonction `percentile` du module `numpy`.
- c) Réaliser les boîtes à moustaches pour chacune des saisons à l'aide de la commande MATLAB `boxplot` fournie dans l'espace de cours ou à l'aide de la fonction `boxplot` PYTHON disponible dans le module `matplotlib.pyplot`. Commenter les figures obtenues sur la variabilité saisonnière de l'ozone.
- d) Question bonus à faire à la fin : l'objectif de qualité pour la protection de la végétation est-il atteint ?

## II.3. Variabilité spatiale de l'ozone et seuils d'alerte

A l'aide des données ozone (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) relevées par ATMO Auvergne-Rhône-Alpes au jardin Lecoq à Clermont-Ferrand (fichier intitulé `matrice_ozone_Lecoq.mat`) et par Airparif aux pieds de la Tour Eiffel à Paris (fichier intitulé `matrice_ozone_Eiffel.mat`) :

- a) Tracer sur un même graphique, l'évolution temporelle de l'ozone au cours des années pour les deux villes.
- b) Pour l'année 2016, calculer le minimum, le maximum, les quartiles et la moyenne pour chacun des sites et réaliser les boîtes à moustaches. Comparer la variabilité de l'ozone entre les deux villes.

- c) Sur la période de mesures commune aux deux villes, comparer le nombre de fois où le seuil de recommandation et d'information a été franchi. A quelles dates, saisons et heures ces seuils ont-ils été franchis ?
- d) Les seuils d'alerte ont-ils déjà été franchis pour Clermont-Ferrand et pour Paris ? Si oui, à quelles dates ?
- e) Pour Paris, l'objectif de qualité pour la protection de la santé humaine a-t-il été atteint en 2016 ?