

# Rapport de projet, Sparse wavelet

Louis Thiry, Alexandre Saint-Dizier

25 février 2017

## Introduction

Pendant la présentation des projets par les entreprises, nous avons été séduits par le projet de prédiction de la qualité de l'air à l'échelle de la rue de Plume Labs. En effet, le problème en question est un problème de physique, et l'on peut espérer s'inspirer de son intuition et de modèles physiques pour proposer des solutions. De plus, l'application, la prédiction de la pollution à l'échelle de la rue, est intéressante et utile.

Cependant, quand nous avons commencé à étudier les données, nous nous sommes rendus compte qu'un bon nombre de paramètres relevant de la physique du problème étaient exclus dans les données fournies, ce qui empêchait d'avoir une approche physique du problème et qui remettait sérieusement en cause l'ambition affichée : prédire la qualité de l'air à l'échelle de la rue. Nous avons contacté Plume Labs pour en savoir plus, et ils nous ont répondu que cela était volontaire, le but réel du projet étant de "prédire la pollution à des points précis à partir d'informations statiques sur ces points et d'informations structurelles extraites sur les séries temporelles".

C'est donc à ce problème que nous nous sommes attaqués, problème très intéressant, mais aussi très général pour lequel on voit mal comment on peut obtenir des prédictions précises.

## 1 Les données à notre disposition

Les données du problème concernent les concentrations de trois types de polluants ( $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ) sur une période de temps  $T$  donnée dans six villes inconnues, numérotées de 0 à 5. Chaque ville comporte 4 ou 5 stations (29 au total sur les six villes, numérotées de 1 à 29).

### 1.1 Variables explicatives

Pour chacune des stations, nous avons les variables explicatives suivantes :

- 18 variables statiques, qui nous renseignent sur l’entourage du point où les mesures sont faites :
  - la surface cumulée de zones résidentielles à faible densité dans un rayon de 25/50/150/250/500 mètres autour du point
  - la surface cumulée de zones résidentielles à haute densité dans un rayon de 25/50/150/250/500 mètres autour du point
  - la surface cumulée de zones industrielles dans un rayon de 500 mètres autour du point
  - la surface cumulée de zones portuaires dans un rayon de 2500 mètres autour du point
  - la surface cumulée d’espaces verts dans un rayon de 2500 mètres autour du point
  - la distance cumulée de routes dans un rayon de 50/150/250/500 mètres autour du point
  - l’inverse de la distance à la route la plus proche
- 9 variables dynamiques, dont on a les valeurs sur pratiquement toute la période T, à intervalles de temps d’une heure :
  - La température
  - La vitesse du vent
  - l’orientation du vent, via la valeur du cosinus et du sinus de l’angle par rapport à une référence inconnue
  - l’ennuagement
  - l’intensité des précipitations
  - la probabilité de précipitations
  - la pression
  - une variable booléenne qui indique si le jour est calme ou non

## 1.2 Données d’entraînement

Comme données d’entraînement, nous avons les concentrations en polluants à intervalle de temps d’une heure sur toute la période pour 2 ou 3 stations par ville (17 sur 29 au total). Pour les 12 autres stations (2 par ville), nous n’avons **aucune** valeur de concentration en polluants.

## 1.3 Problème posé

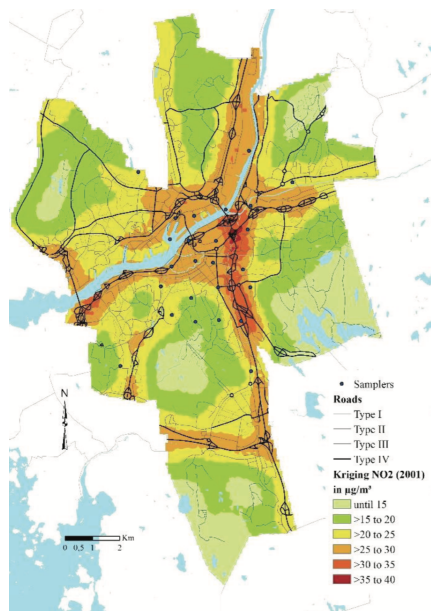
Le but est de prédire la concentration en polluant sur ces 12 stations sur tout la période T donnée.

Le problème est donc un problème de régression très général : étant données les variables explicatives et l'évolution temporelle des concentration en polluants à certain points sur une période T, prédire l'évolution temporelle des concentration en d'autre points à partir des données météorologiques et statiques. Pour ce faire, nous n'avons que très peu d'exemples (2 ou 3 par ville), bien que la période T soit longue. La tâche s'annonce donc compliquée.

## 1.4 Remarques sur les données

Quelques remarques sur les données :

- Le comportement physiques des trois polluants est très différent. Les particules  $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$  ont une taille entre 1 et 10 micromètres, pèsent ... Elle sont solubles dans l'eau ; la pluie a donc une très grande influence sur leur concentration dans l'air. Le  $NO_2$  est une molécule de taille ..., beaucoup plus petite que les particules, avec une inertie beaucoup plus faible. Elle est de plus bien moins sensible à la pluie que les micro particules. Le comportement des différents polluants est donc radicalement différent. Cela suggère de traiter différemment les microparticules et le  $NO_2$ .
- Nous n'avons aucune donnée géographique qui nous renseigne sur la position relative des différents points les uns par rapport aux autre, ni sur la position relative des éléments (par exemples les routes) qui sont dans l'entourage du point auquel est fait la mesure. Nous ne pouvons donc pas espérer avoir de résultats précis. Prenons par exemple la carte de pollution en  $NO_2$  de la ville Gothenburg qui est prise en exemple dans l'article [ ] :



On constate que la pollution en  $NO_2$  est phénomène spatial, et on peut sans aucun doute trouver des points qui auront les même valeurs statiques (surfaces cumulées) et pour lesquels le niveau de pollution est pourtant très différent. Notons au passage que les routes sont classés selon différents types qui semblent être déterminants pour la pollution en  $NO_2$ , or nous n'avons qu'un type de route à notre disposition

- A une heure donnée, les données météorologique (température, vent, pression, ennuagement) sont les mêmes pour toutes les stations d'une zone. Ce sont donc uniquement les données statiques qui différencient les stations les unes des autres.
- L'angle d'orientation du vent nous est donnée par son cosinus et son sinus, dont la somme des carrés ne font pas 1 en général (moyenne = 0.995, écart type = 0.06 , maximum = 1.995 , minimum =  $2.4 \cdot 10^{-11}$ )
- Les données statiques nous systématiquement répétées pour chaque valeur temporelle d'un polluant. Nous avons donc fait un script pour vérifier que ce sont effectivement toujours les mêmes pour une station donnée.

## 2 Techniques existantes

Dans la description du challenge, Plume Labs donne les références de deux articles qui décrivent et implémentent un modèle de régression de la pollution. Le premier [1] traite exclusivement le cas de la pollution en  $NO_2$ , qui est prédité uniquement à partir de variables statiques. Elles sont beaucoup plus précises que celles que nous avons à disposition :

- 4 types de routes sont distingués
- on a les valeurs u trafic routier moyen dans des zones de différents rayons
- l'altitude est donnée
- les batiments sont classés par taille

De plus, les données d'entraînement sont beaucoup plus conséquentes : pour une seule ville, il y a 25 points pour lesquels la pollution est connue et nous n'en avons que 3 par ville.

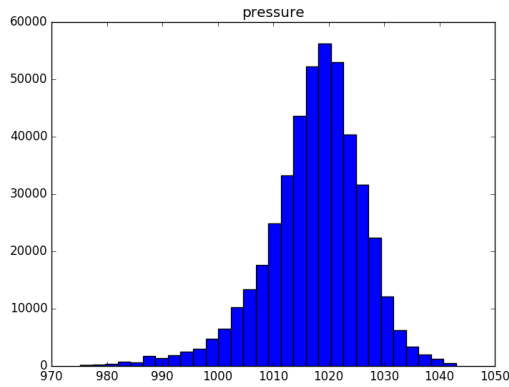
Le second [2] traite exclusivement le cas des particules ultrafines (diamètre inférieur à 0.1 micromètres), auxquelles n'appartiennent pas les particules  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$  que nous étudions. Cette fois ci, les données sont constituées de données statiques et de données météorologique, et là encore, les données statiques sont beaucoup plus précises que celles que nous avons.

### 3 Transformation des données

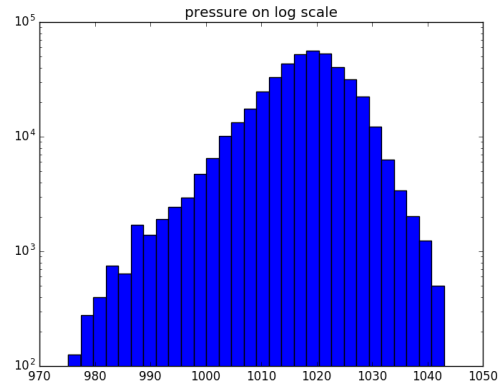
#### 3.1 Les données dynamiques

##### 3.1.1 Echelle

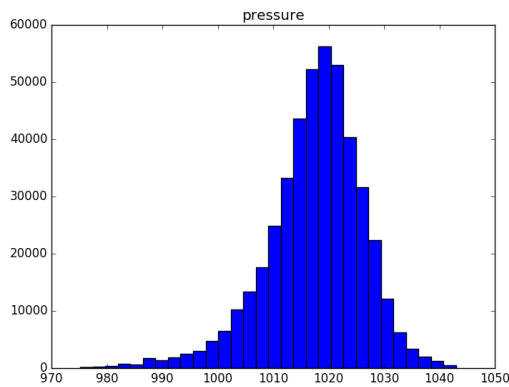
Pour se rendre compte de la répartition des valeurs des données dynamiques, on affiche les histogramme de ces valeurs sur une echelle logarithmique :



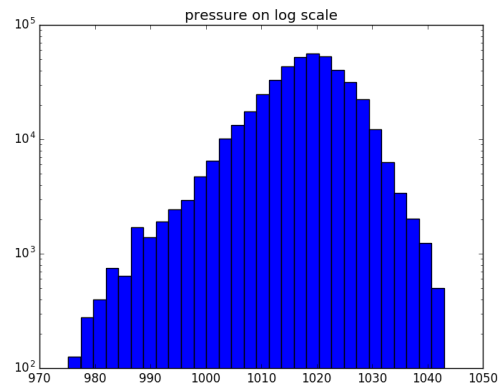
pression



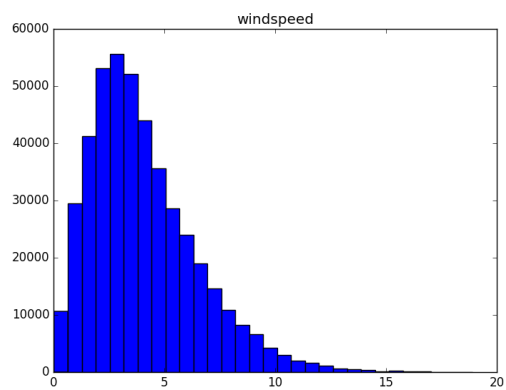
pression sur échelle log



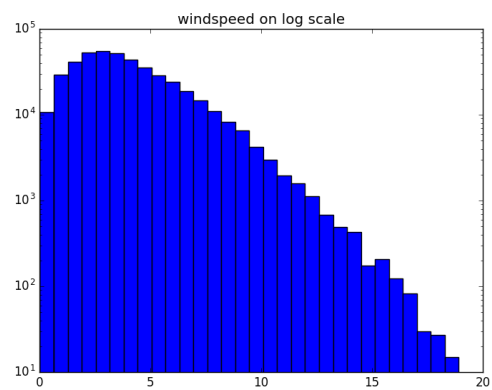
pression



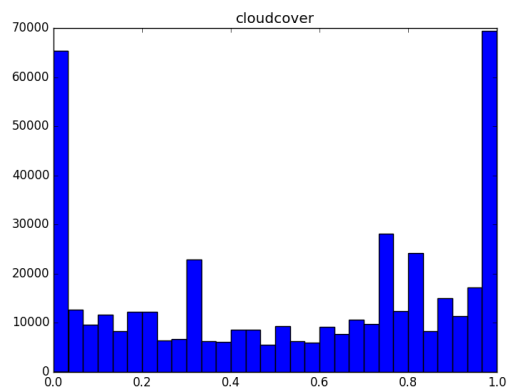
pression sur échelle log



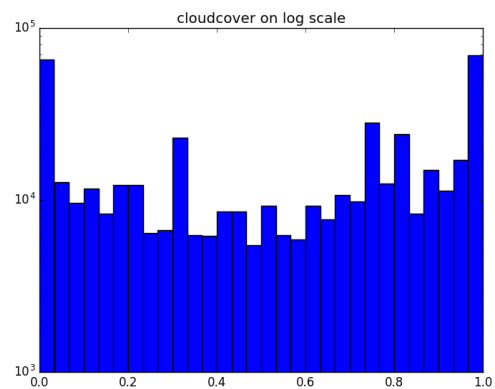
vent



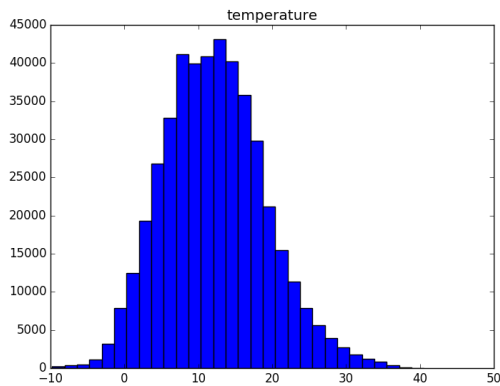
vent sur échelle log



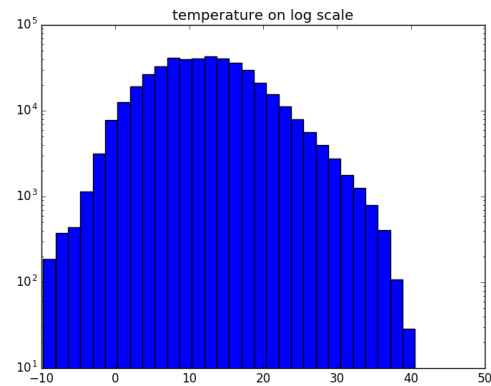
ennuagement



ennuagement sur échelle log



temperature



temperature sur échelle log

Il apparaît donc que les données sont plus étalées sur une échelle logarithmique. Dans la mesure où nous cherchons à appliquer des techniques de régression simples et avec une forte régularité (régression linéaire), le fait d'utiliser des échelles logarithmiques est une première transformation que nous pouvons appliquer à nos données avant d'utiliser des modèles de régression simples.

### 3.1.2 Représentations temps fréquence

## 3.2 Les données statiques

Les données statiques sont des surfaces cumulées dans des périmètres de plus en plus grands

# 4 Solutions

## 4.1 Plus proche voisins

On commence par implémenter une méthode des K plus proches voisins sur les données brutes séparées polluant par polluant. On fait plusieurs essais et voici ce qu'on obtient :

score	methode	K
597.379	par polluant	K = 5
617.229	par polluant	K = 3
613.892	par polluant	K = 4
613.892	par polluant et par zone	K = 4

Étonnamment, le fait de faire la méthode par polluant et par zone ne change pas le résultat. De plus, on n'est pas très loin du score du benchmark proposé par Plume Labs (501)

## 4.2 Méthode triviales

On essaie ensuite trois méthodes triviales :

- On met la valeur zéro pour toutes les prédictions : le score de 800 environ. Cela nous donne un ordre de grandeur sur les score : toute méthode donnant un score supérieur à 800 n'est vraiment pas adaptée.
- On met une valeur constante pour chaque polluant égale à la moyenne de toutes les valeurs pour ce polluant : on obtient une score de 350 environ.
- On calcule la valeur moyenne pour chaque polluant à chaque instant donné : on obtient un score de 440.000 environ. Cette méthode n'apporte rien par rapport à la valeur moyenne

## 4.3 Regression linéaire

On teste un modèle linéaire sur les données. Puisque le modèle linéaire contient les fonctions constantes, a priori, le score devrait être au pire de l'ordre de la valeur obtenue en mettant la moyenne, c'est à dire 350. Etonnement, on obtient un score de 430. Cela veut dire qu'avec une classe de fonction aussi simple que les fonctions linéaires, on overfitte déjà sur les données d'entraînement.

## 4.4 Gradient boosting