

République du Sénégal  
*Un Peuple- Un But- Une Foi*  
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE,  
DES FINANCES ET DU PLAN



## *Rapport d'Analyse descriptive des séries temporelles*

*Sous le thème :*

### *L'humidité dans la ville de Delhi, Inde*

*Rédigé par*

**Awa DIAW**

**Ange DASSI NGUEGUANG**

**Ahmed Firhoun OUMAROU SOULEYE**

*Sous la supervision de*

**Laurianne H.C. DZOUKOU**

***Ingénieure statisticienne économiste***

***Année scolaire: 2022-2023***

# Table des matières

Table des matières.....	i
Avant-propos.....	ii
Introduction.....	1
I. Description de la série.....	2
II. Estimation des composantes de la série.....	3
1. Modèle de décomposition .....	3
2. Détection de la tendance et détendancialisation .....	3
3. Coefficients saisonniers et désaisonnalisation .....	4
4. Fluctuations irrégulières .....	5
III. Prévisions.....	6
Conclusion .....	7

## **Table des graphiques**

Graphique 1 : Évolution de l'humidité à Delhi entre 2013 et 2016 .....	2
Graphique 2 : Nuage de points entre la moyenne et l'écart-type des observations par an .....	3
Graphique 3 : Estimation de la tendance par les moyennes mobiles d'ordre 31 .....	4
Graphique 4 : Représentation de la série détendancialisée.....	4
Graphique 5 : Représentation de la série désaisonnalisée .....	5
Graphique 6 : Représentation graphique des fluctuations irrégulières .....	5
Graphique 7 : Représentation des différentes prévisions selon la méthode utilisée et des valeurs actuelles .....	6

## Avant-propos

Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'un projet sanctionnant la fin du cours d'Analyse descriptive des Séries temporelles. En effet, comme il est de coutume, à la fin dudit cours, il nous a été chargé, de faire une étude sur un thème de notre choix en puisant sur les connaissances acquises afin de rédiger un rapport qui fera office d'un devoir. Comme la question écologique demeure au cœur de l'actualité depuis plusieurs décennies, notre choix de thème s'est porté sur l'humidité de l'air qui, considérée avec l'évolution conjointe de la température permet de déterminer la nature du réchauffement planétaire et son impact sur le climat et la génération d'événements météorologiques extrêmes.

La base de données a été trouvée sur le site [www.kaggle.com](https://www.kaggle.com/datasets/sumanthvrao/daily-climate-time-series-data) à l'adresse : <https://www.kaggle.com/datasets/sumanthvrao/daily-climate-time-series-data>. Elle contient plusieurs variables qui sont la température moyenne, l'humidité, la vitesse du vent et la pression atmosphérique moyenne. Cependant, ce travail portant uniquement sur l'humidité, les autres variables seront ignorées. L'unité de l'humidité utilisée est le  $\text{g/cm}^3$ .

Nous réservons ces quelques lignes en signe de reconnaissance à l'ANSD ainsi qu'à toute l'équipe pédagogique de l'ENSAE pour les très bonnes conditions d'étude mises à notre disposition.

A travers ce rapport, que Mme DZOUKOU Laurianne, notre professeure d'Analyse descriptive des Séries temporelles, retrouve nos sincères remerciements.

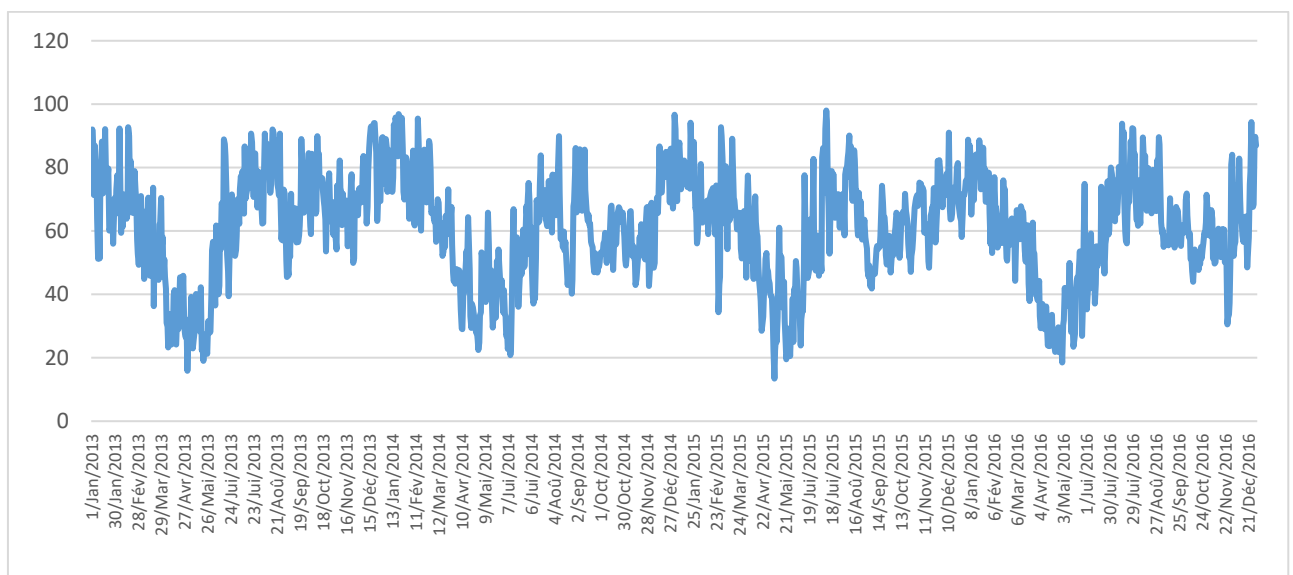
Nos derniers remerciements et non les moindres vont à l'endroit de nos camarades de classe qu'ils soient élèves ISEp1 ou élèves AS1.

## Introduction

Le 20 mars 2023, le **GIEC** (Groupe intergouvernemental d'Experts sur le Climat) publiait son sixième rapport présentant l'état des connaissances sur le climat. Six ans plus tôt, en 2017, le cinquième était publié avec des dates, échéances et scénarios. Bien que l'évolution climatique soit souvent réduite à l'augmentation de la température, le magazine mensuel français **SCIENCE&VIE** intitulait son numéro du 15 octobre 2022 en ces termes « **Réchauffement climatique : l'humidité de l'air joue un rôle aussi important que la température** » rappelant ainsi l'importance de l'humidité de l'air (sa teneur en vapeur d'eau qui est le gaz à effet de serre dominant dans l'atmosphère) dans les questions écologiques. L'Inde, une puissance démographique qui, depuis quelques années, se positionne parmi les pays les plus frappés par le réchauffement climatique surtout dans sa partie nord. C'est ainsi qu'il nous a paru pertinent d'étudier l'évolution journalière de l'humidité de l'air, durant les quatre années qui ont précédé la publication du cinquième rapport du GIEC (2013-2016) à Delhi, **région située au nord et capitale de l'Inde**. L'étude a pour but de présenter des analyses pertinentes sur les données étudiées ainsi que de tenter de prévoir l'humidité sur le mois de Janvier 2017 et de comparer ces prévisions aux valeurs actuelles.

## I. Description de la série

La série chronologique qui sera étudiée est celle des valeurs de l'humidité dans la ville de Delhi entre 2013 et 2016. Cette dernière est une série journalière donc de période  $P=365$  et à 1460 observations, celle du 29 Février 2016 ayant été éliminée à des fins d'uniformisation. Plus bas, se trouve la représentation graphique de cette série.



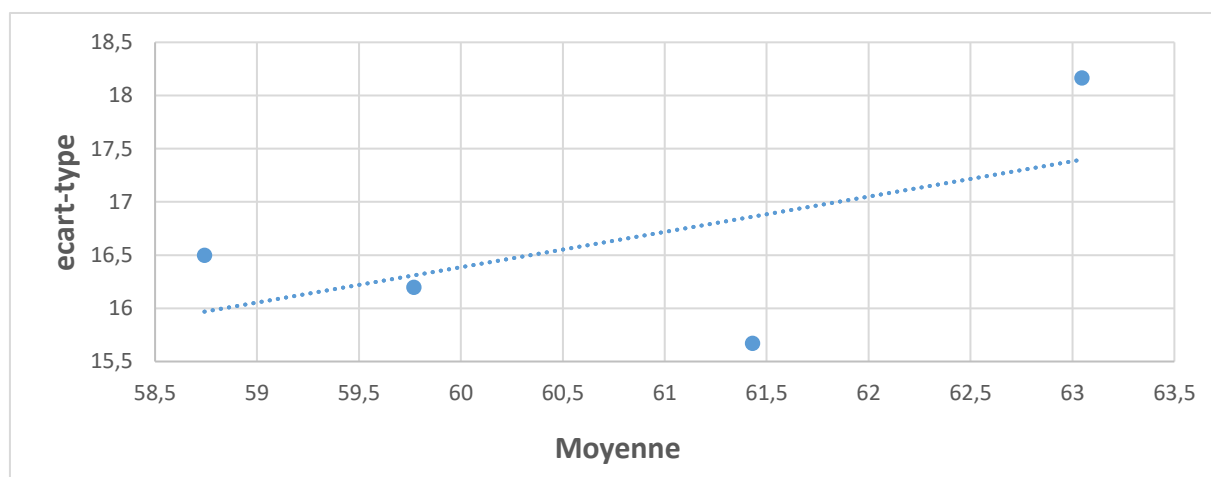
*Graphique 1 : Évolution de l'humidité à Delhi entre 2013 et 2016*

L'humidité moyenne est d'environ  $60,42 \text{ g/cm}^3$  et la plus forte valeur atteinte entre 2013 et 2016 est de  $98,00 \text{ g/cm}^3$  tandis que la plus faible sur la même période est d'environ  $13,43 \text{ g/cm}^3$ . La fonction d'autocorrélation linéaire, qui mesure le niveau de d'interdépendance entre les données de la série, d'ordre 1 donne 0,88, celle d'ordre 2 donne 0,78. Ces valeurs sont assez proches de 1 donc l'humidité d'un jour donné dépendrait fortement, en général, de celle du jour surpassé et encore plus de celle de la veille.

## II. Estimation des composantes de la série

### 1. Modèle de décomposition

Afin de déterminer le modèle de décomposition, nous allons utiliser la méthode du tableau de Buys et Ballot. La représentation du nuage de points de l'écart type en fonction de la moyenne des observations pour chaque année donne :

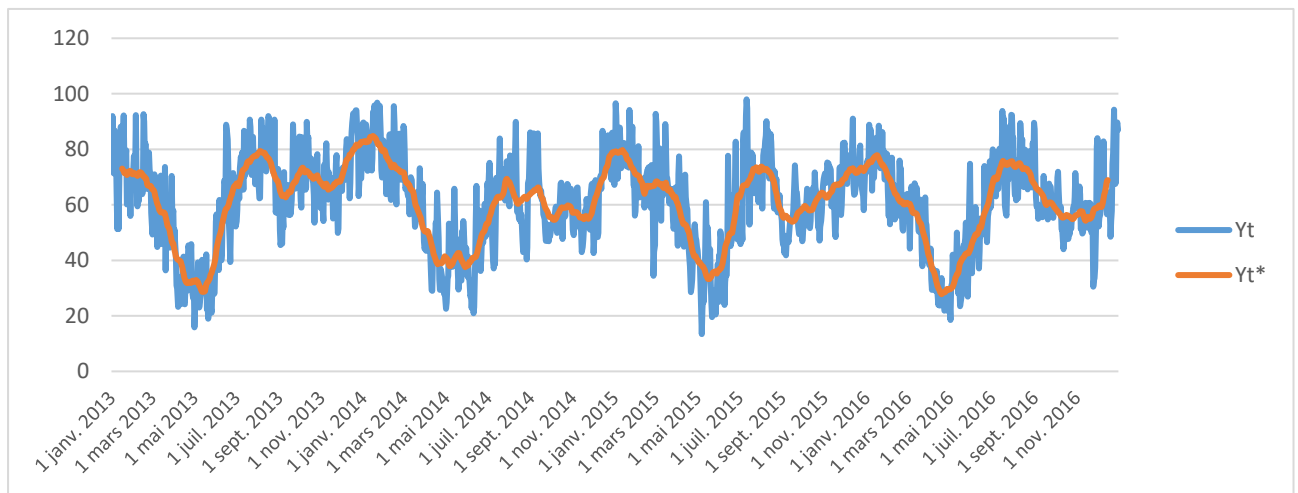


*Graphique 2 : Nuage de points entre la moyenne et l'écart-type des observations par an*

La pente de cette droite est d'environ 0,33 qui est inférieur à 0,4. Donc le modèle est additif.

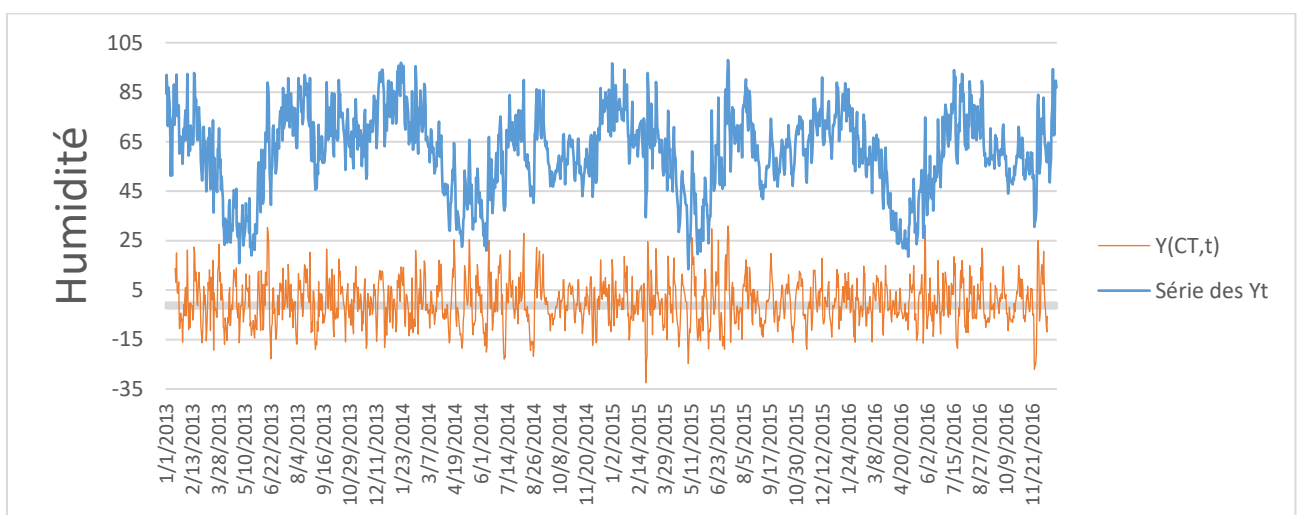
### 2. Détection de la tendance et détendancialisation

Une régression linéaire entre les valeurs de  $t$  (indice de temps) et  $Y_t$  (les observations de la série) ne serait pas pertinente car le coefficient de corrélation vaudrait 0,052 (en valeurs absolues). Il ne serait pas donc pertinent d'opter pour un ajustement linéaire pour l'obtention de la tendance. De plus, la courbe ne présente pas une forme usuelle de manière à effectuer un changement de variable. Ainsi, la mesure de la tendance est approchée par une moyenne mobile d'ordre 31 de manière à lisser la courbe, tel que le démontre la figure ci-dessous.



Graphique 3 : Estimation de la tendance par les moyennes mobiles d'ordre 31

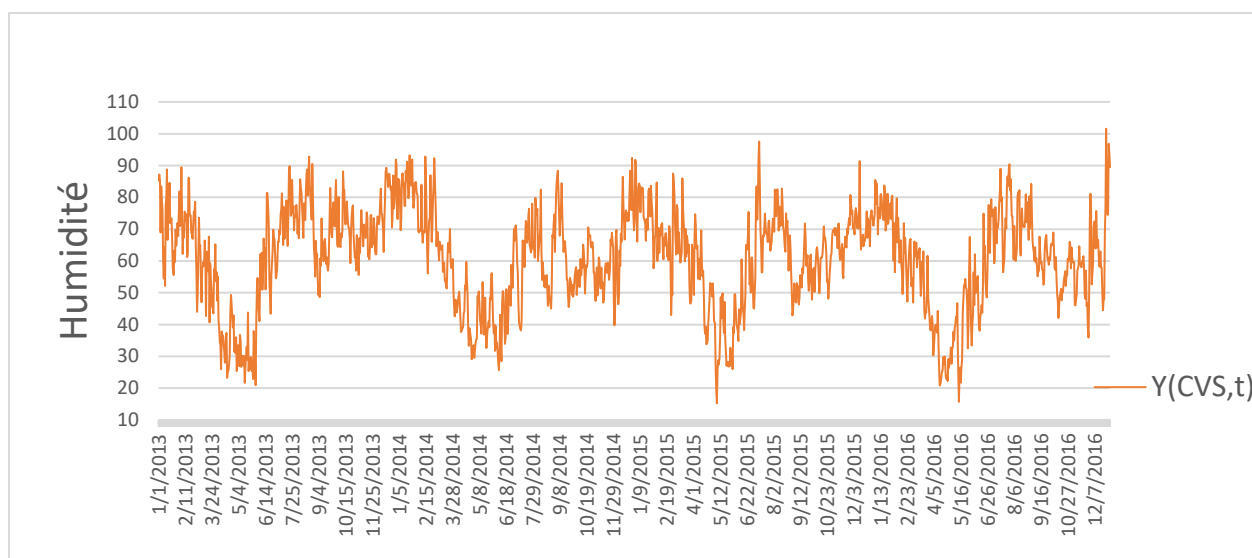
Après estimation de la tendance, il est possible de détendancionaliser la série. Comme le modèle est additif, nous avons :  $Y_t = Z_t + S_t + E_t$  donc  $Y_{CT,t} = Y_t - Z_t = S_t + E_t$ . La courbe suivante est alors obtenue.



Graphique 4 : Représentation de la série détendancionalisée

### 3. Coefficients saisonniers et dessaisonalisation

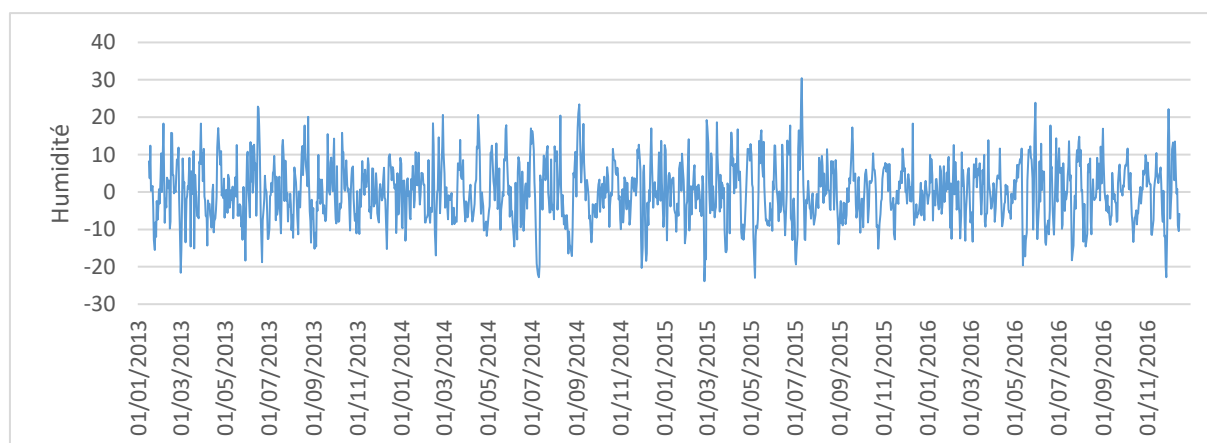
Grâce à la série détendancionalisée, nous pouvons calculer les coefficients saisonniers. La dessaisonalisation de la série a permis de tracer le graphique ci-contre:



Graphique 5 : Représentation de la série désaisonnalisée

#### 4. Fluctuations irrégulières

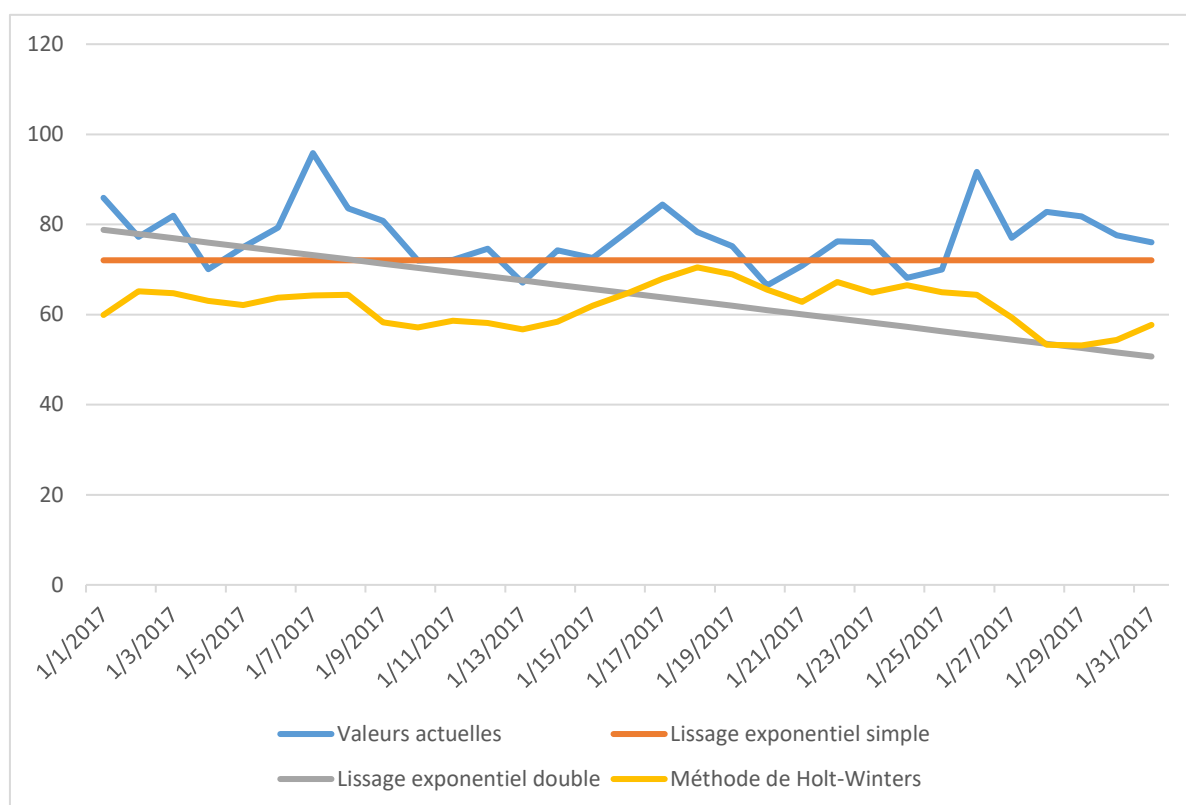
Ici, nous avons évalué l'allure de la composante résiduelle (le bruit). Pour cela, la tendance étant estimée et les coefficients saisonniers calculés, il a suffi de désaisonnaliser et de détendancionaliser la série.



Graphique 6 : Représentation graphique des fluctuations irrégulières



### III. Prévisions



*Graphique 7 : Représentation des différentes prévisions selon la méthode utilisée et des valeurs actuelles*

Le graphique ci-dessus comporte les valeurs estimées à l'aide des lissages exponentiels simple et double, de la méthode de Holt-Winters ainsi que les valeurs actuelles de l'humidité sur le mois de Janvier 2017.

Nous remarquons qu'au niveau l'estimation du lissage exponentiel simple, même si une valeur constante est trouvée, celle-ci reste proche des valeurs réelles. Quant aux valeurs obtenues par le lissage exponentiel double, elles sont décroissantes et bien qu'elles soient proches des valeurs actuelles durant les premiers jours de Janvier, elles finissent par drastiquement s'en éloigner du fait de cette décroissance.

Pour ce qui est des prévisions obtenues par la méthode de Holt-Winters, la série constituée a presque le même sens de variation, la principale différence étant sur les premiers jours de Janvier où les valeurs réelles croissent tandis que les estimations décroissent et les derniers jours où il se déroule l'inverse.

## Conclusion

Au terme de cette étude, il est à noter que l'évolution de l'humidité à Delhi suit un modèle additif. L'estimation de la tendance a été faite grâce à la méthode des moyennes mobiles du fait de la difficulté de trouver une fonction pertinente pour la modéliser. Au niveau des prévisions les lissages exponentiels simple et double et la méthode de Holt-Winters ont été utilisés, la méthode de décomposition ne pouvant être utilisée du fait de l'approche de la tendance par les moyennes mobiles. Il ressort de ces trois méthodes que le lissage exponentiel simple a permis d'obtenir une prévision plus proche des valeurs actuelles et la méthode de Holt-Winters a donné la courbe la plus proche de la réalité en terme de variations pour le cas de cette série car elle se rapproche le plus des valeurs actuelles de l'humidité en Janvier 2017.