



**HAL**  
open science

# Création et validation d'un modèle de prédiction du nombre quotidien d'AVC en fonction de variables météorologiques

Xavier Daligaud

► **To cite this version:**

Xavier Daligaud. Création et validation d'un modèle de prédiction du nombre quotidien d'AVC en fonction de variables météorologiques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03085855

**HAL Id: dumas-03085855**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03085855>**

Submitted on 22 Dec 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**U.F.R. DES SCIENCES MEDICALES**

THÈSE PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'ÉTAT DE

**DOCTEUR EN MÉDECINE**

**DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

DÉPARTEMENT DE MÉDECINE SPÉCIALISÉE – DES DE MÉDECINE D'URGENCE

**DALIGAUD XAVIER**

**NÉ LE 19 JUILLET 1993 A AIX-EN-PROVENCE**

**CRÉATION ET VALIDATION D'UN MODÈLE DE PRÉDICTION DU  
NOMBRE QUOTIDIEN D'AVC EN FONCTION DE VARIABLES  
MÉTÉOROLOGIQUES**

Sous la direction du Dr. GIL-JARDINE Cédric – Médecin urgentiste – Service des Urgences du Groupe Hospitalier Pellegrin, CHU de Bordeaux

Soutenue le 30 Novembre 2020

Membres du jury :

Pr. SIBON Igor – Chef de Service de l'UNV du GH Pellegrin, CHU de Bordeaux	(Président)
Pr. GALINSKI Michel – Service des Urgences du GH Pellegrin, CHU de Bordeaux	(Rapporteur)
Dr. ROUANET François – Chef de pôle de l'UNV du GH Pellegrin, CHU de Bordeaux	(Examineur)
Pr. REVEL Philippe – Chef de pôle Urgences-SAMU-SMUR du GH Pellegrin, CHU de Bordeaux	(Examineur)
Dr. GIL-JARDINE Cédric – Service des Urgences du GH Pellegrin, CHU de Bordeaux	(Directeur)

# Création et validation d'un modèle de prédiction du nombre quotidien d'AVC en fonction de variables météorologiques

## Résumé :

**Introduction :** Les évènements neurovasculaires font partie des urgences diagnostiques et thérapeutiques, et nécessitent un recours aux services d'urgence. Les facteurs déclenchant ces évènements sont encore imprécis. L'influence du climat est plausible, soutenue par de nombreux travaux dans la littérature. Cette étude a pour but d'établir un modèle de prédiction du nombre d'AVC quotidiens en fonction de données météorologiques, afin de pouvoir identifier les conditions climatiques défavorables et adapter la réponse sanitaire en fonction des jours à risque.

**Méthodes :** 8910 cas d'AVC ischémiques, hémorragiques et AIT hospitalisés au CHU de Bordeaux, ainsi que les variables météorologiques ont été extraits sur six années consécutives. Pour identifier les variables climatiques déterminantes, une analyse univariée a été réalisée à l'aide du test de Mann-Whitney-Wilcoxon. La construction du modèle de prédiction se base sur les paramètres climatiques identifiés, à l'aide d'un modèle additif généralisé en régression linéaire multiparamétrique. Son efficacité a été testée sur la période de Janvier 2019 à Décembre 2019 en calculant le coefficient de corrélation de Pearson et en comparant les prédictions avec les observations.

**Résultats :** En analyse univariée, il existe une différence significative de température ambiante maximale et moyenne, et d'humidité relative maximale et moyenne entre les jours à « plus de deux cas d'AVC quotidiens » et ceux à « deux cas quotidiens ou moins », selon un délai immédiat ou retardé jusqu'à six jours. De la même façon, il existe une différence significative de conditions d'occlusion du ciel par les masses nuageuses (nébulosité totale minimale et moyenne quotidienne) avec un effet immédiat ou retardé jusqu'à sept jours avant l'évènement d'intérêt lorsque le seuil est considéré à plus ou moins cinq cas d'AVC quotidiens. L'humidité relative maximale quotidienne est significativement différente entre ces deux derniers groupes, avec un effet immédiat ou retardé de cinq jours. Le modèle établi permet de prédire le nombre quotidien d'AVC pour 62,1% des jours de l'année 2019, notamment ceux où la fréquence observée est comprise entre trois et six cas. La précision est acceptable à plus ou moins deux cas. Il est mis en défaut pour les fréquences observées inférieures à trois et supérieure à six par jour, comptant pour un tiers des jours de l'année 2019.

**Conclusion :** Le modèle établi pourrait être utilisé en pratique afin d'identifier les jours où la fréquence attendue serait comprise entre trois et six cas par jour. Néanmoins, il existe une grande marge d'erreur dans un tiers des cas, limitant sa fiabilité.

## Mots-clefs :

AVC, neurovasculaire, urgence, infarctus cérébral, hématome intraparenchymateux, AIT, facteurs déclenchants, prédiction, météorologie, météorologique, climat, climatique, température, pression atmosphérique, précipitations, vitesse du vent, nébulosité, humidité relative, humidité absolue.

# Creation and validation of a predictive model of the daily number of strokes depending on weather variables

## **Summary:**

**Background:** Neurovascular events are part of diagnostic and therapeutic emergencies, and require recourse to emergency services. Cardiovascular risk factors are identified and accepted by consensus. However, the factors triggering these events are still imprecise. The influence of climate is plausible, supported by extensive work in the literature. The aim of this study is to establish a model for predicting the number of daily strokes based on meteorological data, in order to identify unfavorable climatic conditions and to adapt the health response according to the days at risk.

**Methods:** 8,910 cases of ischemic, hemorrhagic and TIA strokes hospitalized at Bordeaux University Hospital, as well as meteorological variables were extracted over six consecutive years. To identify the determining climatic variables, an univariate analysis was performed using the Mann-Whitney-Wilcoxon test. The construction of the prediction model is based on the identified climatic parameters, using a generalized additive model in multiparametric linear regression. Its effectiveness was tested over the period from January 2019 to December 2019 by calculating the Pearson correlation coefficient and comparing the predictions with the observations.

**Results:** In univariate analysis, there is a significant difference in maximum and average ambient temperature, and maximum and average relative humidity between days with "more than two daily cases of stroke" and those with "two daily cases or less", according to immediate or delayed effect up to six days. Likewise, there is a significant difference in the conditions of occlusion of the sky by cloud masses (minimum and average daily total cloudiness) with an immediate or delayed effect up to seven days before the event of interest when the threshold is considered to be plus or minus five cases of stroke daily. The maximum daily relative humidity is significantly different between these last two groups, with an immediate or delayed effect of five days. The model established makes it possible to predict the daily number of strokes for 62.1% of the days in 2019, especially those where the observed frequency is between three and six cases. The precision is acceptable in plus or minus two cases. It is faulted for observed frequencies less than three and greater than six per day, counting for one third of the days in 2019.

**Conclusion:** The established model could be used in practice to identify days when the expected frequency would be between three and six per day. However, there is a large margin of error in a third of cases, limiting its reliability.

## **Keys-words:**

Stroke, neurovascular, emergency, cerebral infarction, intraparenchymal hematoma, TIA, triggers, prediction, meteorology, meteorological, climate, temperature, atmospheric pressure, precipitation, wind speed, cloudiness, relative humidity, absolute humidity.

## Remerciements :

### A mon Directeur de Thèse, Monsieur le Docteur GIL-JARDINE Cédric,

Merci d'avoir accepté de diriger mes travaux de recherche, intéressants et originaux. Merci pour ton implication, ton temps consacré et ta disponibilité concernant l'élaboration de cette étude. Je te remercie également de m'avoir aidé à chaque étape, de m'avoir accompagné et guidé dans ce processus de fin d'internat.

### Au Président de mon jury, Monsieur le Professeur SIBON Igor,

Merci d'avoir accepté la présidence du jury de ma thèse. C'est un honneur et un haut privilège. Merci de m'avoir accueilli dans votre service durant un de mes stages de phase d'approfondissement, et de m'avoir enseigné la médecine neurovasculaire. Veuillez recevoir l'expression de ma sincère reconnaissance et de ma considération.

### A mon juge et rapporteur, Monsieur le Professeur GALINSKI Michel,

J'ai eu l'honneur de vous présenter mon travail et de vous avoir comme garant. Vous avez participé à notre formation continue et à la mise en place du DES de Médecine d'Urgence. Voici l'expression de mes remerciements les plus sincères et de ma profonde gratitude.

### A mon juge et examinateur, Monsieur le Docteur ROUANET François,

C'est un honneur de vous voir faire partie de mon jury. Merci pour votre temps, votre intérêt et votre disponibilité. Veuillez accepter mes sincères remerciements.

### A mon juge et examinateur, Monsieur le Professeur REVEL Philippe,

Vous avez organisé et mis en place les différentes modalités de notre cursus dans le cadre du DES de Médecine d'Urgence. Vous me faites maintenant l'honneur de faire partie de mon jury de thèse. Je vous exprime ici mes plus sincères remerciements et ma haute considération.

Aux différents médecins et équipes soignantes avec qui j'ai pu travailler et échanger durant mes stages d'internat et qui m'ont beaucoup appris sur la pratique de la médecine :

- Aux médecins du Service des Urgences de Pellegrin, nombreux pour ne pas en oublier, le Dr VALDENNAIRE, Dr YALI, Dr DOUKHAN, Dr DE LA RIVIERE, Dr BERNADET, Dr « Pilou », Renaud... Vous m'avez eu en tant qu'interne débutant, vous m'avez vite appris à devenir un médecin, en médecine d'urgence. Je vous remercie sincèrement pour tout.
- Au Pr BONNET, au Dr BERNARD dit « Noëlle », au Dr BROONIMAN et au Dr BLANC qui, grâce à leurs différentes casquettes de médecins, m'ont permis d'étoffer mes connaissances et ma pratique sur les situations de précarité, de gériatrie, de médecine interne et de médecine palliative. Mes remerciements visent bien évidemment aussi toute l'équipe de la médecine interne de l'hôpital Saint-André, qui m'ont beaucoup aidé et appris. On aura également bien galéré et bien rigolé.
- Au Dr PRIQUELER, au Dr BOURDENS, au Dr NAJI, au Dr BACHERE, au Dr KOUSSA, qui ont pris le temps de m'apprendre avec passion la pédiatrie, ses particularités et quelques astuces. Je me sens beaucoup moins paniqué face à un bébé. L'équipe de pédiatrie de Mont-de-Marsan est si chaleureuse que j'y retournerai avec plaisir !

- A « Ludo » le Dr LUCAS, au Dr COUTURE, Dr RENOU, Dr OLINDO, Dr POLI, Dr DEBRUXELLES, Dr SAGNIER, vous m'avez appris la médecine neurovasculaire, les particularités des différents AVC et autres atteintes neurovasculaires. Vous m'avez appris le NIHSS (qui est bien rentré en sous-cortical depuis !), et les traitements d'urgence pour ces affections. A toute l'équipe de l'UNV qui est très accueillante et rassurante. Merci pour tout.
- Au Dr SEMENT, Dr PASCAL, Dr KARCENTY, Dr BROOMAND, Dr ROCA, qui m'ont appris à rester serein devant un patient grave, organiser les priorités, effectuer les gestes difficiles dans les situations d'urgence, et également à annoncer une mauvaise nouvelle au patient et à sa famille avec tact et délicatesse. Au Dr D'AUZAC qui m'a chapeauté lors de plusieurs gardes, heureusement que tu étais là pour me guider et reprendre la main notamment dans cette situation d'échec. Merci du fond du cœur à l'équipe de réanimation de Mont-De-Marsan, pour les connaissances que vous m'avez transmises à tous les niveaux, aux quelques parties de belotes lors des gardes calmes. Merci également de m'avoir lissé les cheveux, et de m'avoir ruiné ma tenue peu avant mon départ, j'en garde un souvenir (amer) amusant. Hâte de vous revoir tous.
- A tous les médecins des urgences de Mont-de-Marsan, également trop nombreux pour en oublier, mais spécialement au Dr BLONDET qui m'a guidé et qui a été présent à chaque fois où j'en ressentais le besoin. Tu as pu répondre à toutes mes interrogations, je t'en remercie sincèrement. Merci également au Dr GACHET et au Dr MATHIO, qui m'ont appris la composition d'un véhicule d'intervention et qui m'ont guidé lors de mes premières interventions extrahospitalières. Vous m'avez bien aidé et bien fait rire aussi, j'adore les blagues !
- A tous mes co-internes qui m'ont supporté et avec qui on a bien rigolé. L'internat fût beaucoup plus plaisant avec vous.

A ma compagne Pauline, pour son soutien indispensable tout au long de mon internat et pour la rédaction de ma thèse. Tu as été près de moi lors des moments de doute, d'inquiétude, de stress et d'angoisse. Tu m'as rassuré et épaulé. Tu as été d'une aide précieuse, je t'en remercie infiniment.

A mes parents, ma sœur et mon frère, qui m'ont toujours encouragé et aidé sur tous les plans. A ma mère qui m'enseigne tous les jours le sens des mots « raisonnable », « empathie » et « sagesse ». A mon père qui m'apprend à viser plus loin et plus haut, qui m'enseigne la procédure M-E-R-D-E (méthode, rigueur, discipline et enthousiasme). Cet acronyme n'est pas très présentable, mais résume parfaitement les enseignements que tu m'apportes au quotidien. Merci pour votre soutien inébranlable. Je vous remercie du fond du cœur.

A mes amis, qui me permettent de nuancer l'angle de vue sur ma profession et sur la vie en général. Vous me permettez d'élargir mes centres d'intérêt et vous me faites bien rire. Vous avez une place primordiale dans ma vie.

## **Table des matières :**

<b>Résumé :</b> .....	<b>2</b>
<b>Remerciements :</b> .....	<b>4</b>
<b>Liste des tables et figures :</b> .....	<b>8</b>
<b>Introduction :</b> .....	<b>10</b>
<b>Matériels et méthodes :</b> .....	<b>12</b>
1) Population étudiée : .....	12
2) Données météorologiques étudiées : .....	13
3) Analyses statistiques : .....	14
4) Construction du modèle de prédiction : .....	14
5) Aspects éthiques et réglementaires : .....	14
<b>Résultats :</b> .....	<b>15</b>
1) Description de l'incidence des AVC : .....	15
2) Description des variables météorologiques : .....	19
a) Précipitations maximales (PM) quotidiennes : .....	19
b) Température ambiante (TA) quotidienne : .....	20
c) Pression atmosphérique (PA) quotidienne : .....	21
d) Humidités relative (HR) et absolue (HA) quotidiennes : .....	21
e) Vitesse du vent (VV) quotidienne : .....	23
f) Nébulosité totale (NT) et nébulosité basse (NB) quotidiennes : .....	24
3) Identification des variables météorologiques déterminantes : .....	25
4) Modèle de prédiction : .....	30
<b>Discussion :</b> .....	<b>33</b>
1) Variables météorologiques déterminantes et validité externe : .....	33
a) Température ambiante (TA) : .....	33
b) Humidité relative (HR) : .....	35
c) Vitesse du vent (VV) : .....	35
d) Pression atmosphérique (PA) : .....	36
e) Autres variables météorologiques : .....	36
2) Modèle de prédiction : .....	37
3) Forces de cette étude : .....	37
4) Faiblesses de cette étude : .....	38
<b>Conclusion :</b> .....	<b>39</b>

<b>Glossaire :</b> .....	<b>40</b>
<b>Références bibliographiques :</b> .....	<b>43</b>
<b>Serment d'Hippocrate :</b> .....	<b>47</b>
<b>Annexe 1 : Déclaration de conformité CNIL :</b> .....	<b>48</b>
<b>Annexe 2 : Exemple de recueil horaire des paramètres météorologiques :....</b>	<b>49</b>

## **Liste des tables et figures :**

<b>Table 1 :</b> Description du nombre total d'AVC annuels recueillis sur la période d'intérêt.....	<b>15</b>
<b>Figure 1 :</b> Evolution du nombre total d'AVC annuels sur la période d'intérêt.....	<b>15</b>
<b>Table 2 :</b> Distribution mensuelle des AVC recueillis sur la période d'intérêt.....	<b>16</b>
<b>Figure 2 :</b> Distribution mensuelle des AVC recueillis sur la période d'intérêt.....	<b>16</b>
<b>Figure 3 :</b> Description globale du nombre d'AVC par jour sur la période d'intérêt.....	<b>17</b>
<b>Table 3 :</b> Description annuelle du nombre d'AVC par jour sur la période d'intérêt.....	<b>17</b>
<b>Table 4 :</b> Description mensuelle du nombre d'AVC par jour sur la période d'intérêt.....	<b>18</b>
<b>Figure 4 :</b> Description des valeurs des PM quotidiennes sur la période d'intérêt (mm/h).....	<b>19</b>
<b>Figure 5 :</b> Description des valeurs de TA quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en °C).....	<b>20</b>
<b>Figure 6 :</b> Description des valeurs de PA quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en hPa).....	<b>21</b>
<b>Figure 7 :</b> Description des valeurs d'HR quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en %).....	<b>22</b>
<b>Figure 8 :</b> Description des valeurs d'HA quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en g/m <sup>3</sup> ).....	<b>23</b>
<b>Figure 9 :</b> Description des valeurs de VV quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en m/s).....	<b>23</b>
<b>Figure 10 :</b> Description des valeurs de NT quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en octas).....	<b>24</b>
<b>Figure 11 :</b> Description des valeurs de NB quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en octas).....	<b>25</b>
<b>Table 5 :</b> Différences entre les conditions météorologiques des jours à « 2 AVC par jour ou moins » et celles des jours à « plus de 2 AVC par jour ». Analyses selon le test de Mann-Whitney-Wilcoxon.....	<b>27</b>
<b>Table 6 :</b> Différences entre les conditions météorologiques des jours à « 5 AVC par jour ou moins » et celles des jours à « plus de 5 AVC par jour ». Analyses selon le test de Mann-Whitney-Wilcoxon.....	<b>29</b>
<b>Table 7 :</b> Paramètres d'adéquation du modèle de prédiction.....	<b>30</b>
<b>Table 8 :</b> Présentation de l'efficacité de la prédiction sur la période 2013-2018.....	<b>30</b>

<b>Table 9</b> : Evaluation de l'efficacité de la prédiction sur l'année 2019.....	<b>31</b>
<b>Figure 12</b> : Corrélation entre le nombre prédit quotidien et le nombre observé quotidien d'AVC de Janvier à Décembre 2019.....	<b>32</b>
<b>Figure 13</b> : Image d'un hématome intraparenchymateux lobaire pariétal gauche au Scanner.....	<b>40</b>
<b>Figure 14</b> : Image d'un infarctus cérébral en territoire sylvien superficiel gauche en séquence de diffusion (IRM).....	<b>41</b>

## **Introduction :**

Les évènements neurovasculaires ou accidents vasculaires cérébraux (AVC) font partie des urgences diagnostiques et thérapeutiques et nécessitent un recours aux Services des Urgences (SU). Ils regroupent quatre entités nosologiques artérielles et veineuses : l'ischémie artérielle cérébrale, qui peut se constituer en infarctus cérébral ou n'être seulement que transitoire (accident ischémique transitoire), l'hémorragie intra-parenchymateuse, l'hémorragie sous-arachnoïdienne et la thrombose veineuse cérébrale. Leur fréquence est en augmentation en France, notamment du fait du vieillissement de la population mais aussi du fait de l'amélioration des moyens diagnostiques. En témoignent les chiffres rapportés dans l'étude de 2019 décrivant les appels au SAMU et les admissions aux Services des Urgences (SU) pour ce motif, à Paris et son agglomération<sup>1</sup>, en l'occurrence une augmentation de 45% en 12 ans.

Les facteurs de risque d'AVC sont identifiés et admis de façon consensuelle au sein des communautés scientifiques. En revanche, les facteurs déclenchant ces évènements restent encore imprécis. De surcroît, le nombre d'AVC survenant chaque jour ne semble pas constant. Plusieurs études observationnelles tirées de la littérature scientifique, menées à partir des années 1980<sup>2,3,4,5</sup>, ont tenté de mettre en évidence une association avec le climat, afin d'expliquer les variations d'incidence de ces affections suivant les jours, les mois ou les saisons<sup>3,4,6,7,8,9,10,11</sup>. L'influence des paramètres météorologiques est plausible mais leurs effets réels sont discutés. Parmi les variables soupçonnées, les températures moyennes quotidiennes basses<sup>1,2,3,12,13,14,15</sup> semblent favoriser la hausse de l'incidence des AVC ischémiques lors des mois d'hiver, notamment chez les personnes âgées<sup>3,8,16</sup>. En outre, la fréquence des AVC ischémiques semble être influencée par les larges variations à court terme de la température moyenne par jour<sup>12,13,15,17</sup> et de la pression atmosphérique<sup>15,18</sup>. Un taux d'humidité moyen par jour élevé<sup>1,4,12,19</sup>, la vitesse moyenne du vent par jour et son pouvoir refroidissant (Wind-Chill) élevés<sup>4,20</sup> ont montré un lien avec une hausse de l'incidence des évènements neurovasculaires.

Néanmoins, d'autres études ne retrouvent pas de lien significatif entre l'augmentation de fréquence de ces affections et ces paramètres climatiques. En effet, la divergence s'observe du fait de l'analyse de sous-variables différentes (moyennes, maximales, minimales, leurs

valeurs moyennées par jour, par mois, par saison ou par an, leurs variations sur les jours précédents ou non et des délais d'action différents). Ces études analysent également des lieux géographiques ne fournissant ni le même climat, ni la même population. Les méta-analyses de Juillet 2016<sup>17,18</sup> mettent en lumière l'incertitude sur l'effet réel des variables météorologiques, malgré de nombreuses études bien menées.

Le concept de modèle de prédiction a été introduit dans le domaine neurovasculaire dans les années 2000 au Canada, en étudiant les variations cycliques et journalières de la pression atmosphérique uniquement. Son efficacité et sa fiabilité étaient malheureusement médiocre<sup>9</sup>.

L'identification de conditions défavorables pourrait permettre d'entreprendre d'éventuelles recommandations de prévention primaire ou secondaire pour protéger les patients vulnérables. La prédiction du nombre d'AVC pourrait permettre d'anticiper une réponse sanitaire adaptée en réorganisant les équipes de secours et de soins, hospitaliers et préhospitaliers.

Cette étude rétrospective observationnelle monocentrique a pour but d'établir un modèle de prédiction annonçant le nombre d'AVC totaux à une date donnée, en fonction des paramètres météorologiques identifiés comme déterminants. Sa construction se base sur les données médicales des cas d'AVC au CHU de Bordeaux, recueillis de Janvier 2013 à Décembre 2018, et sur les données météorologiques recueillies sur la même période auprès de la station météorologique de Mérignac (33700). Elle en évalue l'efficacité et la validité à l'hôpital Pellegrin au CHU de Bordeaux sur la période de Janvier 2019 à Décembre 2019.

### **Peut-on prédire le nombre d'AVC à une date donnée ?**

## **Matériels et méthodes :**

### **1) Population étudiée :**

Les données médicales concernant les cas d'évènements neurovasculaires de Janvier 2013 à Décembre 2018 ont servi de base pour l'établissement du modèle de prédiction. Celles concernant les cas d'AVC de Janvier 2019 à Décembre 2019 ont servi de test pour étudier l'efficacité du modèle établi. Toutes ont été recueillies de manière rétrospective par extraction des dossiers de neurovasculaire au sein du CHU Pellegrin à Bordeaux via l'outil informatique d'extraction de données.

Les évènements neurovasculaires retenus pour cette étude ont été représentés par les Infarctus Cérébraux (IC), les Accidents Ischémiques Transitoires (AIT) et les Hématomes Intraparenchymateux (HIP), toutes causes confondues. Ils ont été diagnostiqués par l'association de la présentation clinique et de l'imagerie cérébrale. Le tableau clinique a été celui défini par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)<sup>21</sup>, soit un déficit neurologique focal d'apparition brutale. Les symptômes et les signes ont pu comprendre un déficit moteur et/ou sensitif touchant très souvent un même hémicorps, une confusion, une aphasia d'expression ou de compréhension, une dysarthrie, des troubles du champ visuel, des troubles oculomoteurs, une ataxie d'origine cérébelleuse, une hémiparésie (sensitive, visuelle, et/ou auditive), une anosognosie, des céphalées sévères inhabituelles, des troubles de la conscience jusqu'au coma voire le décès. Les accidents ischémiques transitoires ont été définis de la même façon sur le plan clinique, avec une durée des symptômes inférieure à une heure et supposés dus à une embolie ou une thrombose vasculaire. Les imageries cérébrales réalisées comprennent l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou la tomographie par ordinateur (TDM) cérébrale.

Les patients inclus dans l'étude ont été admis au Service d'Accueil des Urgences et/ou en Unité de Neurovasculaire (UNV) de l'hôpital Pellegrin au CHU de Bordeaux, ou transférés depuis une structure de soins Girondine durant la période d'intérêt, et résidant dans le Département Gironde (33). Ils ont aussi bénéficié d'un dossier de neurovasculaire et d'un diagnostic certain d'IC, d'AIT probable ou d'HIP.

Ont été exclus les patients résidant hors du Département Gironde (33), ceux ayant été transférés depuis un établissement de santé hors Gironde, et ceux dont le diagnostic a été incertain, ou différent d'un IC, d'un AIT ou d'un HIP.

Le critère de jugement principal était le nombre prédit d'AVC totaux quotidiens. Les critères de jugement secondaires étaient un écart inférieur à deux et inférieur à trois, entre les prédictions du nombre d'AVC totaux quotidiens et les observations.

## **2) Données météorologiques étudiées :**

Les variables météorologiques effectives de Janvier 2013 à Décembre 2018 ont aussi permis d'établir le modèle de prédiction, en les reliant à chaque nombre d'AVC totaux quotidiens. Celles de Janvier 2019 à Décembre 2019 ont permis de tester le modèle de prédiction pour en évaluer l'efficacité. Elles ont été recueillies de manière rétrospective via la station météorologique de Bordeaux-Mérignac (indicatifs : 07510, LFBD) auprès de Météo France®. Ces données reflètent le climat de l'ensemble du département, qui dispose d'une relative homogénéité sur tout son territoire. La Gironde est le plus grand département de France métropolitaine, situé dans la région Nouvelle-Aquitaine. Son territoire s'étend sur 9 975,5 km<sup>2</sup> le long de la côte Atlantique. Son climat se décrit comme océanique, avec une forte influence thermique de l'océan qui amène sa température ambiante moyenne annuelle autour de 12°C. Les hivers sont doux et pluvieux tandis que les étés sont modérés. Le maximum des précipitations a lieu durant la période froide, dû au passage des dépressions en bordure du front polaire, mais le total annuel reste souvent inférieur à un mètre.

Les variables météorologiques recueillies ont compris les précipitations maximales (PM en mm/h), la température ambiante (TA en °C), l'humidité relative (HR en %), l'humidité absolue (HA en g/cm<sup>2</sup>), la vitesse du vent (VV en m/s), la pression atmosphérique (PA en hPa), la nébulosité totale (NT en octas) et la nébulosité basse (NB en octas). Chacun de ces paramètres a été enregistré de façon horaire et a été analysé suivant trois sous-variables : maximale, minimale et moyenne par jour.

### **3) Analyses statistiques :**

Les variables qualitatives ont été représentées en effectifs et pourcentages. Les variables quantitatives ont été décrites par leur médiane et étendue interquartile. Concernant les sous-variables météorologiques, les valeurs ont été prises en compte au moment de l'évènement d'intérêt (délai 0), puis avec un délai d'un à sept jours. Ce choix d'analyse s'appuie sur les résultats des études précédentes qui évoquent un effet retard de la météorologie sur le déclenchement des évènements neurovasculaires<sup>1,12,19,22,23</sup>. Une analyse univariée a été réalisée pour identifier les sous-variables météorologiques déterminantes grâce au test de Mann-Whitney-Wilcoxon. Les différences significatives ont été identifiées lorsque la p-value est inférieure à 0,05 (soit un risque Alpha de 5% de conclure à tort à une différence significative).

### **4) Construction du modèle de prédiction :**

Le modèle de prédiction a été établi en utilisant un modèle additif généralisé en régression linéaire multiparamétrique, à partir des sous-variables météorologiques identifiées comme déterminantes. S'agissant de données climatiques quantitatives continues et considérant la non-linéarité de leur effet  $\beta$  selon leurs valeurs, ce choix de modèle a paru le plus adapté. Les coefficients  $\beta$  se présentaient ainsi sous forme de courbes en fonction des valeurs des sous-variables météorologiques étudiées, modulées par l'incidence observée des AVC quotidiens sur la période Janvier 2013 à Décembre 2018. Son efficacité a été évaluée en comparant le nombre prédit et le nombre observé d'AVC quotidiens sur l'année 2019, à l'aide du test de corrélation de Pearson.

### **5) Aspects éthiques et réglementaires :**

Cette étude rétrospective analysant des données médicales recueillies de manière anonymisée respecte la méthodologie de référence MR-003. Elle se situe hors du champ de la Loi JARDE. Elle a été déclarée à la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL – numéro de dossier : 2219814). Le Comité de Protection des Personnes (CPP) de l'Université de Bordeaux a été sollicité et a confirmé l'absence de nécessité de son recours.

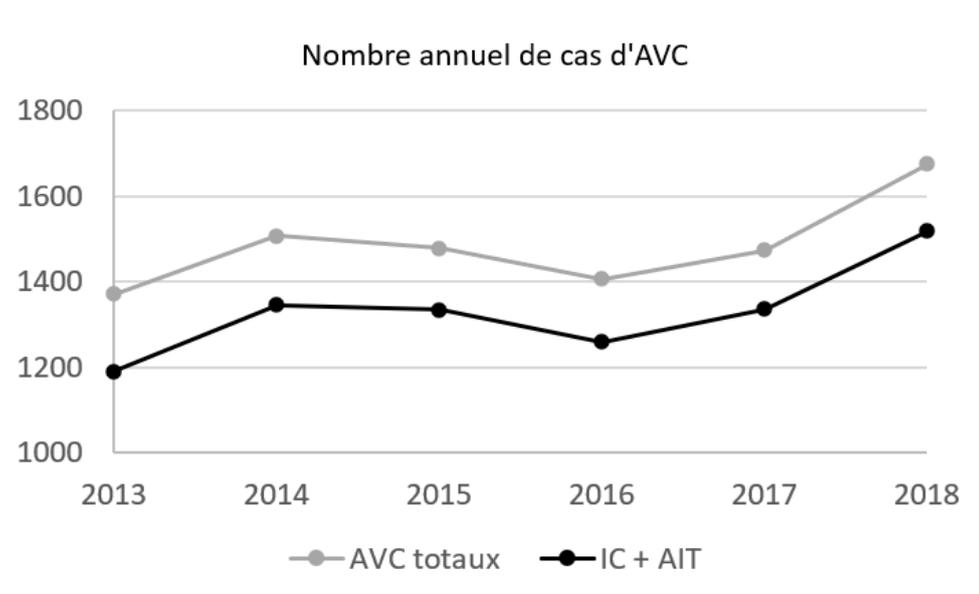
## Résultats :

### 1) Description de l'incidence des AVC :

De Janvier 2013 à Décembre 2018, 8910 cas d'évènements neurovasculaires ont été inclus, dont 7983 cas d'ischémie artérielle cérébrale. Leur nombre annuel a varié de 1371 cas d'AVC en 2013 (soit 15,4% de la totalité des cas inclus) à 1675 (18,8%) en 2018 (Table 1 et Figure 1). Leur répartition selon les mois semble relativement constante (Table 2 et Figure 2). Le sous-type ischémique, comprenant IC et AIT, représente la majorité des cas d'AVC. Leur rapport semble stable suivant les années et les mois. Il vaut en moyenne 89,5%.

**Table 1 :** *Description du nombre total d'AVC annuels recueillis sur la période d'intérêt :*

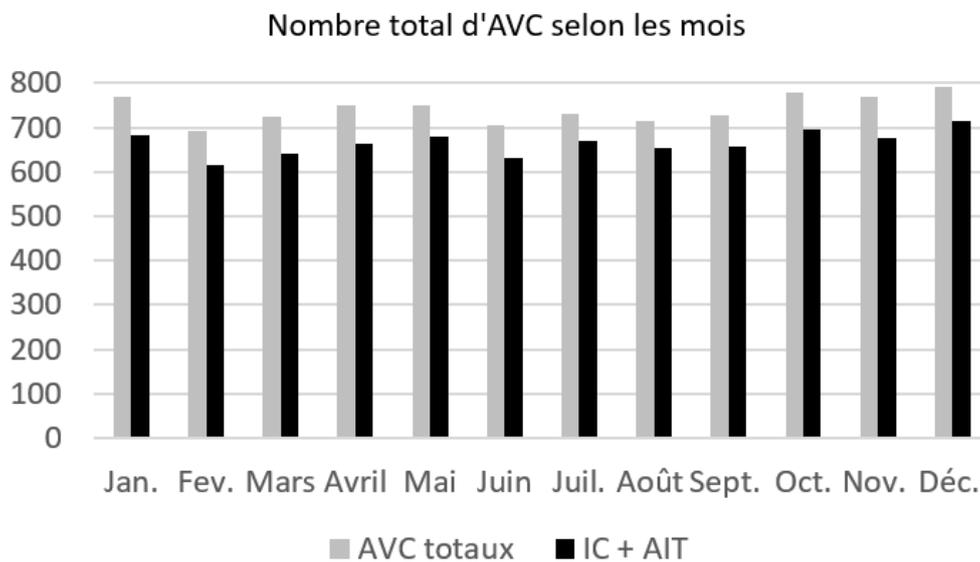
Années	AVC totaux N = 8910	IC + AIT N = 7983	Proportion IC + AIT parmi AVC totaux
2013 (%)	1371 (15,4%)	1190 (14,9%)	86,8%
2014 (%)	1507 (16,9%)	1346 (16,9%)	89,3%
2015 (%)	1478 (16,6%)	1334 (16,7%)	90,2%
2016 (%)	1406 (15,8%)	1258 (15,8%)	89,5%
2017 (%)	1473 (16,5%)	1336 (16,7%)	90,7%
2018 (%)	1675 (18,8%)	1519 (19,0%)	90,7%



**Figure 1 :** *Evolution du nombre total d'AVC annuels sur la période d'intérêt*

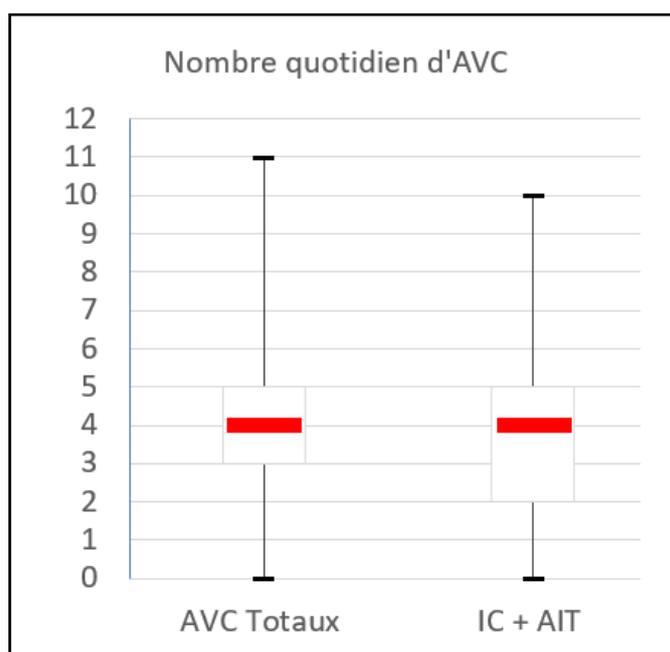
**Table 2 :** *Distribution mensuelle des AVC recueillis sur la période d'intérêt :*

Mois	AVC totaux N = 8910	IC + AIT N = 7983	Proportion IC + AIT parmi AVC totaux
Janvier (%)	770 (8,7%)	683 (8,6%)	88,7%
Février (%)	694 (7,8%)	616 (7,7%)	88,8%
Mars (%)	726 (8,1%)	642 (8,0%)	88,4%
Avril (%)	749 (8,4%)	662 (8,3%)	88,4%
Mai (%)	751 (8,4%)	681 (8,5%)	90,7%
Juin (%)	705 (7,9%)	633 (7,9%)	89,8%
Juillet (%)	731 (8,2%)	670 (8,4%)	91,7%
Août (%)	716 (8,0%)	654 (8,2%)	91,3%
Septembre (%)	728 (8,1%)	656 (8,2%)	90,1%
Octobre (%)	778 (8,8%)	695 (8,7%)	89,3%
Novembre (%)	769 (8,7%)	676 (8,5%)	87,9%
Décembre (%)	793 (8,9%)	715 (9,0%)	90,1%



*Figure 2 :* *Distribution mensuelle des AVC recueillis sur la période d'intérêt*

Le nombre quotidien d'évènements neurovasculaires a été analysé selon les valeurs minimale, maximale, médiane, premier et troisième quartile. Ces dernières sont décrites dans les Tables 3 et 4 et la Figure 3. Sur l'ensemble de la période analysée, elles s'étalent de 0 à 11 par jour au maximum, avec une médiane à 4 par jour (étendue interquartile [3-5]). Le sous-type ischémique des AVC suit une distribution quotidienne superposable. L'incidence quotidienne semble stable suivant les années ou les mois enregistrés.



*Figure 3 : Description globale du nombre d'AVC par jour sur la période d'intérêt*

**Table 3 : Description annuelle du nombre d'AVC par jour sur la période d'intérêt :**

	AVC totaux		IC + AIT	
	Médiane	EIQ	Médiane	EIQ
2013	4	[2-5]	3	[2-4]
2014	4	[3-5]	4	[2-5]
2015	4	[3-5]	4	[3-5]
2016	4	[2-5]	3	[2-5]
2017	4	[3-5]	4	[2-5]
2018	5	[3-6]	4	[3-5]

*EIQ : Etendue interquartile*

**Table 4 :** Description mensuelle du nombre d'AVC par jour sur la période d'intérêt :

	AVC Totaux		IC + AIT	
	Médiane	EIQ	Médiane	EIQ
Janvier	4	[3-5]	4	[2-5]
Février	4	[3-5]	4	[2-5]
Mars	4	[3-5]	3	[2-4]
Avril	4	[3-6]	4	[2-5]
Mai	4	[3-5]	4	[2-5]
Juin	4	[3-5]	3	[2-5]
Juillet	4	[2-5]	3	[2-5]
Août	4	[2-5]	4	[2-4]
Septembre	4	[3-5]	4	[2-5]
Octobre	4	[3-5]	4	[2,25-5]
Novembre	4	[3-5]	4	[2-5]
Décembre	4	[3-6]	4	[3-5]

*EIQ : Etendue Interquartile*

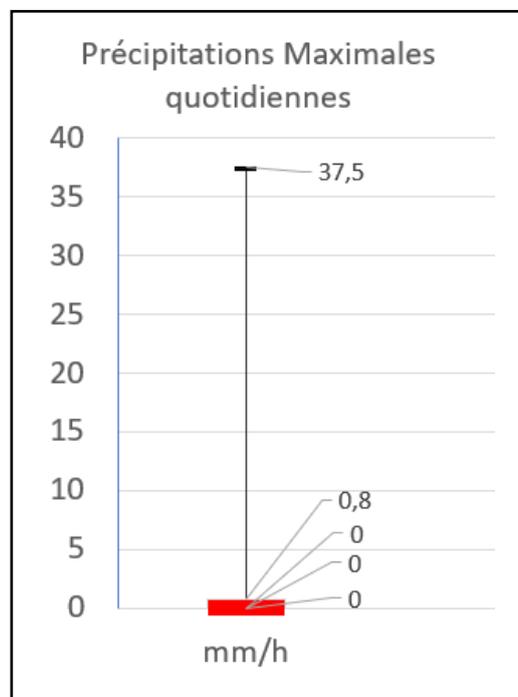
Les patients inclus sur la période d'intérêt sont décrits selon leurs caractéristiques démographiques. Leurs âges s'étalent de 15 ans à 106 ans au maximum. L'âge moyen est 69,5 ans, l'âge médian est 72 ans. Le premier quartile se situe à 60 ans et le troisième quartile à 82 ans. Le sex ratio H/F est calculé à 1,34.

## 2) Description des variables météorologiques :

Les variables collectées sur la période d'intérêt ont été groupées selon leurs valeurs maximales, moyennes et minimales par jour. Seules les précipitations ont été analysées selon leurs valeurs maximales quotidiennes car leurs moyennes et leurs minimales par jour n'ont pas donné de renseignement pertinent. Chaque sous-variable ainsi créée, ne se distribuant pas selon une loi normale, a été décrit selon sa valeur minimale, son premier quartile, sa médiane, son troisième quartile et sa valeur maximale. Leurs descriptions sont représentées sous forme de diagrammes de Tukey.

### a) Précipitations maximales (PM) quotidiennes :

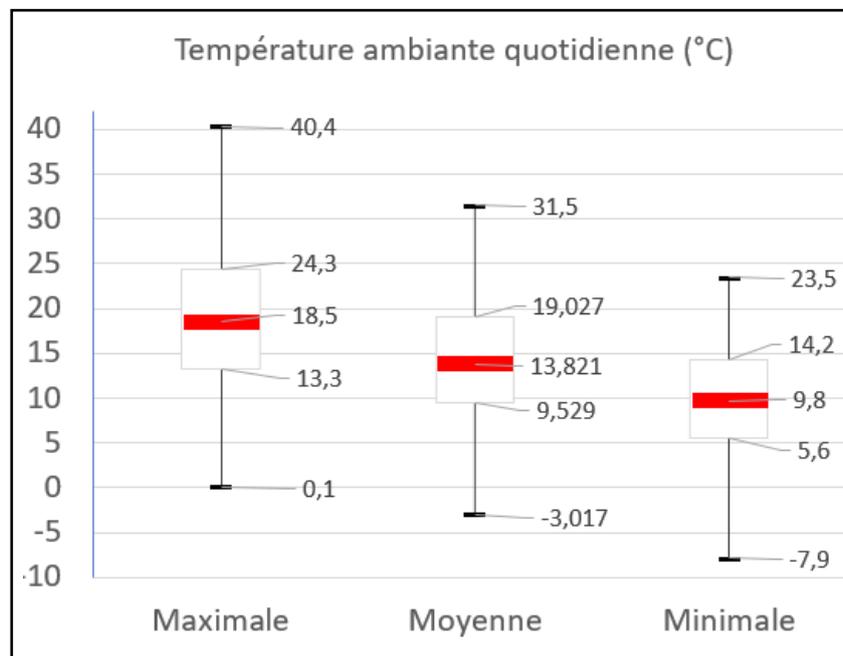
La médiane des valeurs des PM quotidiennes est de 0 mm/h avec une étendue interquartile de 0 à 0,8 mm/h. Les PM quotidiennes sont mesurées à 37,5 mm/h au maximum. Les précipitations quotidiennes sont ainsi nulles pour un jour d'intérêt sur deux.



*Figure 4 : Description des valeurs des PM quotidiennes sur la période d'intérêt (en mm/h)*

*b) Température ambiante (TA) quotidienne :*

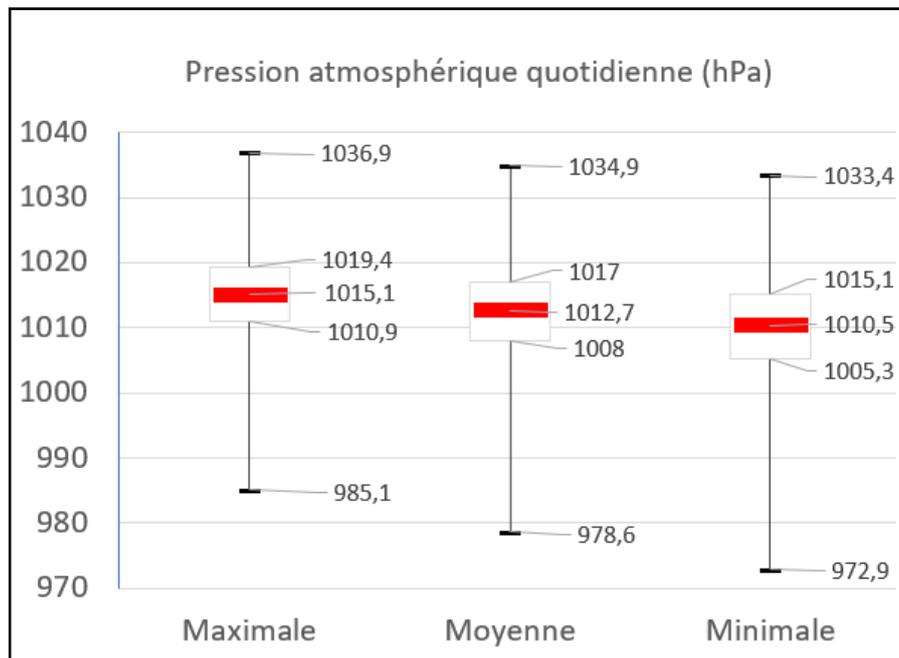
La valeur médiane de la TA maximale par jour équivaut à 18,5°C. Concernant les valeurs de la TA minimale par jour, la médiane se situe à 9,8°C. La TA moyenne a une médiane à 13,821°C. 50% des jours d'intérêt présentent des TA maximales, minimales et moyennes relativement régulières (étendue interquartile : +/- 4-5°C de la médiane). Ainsi, la moitié des températures ambiantes sont globalement stables.



*Figure 5 : Description des valeurs de TA quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en °C)*

c) Pression atmosphérique (PA) quotidienne :

Concernant la pression atmosphérique, la moitié des jours recueillis présentent des valeurs maximales, moyennes et minimales quotidiennes également proches de la médiane (1015 +/- 5 hPa pour les PA maximales, 1012 +/- 4 hPa pour les PA moyennes, 1010 +/- 5 hPa pour les PA minimales). Les valeurs de pression atmosphérique sont relativement stables pour la majorité des jours d'intérêt.



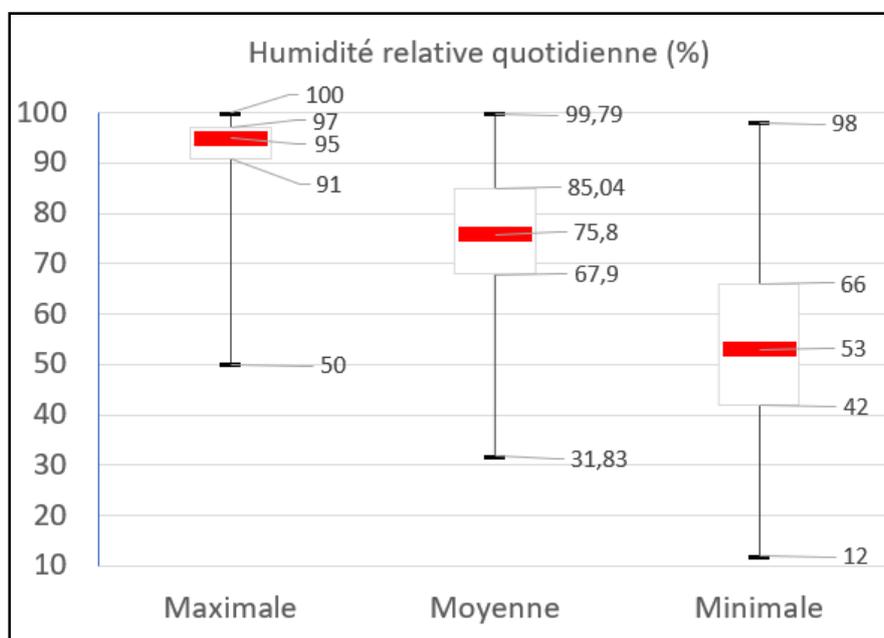
*Figure 6 : Description des valeurs de PA quotidiennes maximale, moyenne et minimale, sur la période d'intérêt (en hPa)*

d) Humidités relative (HR) et absolue (HA) quotidiennes :

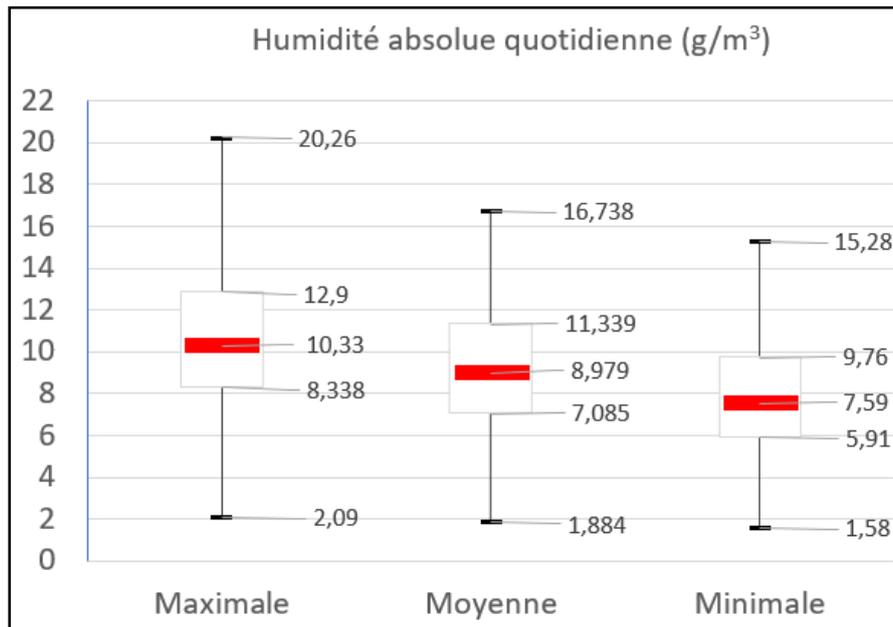
L'humidité absolue mesure la quantité de vapeur d'eau dans un volume d'air d'un mètre cube. Il s'agit d'une mesure factuelle et indépendante. A contrario, l'humidité relative est calculée en rapportant la pression partielle de la vapeur d'eau dans un volume, sur la pression de vapeur saturante dans ce même volume à température égale. Le seuil de saturation augmente avec la température ambiante : plus l'air est chaud, plus il peut absorber de vapeur d'eau avant d'être saturé et d'atteindre son humidité relative maximale. Ainsi, pour une même quantité de vapeur d'eau dans un certain volume d'air (ie. humidité absolue), plus

la température augmente, plus l'humidité relative diminue. Il s'agit ainsi d'une variable dépendante de deux paramètres mesurables : l'humidité absolue et la température ambiante. C'est pourquoi les profils de valeurs d'humidité relative et absolue ne peuvent pas être superposés.

En effet, l'HR quotidienne maximale prend des valeurs globalement élevées, soit la moitié des jours où elle vaut entre 91 et 97%, et jusqu'à 100% pour trois jours enregistrés sur quatre. Ceci contraste avec la répartition des valeurs d'HA quotidienne maximale, mesurées entre 8,338 et 12,9 g/m<sup>3</sup> pour 50% des jours enregistrés. La répartition des valeurs moyennes et minimales de l'HR et de l'HA quotidiennes est plus éparse. L'HR moyenne équivaut à 75,8 +/- 10% pour un jour enregistré sur deux, correspondant à une HA moyenne de 8,979 g/m<sup>3</sup> (étendue interquartile [7,085-11,339 g/m<sup>3</sup>]). L'HR minimale vaut quant à elle 53 +/- 12% pour la moitié des jours recueillis. Ceci correspond à une HA minimale de 7,59 +/- 2 g/m<sup>3</sup>. Ainsi, la majorité des jours enregistrés ont présenté une humidité absolue globalement stable, mais des valeurs d'humidité relative plus variables, traduisant une relation importante avec la température ambiante régnant lors de leurs mesures.



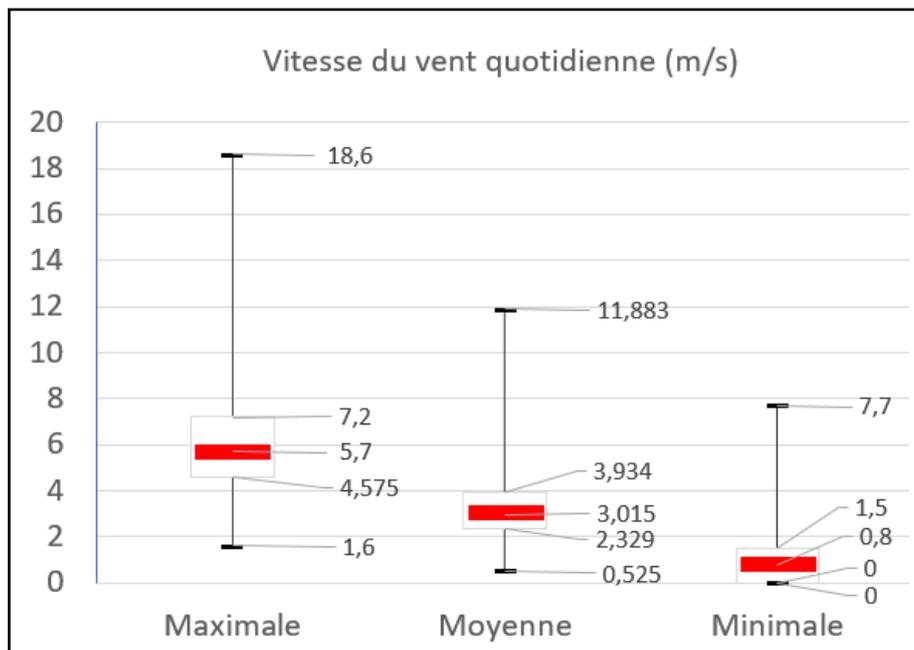
*Figure 7 : Description des valeurs d'HR quotidiennes maximale, moyenne et minimale, sur la période d'intérêt (en %)*



*Figure 8 : Description des valeurs d'HA quotidiennes maximale, moyenne et minimale, sur la période d'intérêt (en g/m<sup>3</sup>)*

e) Vitesse du vent (VV) quotidienne :

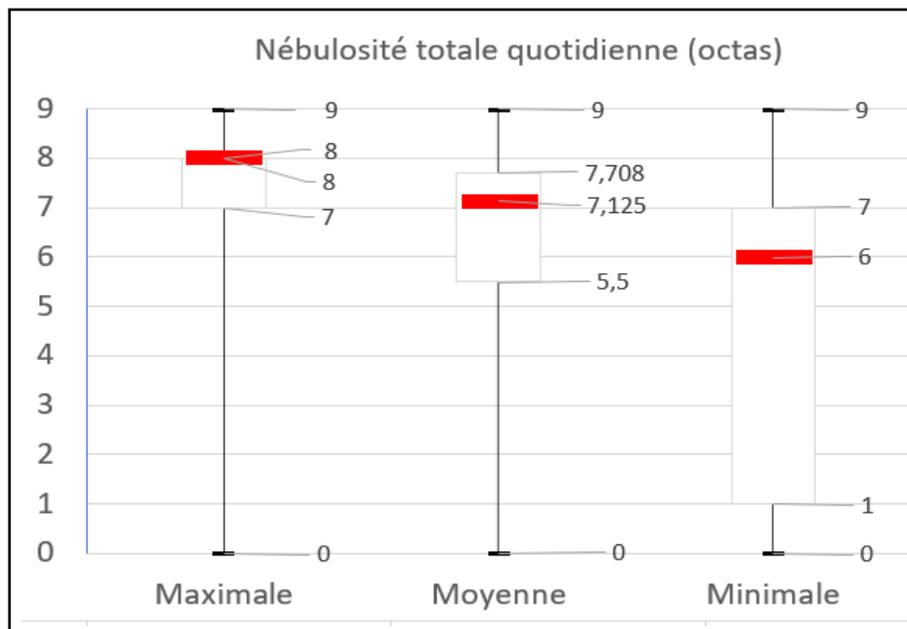
La vitesse moyenne du vent par jour est assez régulière. 50% des journées d'intérêt présentent une VV quotidienne moyenne de 2,329 à 3,934 m/s, une VV quotidienne maximale entre 4,575 et 7,2 m/s, et une VV quotidienne minimale entre 0 et 1,5 m/s.



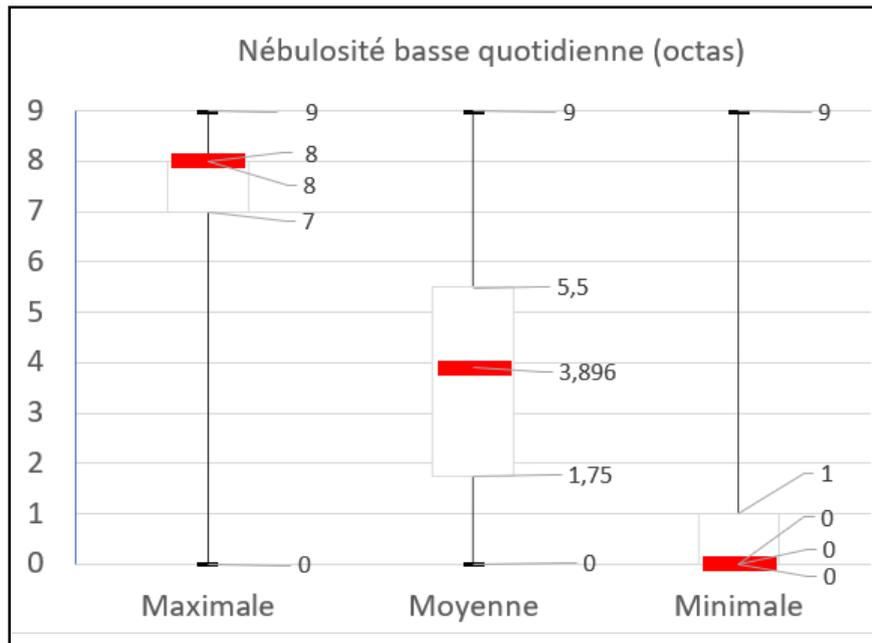
*Figure 9 : Description des valeurs de VV quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en m/s)*

f) Nébulosité totale (NT) et nébulosité basse (NB) quotidiennes :

Ces paramètres fournis par la station météorologique de Mérignac sont plus subjectifs, soumis à l'estimation d'un prévisionniste, mais peuvent être vérifiés par la mesure objective de l'éclairement (voir Glossaire). La valeur de 9 octas est utilisée en cas d'impossibilité d'observer le ciel, notamment en cas de brouillard. Celle-ci constitue les valeurs maximales de NT et NB quotidiennes maximales, moyennes et minimales. Leurs valeurs minimales sont égales à 0 octas, lors des jours ayant présenté un ciel parfaitement dégagé. La nébulosité totale maximale est relativement régulière entre 7 et 8 octas pour 50% des jours enregistrés. De plus, la médiane est calculée à 8 octas, ce qui traduit que la moitié des jours d'intérêt ont présenté une nébulosité totale maximale d'au moins 8 octas. La nébulosité totale moyenne se distribue entre 5,5 et 7,7 octas pour la moitié des jours enregistrés avec une médiane à 7,125 octas. La majorité des jours d'intérêt ont présenté un ciel couvert de masses nuageuses. La NB quotidienne maximale se distribue de façon superposable à celle de la NT quotidienne maximale. En revanche, la nébulosité basse moyenne est estimée entre 1,75 et 5,5 octas pour la moitié des jours recueillis, avec une médiane à 3,896 octas. Ainsi, ceux-ci n'ont présenté que peu d'occlusion céleste par des nuages de basse altitude.



*Figure 10 : Description des valeurs de NT quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en octas)*



*Figure 11 : Description des valeurs de NB quotidiennes maximale, moyenne et minimale sur la période d'intérêt (en octas)*

### **3) Identification des variables météorologiques déterminantes :**

Les analyses univariées ont été menées grâce au test de Mann-Whitney-Wilcoxon pour comparer les conditions climatiques entre les groupes « deux AVC par jour ou moins » versus « plus de deux AVC par jour », et entre les groupes « cinq AVC par jour ou moins » versus « plus de cinq AVC par jour ». Les p-values ont été reportées dans les Tables 5 et 6.

La comparaison des groupes « deux AVC par jour ou moins » et « plus de deux AVC par jour » montre des différences significatives concernant plusieurs variables météorologiques (Table 5). En effet, les TA maximales et moyennes par jour mesurées à J0 présentent des p-values respectivement égales à 0,02341 et 0,01941. Cette différence significative concerne aussi les valeurs d'HR maximale et moyenne à J0 (p-values respectivement égales à 0,002825 et 0,01505). Ces sous-variables climatiques montrent de surcroît un délai d'action jusqu'à six jours avant l'évènement d'intérêt. A titre d'exemple, concernant la TA maximale quotidienne et ses valeurs mesurées six jours avant l'admission, la p-value est égale à 0,03419. Elles sont égales à 0,0301 à J-5 ; 0,0198 à J-4 ; 0,0332 à J-3, puis 0,04822 à J-1.

En revanche, les TA maximales, minimales et moyennes par jour mesurées à J-2 ne montrent pas de différence significative entre les groupes « plus de deux AVC quotidiens » et « deux AVC quotidiens ou moins ».

A l'exception de l'humidité relative moyenne mesurée à J-3, les valeurs d'HR maximales et moyennes par jour dévoilent un effet retard jusqu'à six jours.

Les conditions d'occlusion du ciel cinq jours avant l'évènement d'intérêt montrent également une différence significative entre les deux groupes. En effet, les valeurs de p-values pour les nébulosités (totale et basse) maximales, moyennes, minimales par jour sont inférieures à 0,05 à l'exception de la nébulosité basse minimale quotidienne.

Les autres variables ne montrent pas de différence significative entre les groupes « deux AVC quotidiens ou moins » et « plus de deux AVC quotidiens », ou alors seulement de façon isolée avec un délai variable, rendant leur interprétation hasardeuse.

**Table 5 : Différences entre les conditions météorologiques des jours à « 2 AVC par jour ou moins » et celles des jours à « plus de 2 AVC par jour ». Analyses selon le test de Mann-Whitney-Wilcoxon.**

	p-values							
	J0	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7
PM /jour	0.05651	<b>0.00607</b>	0.1525	0.7432	0.4048	0.1246	0.168	0.7635
TA max. /jour	<b>0.02341</b>	<b>0.04822</b>	0.05947	<b>0.0332</b>	<b>0.0198</b>	<b>0.0301</b>	<b>0.03419</b>	0.05704
TA min. /jour	0.06152	0.1987	0.1722	<b>0.01924</b>	<b>0.03373</b>	0.08468	<b>0.04295</b>	<b>0.03706</b>
TA moy. /jour	<b>0.01941</b>	0.05003	0.0861	<b>0.02242</b>	<b>0.01628</b>	<b>0.03336</b>	<b>0.03187</b>	0.05746
PA max. /jour	0.3192	0.4506	0.4277	0.9986	0.5183	0.8183	0.4181	0.2775
PA min. /jour	0.4468	0.2542	0.2734	0.6032	0.988	0.8293	0.6163	0.5379
PA moy. /jour	0.3915	0.3475	0.3409	0.7339	0.7662	0.9793	0.4588	0.449
VV max. /jour	0.4225	0.2113	0.168	0.7351	0.7362	0.1535	0.7024	0.8033
VV min. /jour	0.4241	0.328	<b>0.04267</b>	0.4035	0.2212	0.06887	0.5743	0.438
VV moy. /jour	0.9178	0.3217	0.1549	0.7781	0.9492	0.05119	0.9619	0.4283
HR max. /jour	<b>0.002825</b>	<b>0.01774</b>	<b>0.005408</b>	<b>0.01821</b>	<b>0.01082</b>	<b>0.001314</b>	<b>0.003848</b>	0.1469
HR min. /jour	0.06062	<b>0.03793</b>	<b>0.02086</b>	0.08793	<b>0.02302</b>	0.07848	<b>0.008084</b>	0.1866
HR moy. /jour	<b>0.01505</b>	<b>0.01595</b>	<b>0.02796</b>	0.0943	<b>0.03688</b>	<b>0.006069</b>	<b>0.006119</b>	0.2783
HA max. /jour	0.1801	0.5101	0.249	0.06534	<b>0.03284</b>	0.1672	0.2318	0.1177
HA min. /jour	0.2389	0.5121	0.3616	0.07979	0.3461	0.2138	0.2586	0.05697
HA moy. /jour	0.2365	0.3961	0.3108	0.06838	0.0866	0.1498	0.1991	0.05896
NT max. /jour	0.08296	0.7725	0.685	0.1028	0.4097	<b>0.0001028</b>	0.2126	0.056
NT min. /jour	0.2143	0.2248	0.1764	0.2153	0.0959	<b>0.0106</b>	0.06563	0.1506
NT moy. /jour	0.1732	0.09455	0.1113	0.0512	0.1503	<b>0.002792</b>	<b>0.009372</b>	0.1212
NB max. /jour	<b>0.04595</b>	0.757	0.9967	0.1326	0.7174	<b>0.001396</b>	0.3044	0.06123
NB min. /jour	0.2251	0.6104	0.5916	0.8685	0.8326	0.05261	0.1463	0.2418
NB moy. /jour	0.5275	0.2557	0.2275	0.4461	0.4072	<b>0.02705</b>	0.1574	0.2885

En ce qui concerne la comparaison des groupes « cinq AVC par jour ou moins » et « plus de cinq AVC par jour », les différences sont dissemblables (Table 6). En effet, les TA maximales, moyennes et minimales par jour de chacun de ces deux groupes ne sont plus significativement différentes, même sur les sept jours précédents. En revanche, les valeurs d'HR maximale conservent leur différence significative, avec ou sans un délai de cinq jours précédant l'évènement d'intérêt.

La comparaison de ces deux groupes permet de mettre en évidence des différences d'occlusion de la voûte céleste (NT minimale et moyenne par jour). Elles restent significatives en analysant les sept jours précédents. En outre, à J0, les valeurs de NT maximale, minimale, moyenne et celle de NB maximale sont toutes significativement différentes entre les deux groupes.

Les quelques autres p-values inférieures à 0,05 sont isolées, limitant l'interprétation des effets réels des sous-variables météorologiques correspondantes sur le nombre d'admissions quotidiennes. A noter que la VV minimale mesurée à J-2 présente une p-value significative à la fois dans la première et dans la deuxième analyse univariée.

**Table 6 : Différences entre les conditions météorologiques des jours à « 5 AVC par jour ou moins » et celles des jours à « plus de 5 AVC par jour ». Analyses selon le test de Mann-Whitney-Wilcoxon.**

	p-values							
	J0	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7
PM /jour	0,6913	0,7818	0,401	0,8934	0,3913	0,1671	0,3234	0,7388
TA max. /jour	0,1517	0,1487	0.08105	0.5068	0.5064	0.2767	0.4496	0.4079
TA min. /jour	0.1566	0.1997	0.4522	0.5265	0.3602	0.4741	0.1867	0.6638
TA moy. /jour	0.1309	0.1861	0.232	0.4709	0.3862	0.3673	0.3723	0.5573
PA max. /jour	0.7678	0.9472	0.8252	0.6266	0.6222	0.4584	0.4498	0.9415
PA min. /jour	0.6935	0.9785	0.9742	0.3251	0.6774	0.8129	0.9913	0.7598
PA moy. /jour	0.8348	0.9176	0.9371	0.3935	0.6506	0.5507	0.7748	0.9313
VV max. /jour	0.6995	0.4494	0,1505	0.4367	0.8212	0.6647	0.4981	0.7498
VV min. /jour	0.8795	0.7611	<b>0.01128</b>	0.854	0.1476	0.5807	0.4762	0.8877
VV moy. /jour	0.4217	0.3338	0.09747	0.8746	0.9241	0.9999	0.3306	0.8406
HR max. /jour	<b>0.0262</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03455</b>	<b>0.01129</b>	<b>0.01338</b>	<b>0.01539</b>	0.06431	0.212
HR min. /jour	0.4436	0.3725	0.0916	0.5769	0.2721	<b>0.09327</b>	0.8321	0.2377
HR moy. /jour	0.2539	0.2455	0.0663	0.4374	0.06485	0.06433	0.4322	0.4153
HA max. /jour	0.3443	0.5856	0.7534	0.6644	0.968	0.6392	0.4316	0.7604
HA min. /jour	0.2753	0.6838	0.7808	0.5922	0.8565	0.8844	0.1869	0.5094
HA moy. /jour	0.3437	0.4235	0.7642	0.5585	0.9705	0.6717	0.2657	0.5115
NT max. /jour	<b>0.005924</b>	0.3404	0.174	0.3452	<b>0.01298</b>	<b>0.00387</b>	0.1326	0.07311
NT min. /jour	<b>2.913e-06</b>	<b>5.205e-05</b>	<b>5.286e-05</b>	<b>0.000639</b>	<b>0.000822</b>	<b>0.000822</b>	<b>0.0003621</b>	<b>0.000975</b>
NT moy. /jour	<b>2.386e-05</b>	<b>0.000262</b>	<b>3.121e-05</b>	<b>0.002153</b>	<b>4.083e-05</b>	<b>0.000660</b>	<b>0.001039</b>	<b>0.000479</b>
NB max. /jour	<b>0.002916</b>	0.2487	0.4571	0.5542	0.08561	0.05961	0.7434	0.3369
NB min. /jour	0.2179	0.945	0.1848	0.6	0.1293	0.4335	0.6675	0.774
NB moy. /jour	0.2102	0.4601	<b>0.03164</b>	0.4014	0.8513	0.5352	0.4052	0.3967

#### 4) Modèle de prédiction :

Les sous-variables météorologiques à inclure pour la prédiction du nombre quotidien d'AVC ont été identifiées dans l'analyse univariée. Parmi elles, certaines ont été exclues afin d'obtenir le critère d'information d'Akaike (AIC) le plus faible possible, d'augmenter la vraisemblance du modèle et de respecter le critère de parcimonie. En résulte un AIC égal à 7715,4. Les paramètres d'adéquation du modèle de prédiction apparaissent dans la Table 7.

**Table 7 : Paramètres d'adéquation du modèle de prédiction :**

Paramètre	Valeur
Coefficient de corrélation de Pearson (intervalle de confiance à 95%)	0,254 (0,211 – 0,296)
Critère d'Information d'Akaike (AIC)	7715,387
Erreur Quadratique Moyenne (EQM)	1,817
R-square ajusté	0,0264

Dans un premier temps, l'efficacité de la prédiction a été vérifiée sur la période de Janvier 2013 à Décembre 2018, soit 2190 jours au total. Devant le manque de données météorologiques durant 314 jours sur cette période, seuls 1876 jours (85,7%) ont pu donner lieu au calcul du nombre prédit d'AVC quotidiens ( $N_{\text{prédit}}$ ). Ces prédictions sont comparées au nombre observé d'AVC quotidiens ( $N_{\text{observé}}$ ) pour chaque date. Leurs écarts sont présentés dans la Table 8. 72,3% des nombres prédits ont un écart inférieur à deux par rapport au nombre observé à la même date. De la même façon, 90,2% en sont éloignés de moins de trois cas par jour.

**Table 8 : Présentation de l'efficacité de la prédiction sur la période 2013-2018 (N = 1876) :**

Ecart du $N_{\text{prédit}}$ quotidien par rapport au $N_{\text{observé}}$ quotidien	Effectif	Proportion de l'effectif total
Inférieur à 2 par jour	1356	72,3%
Inférieur à 3 par jour	1692	90,2%

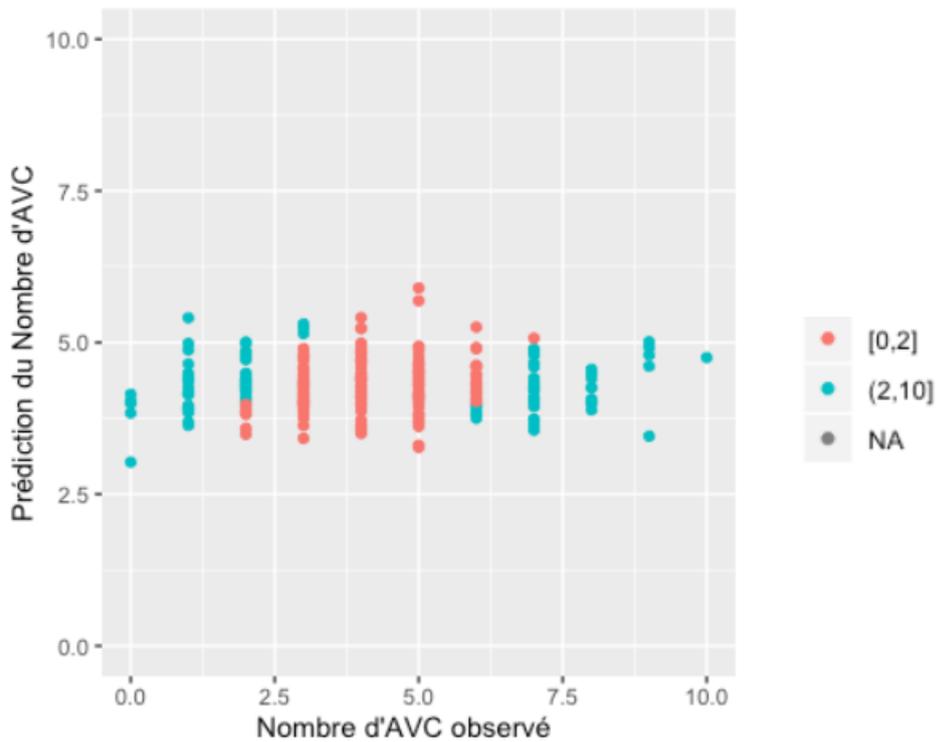
Dans un second temps, l'efficacité de la prédiction a été testée sur la période Janvier 2019 à Décembre 2019, soit 365 jours. 1518 AVC totaux ont été extraits sur cette période, dont 1349 (88,9%) cas d'ischémie artérielle cérébrale. Ces chiffres sont cohérents avec ceux des années précédentes décrits dans la Table 1. L'incidence quotidienne des AVC sur l'année 2019 et celle des cas d'ischémie artérielle cérébrale sont également superposables à celles des années précédentes. La médiane est calculée à 4 AVC par jour (étendue interquartile [3-6]), et à 4 cas d'ischémie artérielle cérébrale par jour (étendue interquartile [2-5]).

Malgré le manque de données climatiques durant 112 jours, 253 jours (69,3%) ont pu être testés. Le  $N_{\text{prédit}}$  est comparé au  $N_{\text{observé}}$  de cas d'AVC quotidiens. Leurs écarts sont présentés dans la Table 9. 62,1% des prédictions sont éloignées de moins de deux cas d'AVC par jour par rapport au nombre observé. 84,6% en sont éloignés de moins de trois.

**Table 9 : Evaluation de l'efficacité de la prédiction sur l'année 2019 (N = 253) :**

<b>Ecart du <math>N_{\text{prédit}}</math> quotidien par rapport au <math>N_{\text{observé}}</math> quotidien</b>	<b>Effectif</b>	<b>Proportion de l'effectif total</b>
Inférieur à 2 par jour	157	62,1%
Inférieur à 3 par jour	214	84,6%

La corrélation entre les  $N_{\text{prédit}}$  quotidiens et les  $N_{\text{observé}}$  quotidiens sur la période 2019 est présentée dans la Figure 12. Le modèle de prédiction permet d'identifier avec une précision suffisante les jours comptabilisant trois à six AVC de façon quotidienne (écart maximum de deux cas d'AVC quotidiens entre le nombre prédit et le nombre observé). En revanche, il est mis en défaut pour des fréquences quotidiennes inférieure à trois, ou supérieure à six cas d'AVC. En effet l'écart entre le  $N_{\text{prédit}}$  et le  $N_{\text{observé}}$  dépasse deux cas par jour.



*Figure 12 : Corrélation entre le nombre prédit quotidien et le nombre observé quotidien d'AVC de Janvier à Décembre 2019*

Pour attester de la fiabilité de la prédiction, le coefficient de Pearson a été utilisé pour comparer les valeurs prédites des valeurs observées quotidiennes. Il est calculé à 0,10 avec un intervalle de confiance de -0,02 à 0,22. Ce coefficient fait apparaître une absence de corrélation linéaire entre les prédictions et les observations. Ceci dit, l'analyse des valeurs des différences entre les prédictions et les observations (en d'autres termes les marges d'erreur) atteste d'une prédiction satisfaisante. En effet, la médiane des différences vaut 0,27 (espace interquartile [-1,33 – 1,74]). La marge d'erreur moyenne du nombre prédit est de 0,125 par rapport au nombre observé d'AVC quotidien. Le test de Mann-Whitney-Wilcoxon permet de montrer que ces marges d'erreur ne sont pas différentes de la valeur zéro (p-value = 0,204), sur un plan purement statistique.

## **Discussion :**

Les variables météorologiques identifiées comme déterminantes dans nos analyses dépendent du seuil d'incidence quotidienne des AVC. Une différence significative a été observée entre les groupes « deux AVC par jour ou moins » et « plus de deux AVC par jour » concernant la TA maximale et moyenne, l'HR maximale et moyenne (délai de J0 à J-6), ainsi que la NT maximales, moyennes, minimales et la NB maximale et moyenne (mesurées à J-5). Les conditions d'occlusion céleste (NT minimale et moyenne par jour) de J0 à J-7, ainsi que l'HR maximale par jour, de J0 à J-5, sont quant à elles significativement différentes entre les groupes « plus de cinq AVC par jour » et « cinq AVC par jour ou moins ».

### **1) Variables météorologiques déterminantes et validité externe :**

La revue de la littérature scientifique à ce sujet a montré une variation de la fréquence des AVC selon les mois ou les saisons. Les AVC ischémiques auraient tendance à survenir plus fréquemment lors des mois froids<sup>3,4,6</sup>. Les études japonaises de 2004 et 2013 précisent ce caractère saisonnier suivant la cause des AVC : il existerait une incidence plus élevée d'AVC ischémique d'origine non-cardioembolique en Mai et en été, mais une incidence plus élevée d'AVC ischémique cardioembolique l'hiver<sup>24,25</sup>. Cependant, ce phénomène est contredit par d'autres études<sup>7,9,10,11,12,13,26</sup> qui remettent en question l'influence réelle du climat sur le déclenchement des événements neurovasculaires. Concernant les AVC hémorragiques, les études préalables évoquent une incidence également plus élevée en hiver<sup>4,10,11,25</sup>, malgré des résultats opposés dans les travaux de Sobel et al. en 1987<sup>3</sup>. Le caractère saisonnier de la mortalité par AVC a été exploré, et aurait tendance à augmenter durant les mois d'hiver<sup>7,8</sup>. Nos observations n'ont exploré ni les variations saisonnières et mensuelles de l'incidence des AVC, ni la mortalité par AVC.

#### **a) Température ambiante (TA) :**

La majorité des investigations tirées de la littérature scientifique ont analysé l'effet de la température ambiante. Elle semble favoriser les AVC ischémiques<sup>1,2,3,6,12,27,28,29</sup> et les AVC hémorragiques<sup>10,14,16,28,29,30,31</sup> lorsque sa moyenne par jour est basse, a fortiori durant les mois

froids. En revanche, l'étude israélienne montrait une hausse de la fréquence des AVC ischémiques les jours chauds<sup>5</sup>. Nos analyses montrent une différence significative de TA maximale et moyenne entre les jours où la fréquence d'AVC totaux quotidiens est supérieure à deux, et ceux où elle est inférieure ou égale à deux, sans présumer du sens de cette différence.

Un questionnement parallèle mentionné dans les travaux préalables a permis d'étoffer l'influence de TA sur le risque d'AVC. En l'occurrence les variations (hausse ou baisse) de la TA moyenne quotidienne, sur les jours précédant l'admission aux urgences, auraient tendance à augmenter l'incidence des AVC ischémiques<sup>5,17,30,32</sup>. Ces larges variations influeraient de la même façon sur l'incidence des AVC hémorragiques<sup>16,17,31</sup>. Cet effet supposé a été affiné par la suite mais les études réalisées se contredisent suivant le lieu géographique d'étude. Concernant les AVC ischémiques, les études britannique<sup>15</sup>, chilienne<sup>30</sup> et qatari<sup>33</sup> ont suggéré une hausse de la fréquence des AVC totaux et ischémiques après une augmentation brutale de la température ambiante moyenne par jour. Par opposition, l'étude américaine de Mostofsky et al. montre plutôt une hausse de la fréquence des AVC ischémiques après une baisse de la température ambiante moyenne par jour<sup>12</sup>. En ce qui concerne les AVC hémorragiques, l'étude russe évoquait une hausse de leur fréquence suite à une augmentation de la température ambiante moyenne par jour<sup>27</sup>, alors que les études mozambicaines de 2015 démontraient l'inverse<sup>26,34</sup>. Cette divergence peut s'interpréter comme la conséquence d'un changement des températures ambiantes habituelles (leur hausse dans les pays à climat « froid » et leur baisse dans les pays à climat « chaud »). La mortalité par AVC a été explorée. Elle semble être favorisée par des TA basses<sup>14</sup> et par des grandes différentielles de TA (TA max – TA min)<sup>23</sup>.

Nos analyses n'ont exploré ni les effets des variations de TA des jours précédents sur l'incidence quotidienne des AVC, ni leurs effets sur la mortalité par AVC. Nous n'avons pas non plus pris en compte les variables biométéorologiques comme la température apparente, qui avait été étudiée par Royé et al.<sup>22</sup>. En effet, ce paramètre dépend de trois variables climatiques factuelles quotidiennes (TA, HR et VV) et n'avait pas montré sa supériorité dans les études précédentes<sup>22</sup>. Néanmoins, nos travaux ont permis de montrer un effet immédiat et retardé de la TA maximale et moyenne par jour sur l'incidence des événements neurovasculaires durant les six jours suivants, sans témoigner du sens de ces effets.

b) Humidité relative (HR) :

Dans la littérature, l'humidité relative a été soupçonnée d'association avec une augmentation de la fréquence des AVC totaux, notamment pour des valeurs extrêmes basses ou hautes. En témoignent les résultats de l'étude Bosniaque de Slatina et al.<sup>19</sup>. En Russie, Feigin et al. montrent une augmentation du risque d'AVC lorsque l'humidité relative moyenne par jour est modérée ou basse<sup>27</sup>. Cette étude est soutenue par les résultats qataris<sup>33</sup>. En 2019, les investigations parisiennes viennent remettre en doute cet effet devant l'observation d'une hausse de la fréquence des AVC lorsque l'humidité relative moyenne par jour augmente de 10% en 24h<sup>1</sup>. Les résultats de nos observations révèlent une différence significative d'humidité relative maximale et moyenne par jour entre les jours à « plus de deux cas d'AVC quotidien » et les jours à « deux cas d'AVC quotidiens ou moins ». De surcroît, l'humidité relative maximale est significativement différente lors des jours à « plus de cinq cas d'AVC quotidiens » que lors des jours à « cinq cas d'AVC quotidiens ou moins ». Le sens de cette différence n'a pas été mis en évidence.

c) Vitesse du vent (VV) :

En ce qui concerne l'effet de la vitesse du vent, nos analyses ne montrent pas d'association suffisamment significative avec la hausse de l'incidence quotidienne des AVC, contrairement aux études de Gill et al. et de Kim et al.<sup>4,20</sup>. En effet, ces auteurs mettent en avant une variable composite nommé le « Wind-Chill », associant la vitesse du vent, l'humidité relative et la température ambiante et qui estime le pouvoir refroidissant du vent. Cette variable n'a pas été considérée dans notre étude car cette dernière s'est focalisée sur les paramètres météorologiques fondamentaux. La seule mesure ayant montré une différence significative entre les groupes « plus de deux AVC par jour » et « deux AVC par jour ou moins » et entre les groupes « plus de cinq AVC par jour » et « cinq AVC par jour ou moins » est la VV minimale mesurée deux jours avant l'admission aux urgences. L'interprétation de ce résultat est hasardeuse. Il devra être confirmé par des études complémentaires.

d) Pression atmosphérique (PA) :

La pression atmosphérique n'a pas montré de différence significative entre les différents groupes de jours dans l'analyse univariée, malgré les investigations précédentes. Les travaux de Dawson et al. au Royaume-Uni avaient suggéré une hausse de la fréquence des AVC hémorragiques à la suite d'une baisse brutale de la pression atmosphérique durant les 48h précédant l'évènement d'intérêt<sup>15</sup>, tout comme l'étude qatari<sup>33</sup>. L'étude russe formulait également une hausse des AVC totaux dans les mêmes conditions<sup>27</sup>. Ces résultats avaient été confirmés par la méta-analyse de Juillet 2016<sup>18</sup>. Néanmoins, nos résultats concordent avec ceux de l'étude canadienne qui ne retrouvait pas d'association significative avec une augmentation de fréquence quotidienne des AVC. Leur modèle de prédiction n'avait ainsi pas montré son efficacité<sup>9</sup>.

e) Autres variables météorologiques :

Les précipitations sont une variable météorologique qu'aucune étude n'a analysé de façon directe. Elles ont servi comme ajustement afin d'interpréter les autres variables climatiques. Aucune hypothèse n'a pu être formulée concernant leur éventuelle association avec une augmentation de la fréquence des évènements neurovasculaires quotidiens. Notre étude ne montre pas de différence entre les groupes de jours en analyse univariée.

La nébulosité totale et la nébulosité basse ont été pour la première fois explorées dans une étude observationnelle qui vise à identifier les paramètres climatiques pouvant augmenter la fréquence des AVC quotidiens. Celles-ci ont montré une différence significative entre les groupes « plus de cinq cas d'AVC quotidien » et « cinq cas d'AVC quotidiens ou moins », valable lors de la journée d'intérêt mais aussi en prenant en compte un effet retard jusqu'à 7 jours. Parallèlement, les conditions d'occlusion céleste, par les masses nuageuses, semblent significativement différentes lors des jours à « plus de deux cas d'AVC par jour » et ceux à « deux AVC par jour ou moins » avec un effet retard de cinq jours.

## **2) Modèle de prédiction :**

Le modèle établi dans cette étude permet donc la prédiction correcte de la fréquence quotidienne des AVC, pour environ deux jours sur trois de l'année 2019, et notamment concernant les jours où la fréquence observée est comprise entre trois et six cas. En prenant en compte une précision de moins de trois cas quotidiens, 84,6% des jours ont une prédiction correcte. Celle-ci est en revanche plus aléatoire pour les jours où l'incidence observée quotidienne est inférieure à trois cas ou supérieure à six cas. Ces jours-ci, la marge d'erreur est supérieure à deux cas quotidiens. Ceci dit, ces derniers jours ne représentent que 37,9% de l'année 2019. En considérant une marge d'erreur supérieure à trois cas quotidiens, ils ne représentent plus que 15,4% des prédictions. Dans l'analyse globale des résultats de la prédiction, le coefficient de corrélation de Pearson est insatisfaisant. Néanmoins, la moyenne des marges d'erreur de prédiction est égale à 0,125 et leur globalité est statistiquement indifférente de zéro. Ce résultat est à prendre en compte dans l'estimation de la fiabilité du modèle, qui paraît adapté pour identifier les jours où la fréquence quotidienne des AVC totaux serait comprise entre trois et six cas par jour.

## **3) Forces de cette étude :**

Nos analyses ont plusieurs atouts. Le recueil des données météorologiques et médicales s'étend sur une période suffisamment longue, soit six années complètes et consécutives, ce qui permet de s'affranchir d'un éventuel biais de sélection. Le nombre total de cas d'AVC inclus est assez conséquent pour offrir à cette étude une puissance suffisante. Elle a analysé les AVC totaux (IC + AIT probables + HIP) à tout âge pour refléter l'activité réelle du Service des Urgences et de celle de l'UNV de l'hôpital Pellegrin au CHU de Bordeaux, sans préjuger de la cause de l'évènement neurovasculaire. Cette méthode implique l'inclusion de cas pédiatriques, dont les mécanismes physiopathologiques sont probablement différents de ceux de l'adulte. Ils ne représentent cependant qu'une proportion négligeable de l'ensemble des cas inclus. Toutes les données météorologiques fondamentales transmises par la station météorologique de Mérignac ont été analysées, en les subdivisant chacune en sous-variables « maximum par jour », « minimum par jour » et « moyenne par jour ». Chacune de ses sous-variables a été testée pour identifier celles déterminantes. Aucun paramètre fondamental n'a

été d'emblée écarté des analyses. Le modèle statistique choisi paraît adapté à l'analyse de l'effet des sous-variables météorologiques sur l'incidence des AVC totaux, en considérant des coefficients  $\beta$  « fonction » des valeurs des sous-variables climatiques.

#### **4) Faiblesses de cette étude :**

Notre étude présente néanmoins quelques points faibles. Tout d'abord, le recueil a été effectué de manière monocentrique, en excluant les cas d'AVC dans les autres centres de santé Girondins, à l'origine d'une exclusion non-dénombrable de cas. Puis, elle n'a pas analysé l'impact des variations à court terme des variables météorologiques avant l'évènement d'intérêt. Ces variations avaient pourtant été évoquées dans la littérature comme possibles conditions déclenchantes des AVC ischémiques, lorsqu'elles concernent la température<sup>6,12,15,17,30,32</sup>, ou des AVC hémorragiques, lorsqu'elles concernent la pression atmosphérique<sup>15,18</sup> ou la température<sup>16,17,26,27,31,34</sup>. En outre, notre étude a analysé le nombre d'AVC quotidiens totaux, en ne prenant en compte ni le sous-type d'AVC, ni la cause de ces affections. Il est possible que ces variables et sous-variables aient présenté un réel impact sur la fréquence d'un ou plusieurs sous-types d'AVC. Un autre point faible réside dans le fait que la date du début des signes cliniques peut différer de la date d'admission. En effet, la relation avec les paramètres météorologiques se retrouverait alors faussée, et la prédiction du nombre d'admissions par jour deviendrait inconsistante. Notre étude ne prend également pas en compte les effets de la pollution atmosphérique, représentée par la concentration de l'air en ozone (O<sub>3</sub>), en monoxyde de carbone (CO), en dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) en monoxyde d'azote (NO), en dioxyde de nitrogène (NO<sub>2</sub>) et en particules fines (PM10). Ces paramètres ont pourtant montré leur association avec la fréquence des AVC ischémiques<sup>1,35,36,37</sup> et donc être à l'origine d'un biais de confusion. En l'occurrence, ces études suggèrent une relation linéaire entre exposition à l'ozone et survenue d'AVC ischémiques. Malgré les tentatives, l'accès aux données de pollution atmosphérique du département Gironde via la plateforme « Air-aq » est resté impossible. Nous n'avons pas non plus étudié l'effet des paramètres biométéorologiques, tel que le « Wind-Chill » ou la « température apparente » qui mettent en équation plusieurs variables météorologiques factuelles. Dans un souci de parcimonie, notre étude s'est limitée à l'analyse des variables climatiques fondamentales mesurées par la

station de météorologie de Mérignac. Notre étude ne permet pas d'interpréter le sens des différences des variables météorologiques observées dans les analyses univariées. Ainsi, aucune conclusion ne peut être émise quant à l'effet de telle ou telle condition climatique sur l'incidence des AVC totaux. En corolaire, elle ne permet pas d'identifier les conditions climatiques protectrices. Il est envisageable qu'au même titre que des circonstances météorologiques pourraient provoquer ces affections neurovasculaires, d'autres pourraient protéger les patients à risque.

Concernant les résultats du modèle de prédiction, les nombres prédits d'AVC quotidiens se situent en grande majorité entre trois et six AVC par jour, correspondant à l'écart interquartile des fréquences observées sur l'année 2019. Ceci explique pourquoi la prédiction est fiable pour ces incidences observées, mais qu'elle est mise en défaut pour les jours où le nombre observé d'AVC totaux est, soit inférieur à trois, soit supérieure à six.

## **Conclusion :**

Notre modèle de prédiction permet de prédire le nombre quotidien d'AVC totaux pour deux jours sur trois de l'année 2019, avec une précision acceptable, notamment ceux où la fréquence quotidienne observée se situe entre trois et six cas par jour. L'utilisation de ce modèle en pratique peut s'envisager, en utilisant les données météorologiques prévisionnelles et/ou effectives des jours précédents, afin de prédire le nombre attendu d'AVC totaux à une certaine date. Néanmoins, il existe une marge d'erreur importante dans un tiers des cas, limitant la fiabilité de la prédiction. L'anticipation de la prédiction reste aussi limitée à quelques jours. En effet, la météorologie est un système dynamique évoluant de manière chaotique, c'est-à-dire qu'aucun pattern d'évolution n'est ni identifié ni identifiable. Ses nombreux paramètres mesurables s'influencent chacun entre eux et leurs évolutions exactes sont imprévisibles. Toute la complexité de la prédiction en matière d'urgence neurovasculaire réside dans le choix de ces paramètres climatiques à inclure dans le modèle et dans le choix des affections sur lesquelles leurs effets sont étudiés. Des analyses complémentaires sont nécessaires afin de prédire le nombre quotidien des différents sous-types d'AVC dont l'incidence peut être influencée par la météorologie.

## Glossaire :

- AIT : Accident ischémique transitoire. Il s'agit de l'apparition d'un déficit neurologique focal d'apparition brutale, dont la résolution complète survient en moins d'une heure, et dont l'étiologie est supposée thrombotique ou embolique. L'imagerie cérébrale ne montre pas de signe d'ischémie récente au sein du parenchyme cérébral.
- AVC : Accident(s) vasculaire(s) cérébral(aux). Il s'agit d'un ensemble d'affections du système nerveux central causées par une interruption de la circulation sanguine, soit due à une occlusion artérielle cérébrale (ischémie), soit due à une effraction du sang à travers la paroi artérielle avec constitution d'un hématome qui peut être intra-parenchymateux, ou méningé. Cet ensemble inclut aussi les thromboses veineuses cérébrales, plus rares.
- HA : Humidité absolue. Elle reflète la quantité de vapeur d'eau (en grammes) dans un mètre cube d'air. Elle est donc exprimée en  $\text{g/m}^3$
- HIP : Hématome intraparenchymateux. Il s'agit d'un AVC dû à la rupture de la paroi d'une artère intracérébrale avec constitution d'un hématome au sein du parenchyme cérébral, qui en détruit la structure. Les étiologies sont nombreuses, mais la plus fréquente est l'hypertension artérielle.

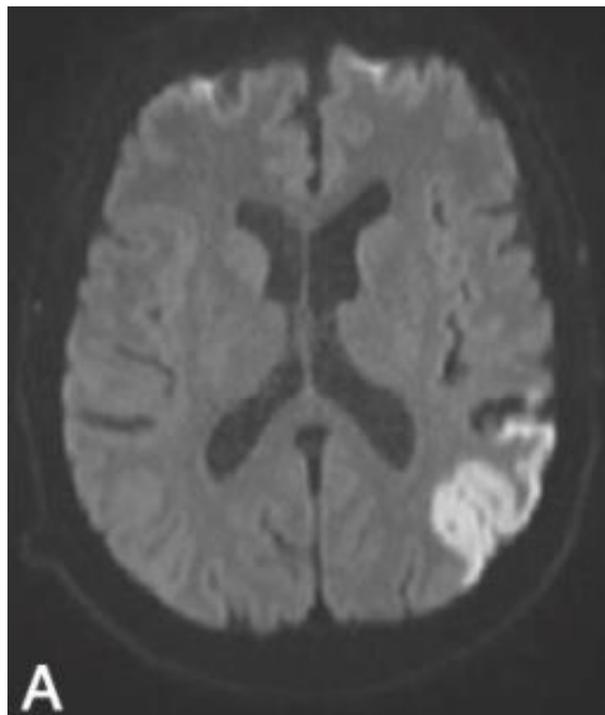


*Figure 13 : Image d'un hématome intraparenchymateux lobaire pariétal gauche au Scanner (source : <https://www.cen-neurologie.fr/deuxieme-cycle/accidents-vasculaires-cerebraux>)*

- HR : Humidité Relative. Il s'agit du rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau  $P_{vap}$  contenue dans un volume d'air, sur la pression de vapeur saturante  $P_{sat}(T)$  dans ce même volume, à la même température et à la même pression. Elle est exprimée en %. Il s'agit d'un paramètre climatique dépendant de l'humidité absolue et de la température ambiante (pour une même humidité absolue, plus la température est élevée, plus le seuil de saturation est élevé, et plus l'humidité relative est basse).

$$\varphi [\%] = \frac{P_{vap}}{P_{sat}(T)} \times 100$$

- IC : Infarctus cérébral. Il s'agit d'un AVC dû à l'occlusion d'une artère pré- ou intra-cérébrale. Cette occlusion peut être due à un thrombus (cardioembolique, athéromateux), une dissection artérielle, ou d'autres causes plus rares. Cette catégorie inclut les AVC lacunaires, dus à l'obstruction de petites artères perforantes, et dont la physiopathologie diffère. En résulte une ischémie, puis une nécrose du tissu cérébral correspondant au territoire artériel atteint.



*Figure 14 : Image d'un infarctus cérébral en territoire sylvien superficiel gauche en séquence de diffusion (IRM) (source : <https://www.cen-neurologie.fr/deuxieme-cycle/accidents-vasculaires-cerebraux>)*

- NT et NB : Nébulosité Totale et Nébulosité Basse. Il s'agit de paramètres météorologiques qui décrivent la fraction du ciel occlue par les masses nuageuses. Elles sont estimées en général par un observateur, mais peuvent être calculée par le biais de la mesure de l'éclairement E sur une surface horizontale, selon la formule suivante :

$$N = \sqrt{1,4286 \frac{E_{diffus}}{E_{global}} - 0,3}$$

Elles se classent selon une échelle de 0 octa (nébulosité minimale) à 8 octas (nébulosité maximale). La valeur de 9 octas est utilisée en cas d'impossibilité d'observer le ciel (par exemple en cas de brouillard). La nébulosité basse concerne les nuages de basse altitude en-dessous de 2000 mètres (stratocumulus, cumulus et stratus).

- OMS : Organisation Mondiale de la Santé. Elle a été créée par la Constitution du 07 Avril 1948. Son siège réside à Genève. Son but est d'améliorer les perspectives d'avenir et la santé future pour toutes les populations du monde.
- PA : Pression atmosphérique. Il s'agit de la pression qu'exerce une colonne d'atmosphère sur un mètre carré de surface terrestre. Elle est mesurée en hectopascals (hPa).
- PM : Précipitations Maximales. Il s'agit d'une mesure de la quantité de pluie recueillie sur un mètre carré de surface, et dont la hauteur est mesurée en millimètres (mm).
- TA : Température Ambiante. Il s'agit du degré d'agitation thermique des particules de l'air ambiant. Elle est mesurée en degrés Celsius (°C).
- VV : Vitesse du vent. Ce paramètre décrit le déplacement des masses d'air par rapport au sol. Il est exprimé en mètre par seconde (m/s). La variabilité de la vitesse du vent en un endroit donné est généralement importante. Les valeurs retenues pour les analyses sont les vitesses moyennes du vent sur une période de dix minutes, et recueillies toutes les heures. L'origine du vent est liée au différentiel (ou gradient horizontal) de pression atmosphérique. Les masses d'air circulent des zones de haute pression (anticyclones) vers les zones de basse pression (dépressions). Plus le gradient est important, plus la vitesse du vent sera importante. Sous l'effet combiné du gradient horizontal de pression et de la force de Coriolis liée à la rotation de la Terre autour de son axe, les vents tournent dans le sens horaire autour d'un anticyclone, et dans le sens anti-horaire autour d'une dépression.

## **Références bibliographiques :**

- [1] Hirel, C., L. Berton, C. Preda, O. Richard, Y. Lambert, et F. Pico. « Air Pollution and Humidity as Triggering Factors for Stroke. Results of a 12-Year Analysis in the West Paris Area ». *Revue Neurologique*, 25 avril 2019. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2019.03.002>.
- [2] Knox, E G. « Meteorological associations of cerebrovascular disease mortality in England and Wales. » *Journal of Epidemiology and Community Health* 35, n° 3 (septembre 1981): 220-23. <https://doi.org/10.1136/jech.35.3.220>.
- [3] Sobel, E, Z X Zhang, M Alter, S M Lai, Z Davanipour, G Friday, R McCoy, T Isack, et L Levitt. « Stroke in the Lehigh Valley: Seasonal Variation in Incidence Rates. » *Stroke* 18, n° 1 (janvier 1987): 38-42. <https://doi.org/10.1161/01.STR.18.1.38>.
- [4] Gill, J. S., P. Davies, S. K. Gill, et D. G. Beevers. « Wind-Chill and the Seasonal Variation of Cerebrovascular Disease ». *Journal of Clinical Epidemiology* 41, n° 3 (1 janvier 1988): 225-30. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(88\)90125-4](https://doi.org/10.1016/0895-4356(88)90125-4).
- [5] Berginer, V M, J Goldsmith, U Batz, H Vardi, et Y Shapiro. « Clustering of Strokes in Association with Meteorologic Factors in the Negev Desert of Israel: 1981-1983. » *Stroke* 20, n° 1 (janvier 1989): 65-69. <https://doi.org/10.1161/01.STR.20.1.65>.
- [6] Cowperthwaite, Matthew C., et Mark G. Burnett. « An Analysis of Admissions from 155 United States Hospitals to Determine the Influence of Weather on Stroke Incidence ». *Journal of Clinical Neuroscience* 18, n° 5 (1 mai 2011): 618-23. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2010.08.035>.
- [7] Kumar, Nilay, Anand Venkatraman, et Neetika Garg. « Seasonality in Acute Ischemic Stroke Related Hospitalizations and Case Fatality Rate in the United States ». *International Journal of Cardiology* 195 (15 septembre 2015): 134-35. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.05.122>.
- [8] Sheth, Tej, Cyril Nair, James Muller, et Salim Yusuf. « Increased Winter Mortality from Acute Myocardial Infarction and Stroke: The Effect of Age ». *Journal of the American College of Cardiology* 33, n° 7 (1 juin 1999): 1916-19. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(99\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(99)00137-0).
- [9] Houck, Philip D., Jan E. Lethen, Mark W. Riggs, D. Scott Gantt, et Gregory J. Dehmer. « Relation of Atmospheric Pressure Changes and the Occurrences of Acute Myocardial Infarction and Stroke ». *The American Journal of Cardiology* 96, n° 1 (1 juillet 2005): 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.amicard.2005.02.042>.
- [10] Rothwell, P. M, J Slattery, C. P Warlow, et S. J Wroe. « Is Stroke Incidence Related to Season or Temperature? » *The Lancet* 347, n° 9006 (6 avril 1996): 934-36. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)91415-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)91415-4).
- [11] Wang, Yang, Christopher R. Levi, John R. Attia, Catherine A. D'Este, Neil Spratt, et Janet Fisher. « Seasonal Variation in Stroke in the Hunter Region, Australia: A 5-Year Hospital-Based Study, 1995-2000 ». *Stroke* 34, n° 5 (mai 2003): 1144-50. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000067703.71251.B6>.

- [12] Mostofsky, Elizabeth, Elissa H. Wilker, Joel Schwartz, Antonella Zanobetti, Diane R. Gold, Gregory A. Wellenius, et Murray A. Mittleman. « Short-Term Changes in Ambient Temperature and Risk of Ischemic Stroke ». *Cerebrovascular Diseases Extra* 4, n° 1 (22 janvier 2014): 9-18. <https://doi.org/10.1159/000357352>.
- [13] Lichtman, Judith H., Erica C. Leifheit-Limson, Sara B. Jones, Yun Wang, et Larry B. Goldstein. « Average Temperature, Diurnal Temperature Variation, and Stroke Hospitalizations ». *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 25, n° 6 (1 juin 2016): 1489-94. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.02.037>.
- [14] Polcaro-Pichet, Sara, Tom Kosatsky, Brian J. Potter, Marianne Bilodeau-Bertrand, et Nathalie Auger. « Effects of Cold Temperature and Snowfall on Stroke Mortality: A Case-Crossover Analysis ». *Environment International* 126 (1 mai 2019): 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.031>.
- [15] Dawson, J., C. Weir, F. Wright, C. Bryden, S. Aslanyan, K. Lees, W. Bird, et M. Walters. « Associations between Meteorological Variables and Acute Stroke Hospital Admissions in the West of Scotland ». *Acta Neurologica Scandinavica* 117, n° 2 (2008): 85-89. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2007.00916.x>.
- [16] Zheng, Yonghui, Xudong Wang, Jiajun Liu, Falin Zhao, Jiawei Zhang, et Honglin Feng. « A Community-Based Study of the Correlation of Hemorrhagic Stroke Occurrence with Meteorologic Factors ». *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 25, n° 10 (1 octobre 2016): 2323-30. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.12.028>.
- [17] Cao, Yongjun, Xia Wang, Danni Zheng, Thompson Robinson, Daqing Hong, Sarah Richtering, Tzen Hugh Leong, Abdul Salam, Craig Anderson, et Maree L. Hackett. « Air Pressure, Humidity and Stroke Occurrence: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, n° 7 (juillet 2016). <https://doi.org/10.3390/ijerph13070675>.
- [18] Wang, Xia, Yongjun Cao, Daqing Hong, Danni Zheng, Sarah Richtering, Else Charlotte Sandset, Tzen Hugh Leong, et al. « Ambient Temperature and Stroke Occurrence: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, n° 7 (juillet 2016). <https://doi.org/10.3390/ijerph13070698>.
- [19] Slatina, Enes, Miralem Music, Nermina Babic, Amela Dervisevic, Ekrema Mujaric, Mirhan Salibasic, Enes Tuna, et Jasmina Corovic. « Correlation Between Change in Air Humidity and the Incidence of Stroke ». *Materia Socio-Medica* 25, n° 4 (décembre 2013): 242-45. <https://doi.org/10.5455/msm.2013.25.242-245>.
- [20] Kim, Jayeun, Kyuhyun Yoon, Jay Chol Choi, Ho Kim, et Jung-Kook Song. « The Association between Wind-Related Variables and Stroke Symptom Onset: A Case-Crossover Study on Jeju Island ». *Environmental Research* 150 (1 octobre 2016): 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.041>.
- [21] Organisation Mondiale de la Santé, Site Mondial, Thèmes de santé, Accident vasculaire cérébral (AVC). [https://www.who.int/topics/cerebrovascular\\_accident/fr/](https://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/fr/)

- [22] Royé, Dominic, María T. Zarrabeitia, Javier Riancho, et Ana Santurtún. « A Time Series Analysis of the Relationship between Apparent Temperature, Air Pollutants and Ischemic Stroke in Madrid, Spain ». *Environmental Research* 173 (1 juin 2019): 349-58.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.03.065>.
- [23] Yang, Jun, Maigeng Zhou, Mengmeng Li, Peng Yin, Boguang Wang, Eva Pilot, Yunning Liu, et al. « Diurnal Temperature Range in Relation to Death from Stroke in China ». *Environmental Research* 164 (1 juillet 2018): 669-75.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.036>.
- [24] Ogata, Toshiyasu, Kazumi Kimura, Kazuo Minematsu, Seiji Kazui, et Takenori Yamaguchi. « Variation in Ischemic Stroke Frequency in Japan by Season and by Other Variables ». *Journal of the Neurological Sciences* 225, n° 1 (15 octobre 2004): 85-89.  
<https://doi.org/10.1016/j.jns.2004.07.002>.
- [25] Takizawa, Shunya, Takeo Shibata, Shigeharu Takagi, et Shotai Kobayashi. « Seasonal Variation of Stroke Incidence in Japan for 35631 Stroke Patients in the Japanese Standard Stroke Registry, 1998-2007 ». *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 22, n° 1 (1 janvier 2013): 36-41. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2011.06.005>.
- [26] Gomes, Joana, Albertino Damasceno, Carla Carrilho, Vitória Lobo, Hélder Lopes, Tavares Madede, Pius Pravinrai, et al. « The Effect of Season and Temperature Variation on Hospital Admissions for Incident Stroke Events in Maputo, Mozambique ». *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 23, n° 2 (1 février 2014): 271-77.  
<https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.02.012>
- [27] Feigin, V. L., Yu P. Nikitin, M. L. Bots, T. E. Vinogradova, et D. E. Grobbee. « A Population-Based Study of the Associations of Stroke Occurrence with Weather Parameters in Siberia, Russia (1982–92) ». *European Journal of Neurology* 7, n° 2 (2000): 171-78.  
<https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2000.00016.x>.
- [28] Guo, Pi, Murui Zheng, Wenru Feng, Jiagang Wu, Changyu Deng, Ganfeng Luo, Li Wang, Bingying Pan, et Huazhang Liu. « Effects of Ambient Temperature on Stroke Hospital Admissions: Results from a Time-Series Analysis of 104,432 Strokes in Guangzhou, China ». *Science of The Total Environment* 580 (15 février 2017): 307-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.093>.
- [29] Matsumoto, Masatoshi, Shizukiyo Ishikawa, et Eiji Kajii. « Cumulative Effects of Weather on Stroke Incidence: A Multi-Community Cohort Study in Japan ». *Journal of Epidemiology* 20, n° 2 (5 mars 2010): 136-42. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20090103>.
- [30] Lavados, Pablo M., Verónica V. Olavarría, et Lorena Hoffmeister. « Ambient Temperature and Stroke Risk: Evidence Supporting a Short-Term Effect at a Population Level From Acute Environmental Exposures ». *Stroke* 49, n° 1 (janvier 2018): 255-61.  
<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.017838>.
- [31] Zhou, Lian, Kai Chen, Xiaodong Chen, Yuanshu Jing, Zongwei Ma, Jun Bi, et Patrick L. Kinney. « Heat and Mortality for Ischemic and Hemorrhagic Stroke in 12 Cities of Jiangsu Province, China ». *Science of The Total Environment* 601-602 (1 décembre 2017): 271-77.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.169>.

[32] Coelho, Fernando Morgadinho Santos, Bento Fortunato Cardoso dos Santos, Miguel Cendoroglo Neto, Luis Fernando Lisboa, Adriana Serra Cypriano, Tania Oliveira Lopes, Marina Jorge de Miranda, Ana Maria H. Ávila, Jonas Bordin Alonso, et Hilton Siqueira Pinto. « Temperature Variation in the 24 Hours before the Initial Symptoms of Stroke ». *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* 68, n° 2 (avril 2010): 242-45. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2010000200017>.

[33] Salam, Abdul, Saadat Kamran, Rubina Bibi, Hesham M. Korashy, Aijaz Parray, Abdulla Al Mannai, Abdulrahman Al Ansari, Krishna Kumar Kanikicharla, Arta Zogaj Gashi, et Ashfaq Shuaib. « Meteorological Factors and Seasonal Stroke Rates: A Four-Year Comprehensive Study ». *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 28, n° 8 (1 août 2019): 2324-31. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.05.032>.

[34] « Triggering of Stroke by Ambient Temperature Variation: A Case-Crossover Study in Maputo, Mozambique ». *Clinical Neurology and Neurosurgery* 129 (1 février 2015): 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2014.12.002>.

[35] Ho, Andrew F. W., Huili Zheng, Deidre A. De Silva, Win Wah, Arul Earnest, Yee H. Pang, Zhenjia Xie, et al. « The Relationship Between Ambient Air Pollution and Acute Ischemic Stroke : A Time-Stratified Case-Crossover Study in a City-State With Seasonal Exposure to the Southeast Asian Haze Problem ». *Annals of Emergency Medicine* 72, no 5 (1 novembre 2018): 591-601. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.06.037>.

[36] Henrotin, J B, J P Besancenot, Y Bejot, et M Giroud. « Short-term effects of ozone air pollution on ischaemic stroke occurrence : a case-crossover analysis from a 10-year population-based study in Dijon, France ». *Occupational and Environmental Medicine* 64, n° 7 (juillet 2007): 439-45. <https://doi.org/10.1136/oem.2006.029306>

[37] Suissa, Laurent, Mikael Fortier, Sylvain Lachaud, Pascal Staccini, et Marie-Hélène Mahagne. « Ozone Air Pollution and Ischaemic Stroke Occurrence : A Case-Crossover Study in Nice, France ». *BMJ Open* 3, no 12 (1 décembre 2013). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004060>.

## **Serment d'Hippocrate :**

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me le demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

## Annexe 1 : Déclaration de conformité CNIL :



Référence CNIL :

2219814 v 0

### Déclaration de conformité

au référentiel de méthodologie de référence MR-003

reçue le 26 octobre 2020

Monsieur Xavier DALIGAUD

9 IMPASSE MARCEL CLAVE  
40000 MONT-DE-MARSAN

#### ORGANISME DÉCLARANT

**Nom :** Monsieur DALIGAUD Xavier

**Service :**

**Adresse :** 9 IMPASSE MARCEL CLAVE

**CP :** 40000

**Ville :** MONT-DE-MARSAN

**N° SIREN/SIRET :**

**Code NAF ou APE :**

**Tél. :** 0671627408

**Fax. :**

Par la présente déclaration, le déclarant atteste de la conformité de son/ses traitement(s) de données à caractère personnel au référentiel mentionné ci-dessus.

La CNIL peut à tout moment vérifier, par courrier ou par la voie d'un contrôle sur place ou en ligne, la conformité de ce(s) traitement(s).

Fait à Paris, le 27 octobre 2020

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

3 Place de Fontenoy, TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07 - 01 53 73 22 22 - [www.cnil.fr](http://www.cnil.fr)

*Les données personnelles nécessaires à l'accomplissement des missions de la CNIL sont conservées et traitées dans des fichiers destinés à son usage exclusif. Les personnes concernées peuvent exercer leurs droits Informatique et Libertés en s'adressant au délégué à la protection des données de la CNIL via un formulaire en ligne ou par courrier postal.*

*Pour en savoir plus : <https://www.cnil.fr/donnees-personnelles>*

## Annexe 2 : Exemple de recueil horaire des paramètres météorologiques :

Heure locale		Température	Temps	Pluie	Vent	Humidité	Bio-météo	Pt. de rosée	Pression
00h	+	13.9 °C 13.8 → 14.2	☁	0.2 mm/1h	18 km/h raf. 34.6	94%		12.9 °C	1014.5hPa ↗
23h	+	13.8 °C 13.4 → 13.8	●	0 mm/1h	18 km/h raf. 35.3	93%		12.7 °C	1014.0hPa ↗
22h	+	13.5 °C 13.2 → 13.5	●	0 mm/1h	18 km/h raf. 29.9	96%		12.9 °C	1013.8hPa ↗
21h	+	13.2 °C 13.1 → 13.2	●	0 mm/1h	18 km/h raf. 31.3	95%		12.4 °C	1013.5hPa ↗
20h	+	13.2 °C 13.1 → 13.2	●	0.2 mm/1h	22 km/h raf. 33.8	96%		12.6 °C	1013.3hPa ↗
19h	+	13.2 °C 13.2 → 13.6	☁	1 mm/1h	20 km/h raf. 29.2	96%		12.6 °C	1012.9hPa ↗
18h	☀	13.6 °C 13.6 → 15.1	●	0.4 mm/1h	20 km/h raf. 37.4	89%	8	11.8 °C	1012.8hPa ↗
17h	+	15.1 °C 14.6 → 15.7	●	0 mm/1h	25 km/h raf. 46.8	74%	64	10.5 °C	1012.6hPa ↘
16h	+	15.7 °C 14.8 → 15.8	●	0 mm/1h	18 km/h raf. 33.5	76%	250	11.5 °C	1012.3hPa ↘
15h	+	14.7 °C 13.8 → 14.7	●	0 mm/1h	18 km/h raf. 29.2	83%	200	11.8 °C	1012.3hPa ↘
14h	+	13.8 °C 13.7 → 14.6	●	0.4 mm/1h	18 km/h raf. 42.8	92%	203	12.5 °C	1012.8hPa ↘
13h	+	14.7 °C 14 → 14.8	●	0.8 mm/1h	22 km/h raf. 39.6	89%	228	12.9 °C	1013.2hPa ↘
12h	+	14.4 °C 13.5 → 14.8	☁	0.2 mm/1h	25 km/h raf. 36.7	91%	208	12.9 °C	1013.7hPa ↘
11h	+	13.5 °C 12.9 → 13.5	●	0.8 mm/1h	14 km/h raf. 24.1	96%	117	12.9 °C	1013.8hPa ↗
10h	+	12.6 °C 12 → 12.6	☁	0.8 mm/1h	11 km/h raf. 19.1	97%	83	12.1 °C	1014.2hPa ↗
09h	+	11.9 °C 11 → 11.9	☁	0.6 mm/1h	11 km/h raf. 27.4	96%	42	11.3 °C	1014.1hPa ↗
08h	☀	11.0 °C 10.7 → 11	☁	0 mm/1h	14 km/h raf. 21.2	97%		10.5 °C	1013.7hPa ↗
07h	+	10.7 °C 10.3 → 10.7	●	0 mm/1h	11 km/h raf. 18.4	95%		9.9 °C	1013.6hPa ↘
06h	+	10.3 °C 10 → 10.3	●	0 mm/1h	14 km/h raf. 20.2	96%		9.7 °C	1013.6hPa ↘
05h	+	10.1 °C 9.7 → 10.1	●	0.2 mm/1h	11 km/h raf. 18.7	95%		9.3 °C	1013.6hPa ↘
04h	+	9.7 °C 9.6 → 9.8	●	0 mm/1h	14 km/h raf. 18.4	96%	7.5	9.1 °C	1013.9hPa ↘
03h	+	9.8 °C 9.3 → 9.8	●	0 mm/1h	14 km/h raf. 19.4	96%	7.6	9.2 °C	1014.4hPa ↘
02h	+	9.4 °C 9.4 → 10.3	●	0.2 mm/1h	7 km/h raf. 11.2	95%	8.4	8.6 °C	1014.8hPa ↘
01h	+	10.3 °C 9.8 → 10.3	●	0.4 mm/1h	4 km/h raf. 22	94%		9.4 °C	1014.9hPa ↗

Recueil horaire des paramètres climatiques sur la journée du 27/10/2020 par la station de météorologie de Mérignac. Données disponibles au grand public sur le site internet.

Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/archives/27/octobre/2020/bordeaux-merignac/07510.html>