

## **Prévision du paramètre climatologique terrestre en fonction des paramètres climatologiques marins au Nord de Madagascar**

**Mamy Heriniaina RAKOTOARINORO\***, Niry RAKOTOVAO et Adolphe RATIARISON

*Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Laboratoire de Dynamique de l'Atmosphère, du Climat et des Océans (DyACO), BP 566 Antananarivo 101, Madagascar*

---

\* Correspondance, courriel : [rakmamyhery@gmail.com](mailto:rakmamyhery@gmail.com)

### **Résumé**

L'objectif de cette étude est de prédire les paramètres climatologiques terrestres en fonction des paramètres climatologiques marins, qui s'avère être la suite logique de notre recherche portant sur l'intercorrélation entre les paramètres climatologiques terrestres et marins, dont la zone d'étude est située au nord de Madagascar. Nous avons fait dans un premier temps l'analyse de l'intercorrélation partielle des paramètres, puis procédé par la sélection et la modélisation des variables pertinentes. Nous nous sommes basés sur une série temporelle journalière prise pendant 37ans allant de 1979 à 2016 faisant intervenir les paramètres : SST, pression, vent, humidité, température et précipitation. Par ailleurs, nous avons également utilisé les résultats de la recherche suscitée sur la fonction d'intercorrélation des paramètres terrestres et marins dans le cadre de notre prévision, qui confirment que les variables marins ont influencé les variables terrestres. Les résultats montrent que chaque paramètre terrestre peut être modélisé en fonction des paramètres marins de la zone d'étude formulant ainsi une prévision fiable. C'est justement pour cela que cet article se voit comme une connaissance incontournable et pourrait également servir de base pour d'éventuelles recherches de la communauté scientifique.

**Mots-clés :** *intercorrélation, vent, SST, température, humidité, pression et précipitation.*

### **Abstract**

**Prediction of the terrestrial climatological parameter according to marine climatological parameters in northern Madagascar**

The objective of this study is to predict terrestrial climatological parameters according to marine climatological parameters, which is the logical continuation of our research on the intercorrelation between terrestrial and marine climatological parameters, whose study area is located in northern Madagascar. We first analyzed the partial intercorrelation and then proceeded to select and model the relevant variables. We based ourselves on a daily time series taken over 37 years from 1979 to 2016 using the parameters : SST, pressure, wind, humidity, temperature and precipitation. In addition, we also used the results of the research on the intercorrelation function of terrestrial and marine parameters as part of our forecast, which confirms that marine variables have influenced terrestrial variables. The results show that each terrestrial parameter can be modelled according to the marine parameters of the study area, thus providing a reliable forecast. This is precisely why this article is seen as an essential knowledge and could also serve as a basis for possible future research conducted by the scientific community.

**Keywords :** *inter-correlation, SST, temperature, wind, humidity, pressure and rainfall.*

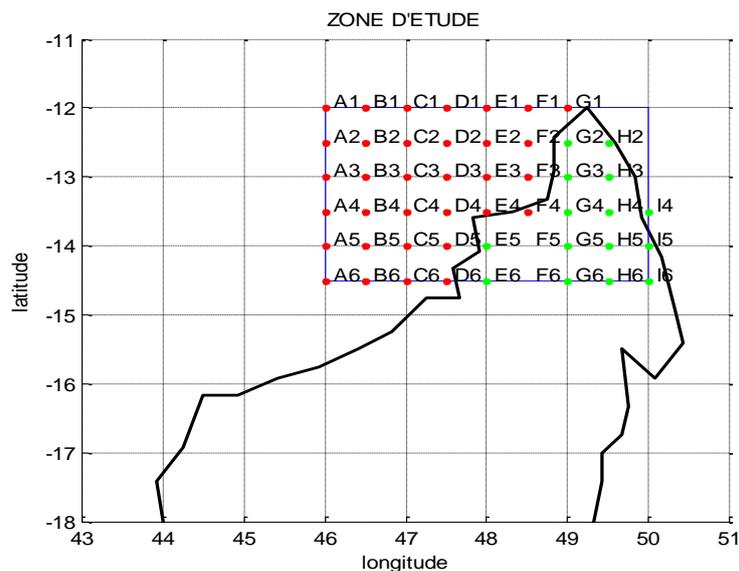
## 1. Introduction

La répercussion immédiate et durable sur le milieu naturel et ainsi sur l'homme, diverses idées sur le changement et la variabilité climatique se sont fait sentir depuis quelques temps et préoccupent d'autant plus les scientifiques et les décideurs politiques dans le monde [1]. Tout en sachant que l'une des composantes majeures du climat est le cycle de l'eau, d'où un changement au niveau du climat implique des changements sur les régimes pluviométriques [2, 3]. Les changements climatologiques sont les modifications des régimes météorologiques moyens sur le long terme, notamment le changement de température, précipitations, vent, pression atmosphérique, etc. [4]. Cet article est la continuation d'un travail de recherche sur l'intercorrélation entre les paramètres climatologiques terrestres et marins au nord de Madagascar, qui affirme que les paramètres climatologiques marins ont une grande influence sur les paramètres climatologiques terrestres dans notre zone d'études. Comment pourrait-on de ce fait modéliser chaque paramètre climatologique terrestre en fonction des paramètres marins dans le seul but d'établir des prévisions fiables des paramètres climatologiques terrestres ? Pour cerner notre problématique, nous allons par la suite analyser l'intercorrélation partielle entre le paramètre marin et le paramètre terrestre, puis sélectionner les variables, faire des modélisations et enfin émettre des prévisions. Il est à noter qu'au nord de l'île, il n'y a pas encore eu une étude similaire alors que cette Région présente une potentialité considérable non seulement concernant les produits d'exportation mais surtout le tourisme grâce à la beauté de son écosystème [5]. Ce qui suscite l'intérêt de prévoir les paramètres climatologiques dans cette zone.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Présentation de la zone d'étude

La pointe nord de Madagascar est semblable à une île vue qu'elle est entourée de deux océans, à sa gauche autre le Canal de Mozambique et à sa droite l'Océan Indien. Nous octroyons plus d'intérêt pour la suite de notre travail pour la partie gauche c'est-à-dire la partie longeant le Canal de Mozambique. Notre zone d'étude est localisée entre 12°S et 14.5°S de latitude, et entre 46°E et 50°E de longitude. Dans la **Figure 1** ci-dessous, nous avons représenté les zones maritimes et terrestres en deux couleurs différentes, à savoir les points en rouge pour la zone maritime et ceux en vert pour la zone terrestre.



**Figure 1 : Représentation de la zone d'étude**

## 2-2. Données et matériel

Au même titre qu'une étude statistique, il s'agit ici de données de séries temporelles. Les données climatologiques utilisées sont les données de réanalyse issues du site ECMWF [3] (European Climatic Medium Range Weather Forecast) sur « www.ecmwf.int » avec l'extension netcdf ou « .nc ». On prendra comme résolution spatiale un pas de  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  pour toutes les variables climatologiques : SST, Vent à 700 hPa, Vent à 850 hPa, Humidité à 700 hPa, Humidité à 850 hPa, précipitation, pression, et température. Tel que :

- SST en K ;
- Vent à 700 hPa en  $m*s^{-1}$  ;
- Vent à 850 hPa en  $m*s^{-1}$  ;
- Humidité à 700 hPa en  $m*s^{-1}$  ;
- Humidité à 850 hPa en  $m*s^{-1}$  ;
- Précipitation en  $kgm^{-2}$  ;
- Pression en Pascal (1000 hPa);
- et Température en  $^\circ K$ .

A noter que les séries temporelles prises sont des séries journalières durant la période 1979 à 2016.

## 2-3. Méthodes et outils de calcul

### 2-3-1. Méthodes

Nous avons fait appel à diverses méthodes. Premièrement, nous avons opté pour l'analyse d'intercorrélation partielle, qui nous permet de déterminer de manière plus précise les paramètres qui peuvent se combiner. Ensuite, nous avons fait la présélection des paramètres, qui nous permet de cerner l'influence des paramètres marins aux paramètres terrestres. Puis, nous avons essayé de modéliser l'intercorrélation des paramètres climatologiques, non seulement dans le but d'étudier les paramètres mais aussi et surtout d'aboutir aux projections plus ou moins réalistes de chaque paramètre terrestre dans le futur.

### 2-3-2. Outils de calcul [4, 5]

Pour ce travail de recherche, nous avons considéré les outils de calcul suivants :

- Formulation du modèle linéaire :

$$\gamma_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_{i1} + \alpha_2 X_{i2} + \dots + \alpha_{1n} X_{in} + \varepsilon_i \quad (1)$$

avec,  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  des coefficients inconnus du modèle

- Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) défini comme le carré du coefficient de corrélation de x et y est une mesure de la qualité de l'ajustement, égale au rapport de la variance expliquée sur la variance à expliquer :

$$R^2 = r^2(X, Y) = \frac{\text{var}(\hat{\gamma})}{\text{var}(\gamma)} \quad (2)$$

avec,  $1 \geq R^2 \geq 0$

- Test MAPE

$$P = \frac{1}{N} \left( \frac{\sum \chi}{\sum X} \right) * 100 \quad (3)$$

**Tableau 1 : Test MAPE**

| Valeur MAPE            | Qualité de la prévision |
|------------------------|-------------------------|
| $MAPE < 10 \%$         | Excellent               |
| $10 \% < MAPE < 20 \%$ | Bon                     |
| $20 \% < MAPE < 30 \%$ | Moyen                   |
| $30 \% < MAPE$         | Mauvais                 |

### 3. Résultats et discussion

Cette analyse des résultats que nous allons mener va aboutir à la prévision des variables terrestres en fonction des variables marins.

#### 3-1. Analyse de l'intercorrélation partielle

Cette analyse nous permet de cerner la corrélation entre les paramètres climatologiques terrestres et marins. Grâce à cette étape, nous pouvons sélectionner et déterminer quels paramètres doivent se combiner pour la suite de notre travail de recherche. Nous allons considérer les paramètres pour la suite de notre étude :

- Précipitation terrestre :  $P_{t_i}$
- Pression terrestre :  $P_{t_i}$
- Température :  $T_{t_i}$
- Vent à 700 hPa :  $V700_{t_i}$
- Vent à 850 hPa :  $V850_{t_i}$
- Humidité à 700 hPa :  $H700_{t_i}$
- Humidité à 850 hPa :  $H850_{t_i}$

**Tableau 2 : Matrice de corrélation de Pearson**

| Variables<br>terrestres<br>Variables<br>marins | Précipitation | Pression | Température | Vent à<br>700<br>hPa | Vent à<br>850<br>hPa | Humidité<br>à 700<br>hPa | Humidité<br>à 850<br>hPa |
|--|---------------|----------|-------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Précipitation                                  | 0,986         | -0,941   | 0,832       | 0,110                | -0,114               | 0,041                    | 0,025                    |
| Pression                                       | -0,928        | 0,999    | -0,838      | -0,052               | 0,164                | -0,062                   | -0,048                   |
| SST  | 0,860         | -0,870   | 0,849       | 0,111                | -0,089               | 0,026                    | 0,041                    |
| Vent à 700 hPa                                 | 0,178         | -0,081   | 0,017       | 0,875                | 0,778                | -0,120                   | -0,092                   |
| Vent à 850 hPa                                 | -0,076        | 0,167    | -0,219      | 0,791                | 0,871                | -0,105                   | -0,070                   |
| Humidité à 700 hPa                             | 0,053         | -0,079   | 0,039       | -0,084               | -0,052               | 0,840                    | 0,416                    |
| Humidité à 850 hPa                             | 0,086         | -0,083   | 0,053       | -0,067               | -0,023               | 0,509                    | 0,825                    |

Le coefficient de corrélation selon le test de Pearson est alors présenté dans le **Tableau 2**. Rappelons que la corrélation existe lorsque la valeur absolue du coefficient est supérieure à 0.1 ( $|\beta| > 0.1$ ). On a alors trié les coefficients supérieurs à 0.1 et on les a mis en gras dans le **Tableau 2**.

**3-2. Présélection des variables**

Nous avons présélectionné sept (07) paramètres marins que nous considérons susceptibles d'influencer chaque paramètre terrestre. Nous allons voir respectivement par la suite les tests de corrélations correspondants. Pour la lecture des résultats du tableau, seuls les chiffres en gras seront retenus.

**3-2-1. Test de corrélation entre le paramètre pression terrestre et les variables présélectionnées**

**Tableau 3 : Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et la pression (prédicant)**

|   | $P_m$    | $P_{c_m}$    | $T_m$    | $V700_m$ | $V850_m$     | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|----------|--------------|----------|----------|--------------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | -0,938   | <b>0,999</b> | -0,857   | -0,105   | <b>0,156</b> | -0,080   | -0,078   |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | < 0,0001 | < 0,0001     | < 0,0001 | 0,025    | <b>0,001</b> | 0,089    | 0,095    |

A l'issue de ce **Tableau**, il nous reste cinq variables :  $P_m$ ;  $P_{c_m}$ ;  $T_m$ ;  $V700_m$ ;  $V850_m$ .

**3-2-2. Test de corrélation entre la variable précipitation terrestre et les variables présélectionnées**

**Tableau 4 : Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et la précipitation (prédicant)**

|   | $P_m$        | $P_{c_m}$ | $T_m$        | $V700_m$ | $V850_m$ | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|--------------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | <b>0,982</b> | -0,929    | <b>0,872</b> | 0,181    | -0,088   | 0,065    | 0,092    |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | < 0,0001     | < 0,0001  | < 0,0001     | 0,000    | 0,060    | 0,164    | 0,051    |

A l'issue de ce tableau, il nous reste quatre variables :  $P_m$ ;  $P_{c_m}$ ;  $T_m$ ;  $V700_m$ .

**3-2-3. Test de corrélation entre la variable température terrestre et les variables présélectionnées**

**Tableau 5 : Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et la température (prédicant)**

|   | $P_m$        | $P_{c_m}$ | $T_m$        | $V700_m$ | $V850_m$ | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|--------------|-----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | <b>0,811</b> | -0,788    | <b>0,809</b> | 0,054    | -0,172   | 0,000    | 0,039    |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | < 0,0001     | < 0,0001  | < 0,0001     | 0,250    | 0,000    | 0,996    | 0,405    |

A l'issue de ce **Tableau**, il nous reste quatre variables :  $P_m$ ;  $P_{c_m}$ ;  $T_m$ ;  $V850_m$ .

### 3-2-4. Test de corrélation entre la variable vent à 700 hPa terrestre et les variables présélectionnées

**Tableau 6 :** Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et le vent à 700hPa (prédicant)

|   | $P_m$ | $P_{c_m}$ | $T_m$ | $V700_m$ | $V850_m$ | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|-------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | 0,127 | -0,082    | 0,163 | 0,865    | 0,767    | -0,066   | -0,053   |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | 0,006 | 0,081     | 0,000 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,160    | 0,261    |

A l'issue de ce **Tableau**, il nous reste quatre variables :  $P_m$  ;  $T_m$  ;  $V700_m$  ;  $V850_m$ .

### 3-2-5. Test de corrélation entre la variable vent à 850 hPa terrestre et les variables présélectionnées

**Tableau 7 :** Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et le vent à 850 hPa (prédicant)

|   | $P_m$  | $P_{c_m}$ | $SST$  | $V700_m$ | $V850_m$ | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|--------|-----------|--------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | -0,095 | 0,137     | -0,039 | 0,765    | 0,862    | -0,032   | -0,010   |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | 0,043  | 0,003     | 0,412  | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,498    | 0,838    |

A l'issue de ce **Tableau**, il nous reste quatre variables :  $P_m$  ;  $P_{c_m}$  ;  $V700_m$  ;  $V850_m$ .

### 3-2-6. Test de corrélation entre la variable humidité à 700 hPa terrestre et les variables présélectionnées

**Tableau 8 :** Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et l'humidité à 700 hPa (prédicant)

|   | $P_m$ | $P_{c_m}$ | $SST$ | $V700_m$ | $V850_m$ | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|-------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | 0,052 | -0,066    | 0,011 | -0,111   | -0,093   | 0,818    | 0,502    |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | 0,272 | 0,162     | 0,808 | 0,018    | 0,047    | < 0,0001 | < 0,0001 |

A l'issue de ce **Tableau**, il nous reste quatre variables :  $V700_m$  ;  $V850_m$  ;  $H700_m$  ;  $H850_m$ .

**3-2-7. Test de corrélation entre la variable humidité à 850hPa terrestre et les variables présélectionnées**

**Tableau 9 :** Coefficients de corrélation partielle entre les variables explicatives et l'humidité à 850 hPa (prédicant)

|   | $P_m$ | $P_{c_m}$ | $SST$ | $V700_m$ | $V850_m$ | $H700_m$ | $H850_m$ |
|---|-------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Coefficient de Corrélation partielle</b> | 0,042 | -0,061    | 0,065 | -0,087   | -0,061   | 0,419    | 0,826    |
| <b>P-Value (de non significativité)</b>     | 0,368 | 0,194     | 0,168 | 0,065    | 0,195    | < 0,0001 | < 0,0001 |

A l'issue de ce **Tableau**, il nous reste deux variables :  $H700_m$ ;  $H850_m$ .

**3-3. Variables présélectionnées pour chaque paramètre terrestre**

Suite aux tests de corrélation entre les variables, on peut déduire que les variables présélectionnées pour la prédiction du paramètre terrestre sont :

- Précipitation terrestre :  $P_{c_t}$  en fonction de  $P_m$  ;  $P_{c_m}$  ;  $T_m$  ;  $V700_m$ .
- Pression terrestre :  $P_t$  en fonction de  $P_m$  ;  $P_{c_m}$  ;  $T_m$  ;  $V700_m$  ;  $V850_m$ .
- Température :  $T_t$  en fonction de  $P_m$  ;  $P_{c_m}$  ;  $T_m$  ;  $V850_m$ .
- Vent à 700 hPa :  $V700_t$  en fonction de  $P_{c_m}$  ;  $T_m$  ;  $V700_m$  ;  $V850_m$ .
- Vent à 850 hPa  $V850_t$  en fonction de  $P_m$  ;  $P_{c_m}$  ;  $V700_m$  ;  $V850_m$ ;
- Humidité à 700 hPa :  $H700_t$  en fonction de  $V700_m$  ;  $V850_m$  ;  $H700_m$  ;  $H850_m$ ;
- Humidité à 850 hPa :  $H850_t$  en fonction de  $H700_m$  ;  $H850_m$ .

**3-4. Modélisation**

Cette partie nous montre le modèle de chaque paramètre terrestre en fonction des paramètres marins présélectionnés. Ainsi, nous allons déterminer le coefficient de détermination ( $R^2$ ) pour chaque modèle afin de savoir la qualité de la régression linéaire de notre modèle. En plus, on va tester chaque modèle par le biais du test MAPE.

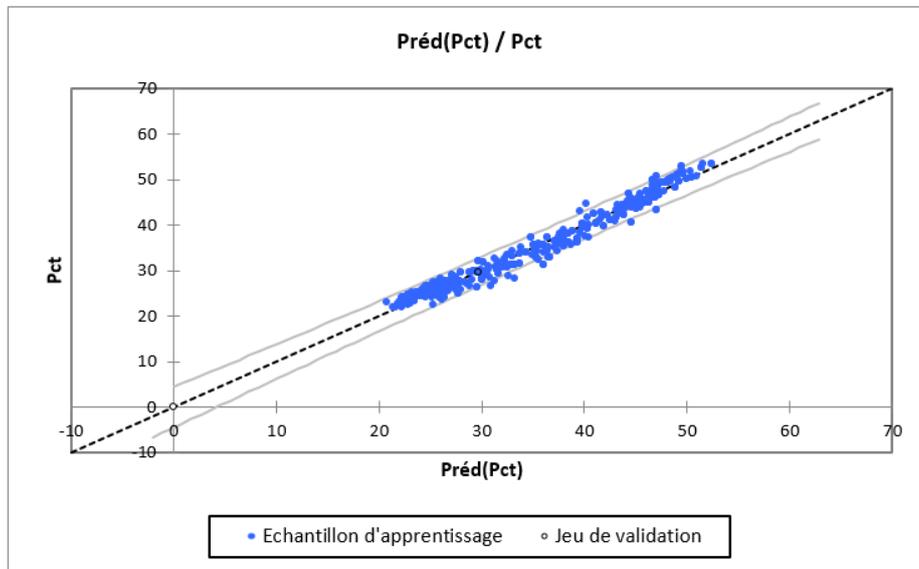
**3-4-1. Modèle du paramètre Précipitation terrestre**

3-4-1-1. Équation

$P_{c_t}$  en fonction de  $P_m$ ,  $P_{c_m}$ ,  $T_m$ ,  $V700_m$ . Soit **l'Équation** :

$$P_{c_t} = 0.91 P_{c_m} + 0.002 P_m + 0.38 T_m + 0.14 V700_m - 213.24 \tag{4}$$

avec, :  $R^2 = 0.97$



**Figure 2 : Représentation du modèle Précipitation terrestre**

### 3-4-1-2. Test du modèle

**Tableau 10 : Test MAPE du paramètre précipitation terrestre**

|        | Somme des variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)    |
|--------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Valeur | 15975,841           | 0,000                                 | 454                   | 1,42637E-14 |

Le **Tableau 10** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

### 3-4-2. Modèle du paramètre pression terrestre

#### 3-4-2-1. Équation

$P_i$  en fonction de  $P_m$ ;  $P_{c_m}$ ;  $T_m$ ;  $V700_m$ ;  $V850_m$ . Soit **l'Équation** :

$$P_i = -0.3 P_{c_m} + 0.96 P_m + 8.56 T_m + 0.57 V700_m - 1.22 V850_m - 173.59 \quad (5)$$

avec,  $R^2 = 0.99$

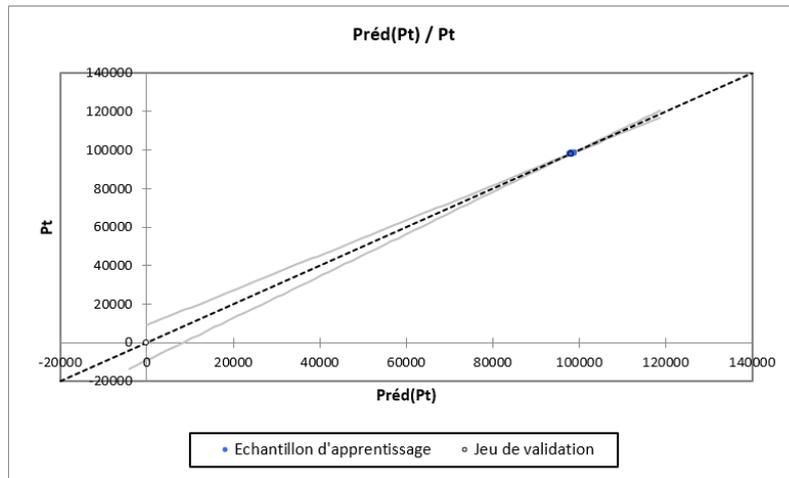


Figure 3 : Représentation du modèle de Pression atmosphérique terrestre

3-4-2-2. Test du modèle

Tableau 11 : Test MAPE du paramètre Pression terrestre

|        | Somme des variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)    |
|--------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Valeur | 44758312,687        | 0,000                                 | 454                   | 2,87167E-16 |

Le **Tableau 11** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

3-4-3. Modèle du paramètre Température terrestre

3-4-3-1. Équation

$T_i$  en fonction de  $P_m$  ;  $P_{c_m}$  ;  $T_m$  ;  $V850_m$ . Soit l'Équation :

$$T_m = -0.03 P_{c_m} - 0.0007 P_m + 0.48 T_m - 0.09 V850_m + 89.7 \tag{6}$$

avec,  $R^2 = 0.77$

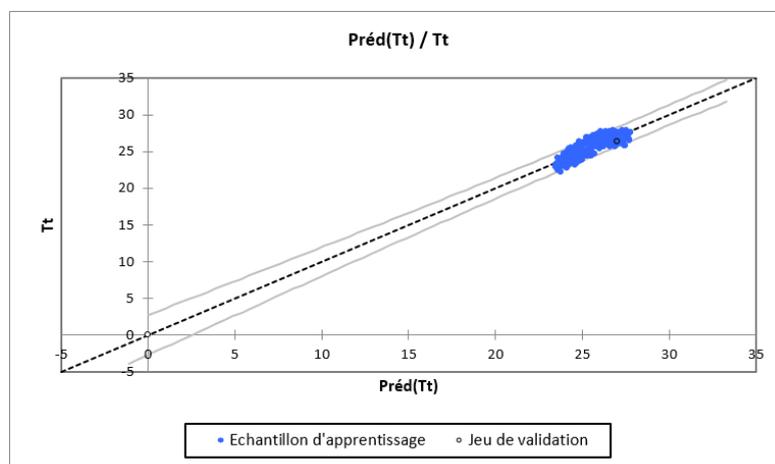


Figure 4 : Représentation du modèle Température terrestre

## 3-4-3-2. Test du modèle

**Tableau 12 : Test MAPE du paramètre Température terrestre**

|        | Somme des variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)   |
|--------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------|
| Valeur | 11740,916           | 0,000                                 | 454                   | 7,2009E-16 |

Le **Tableau 12** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

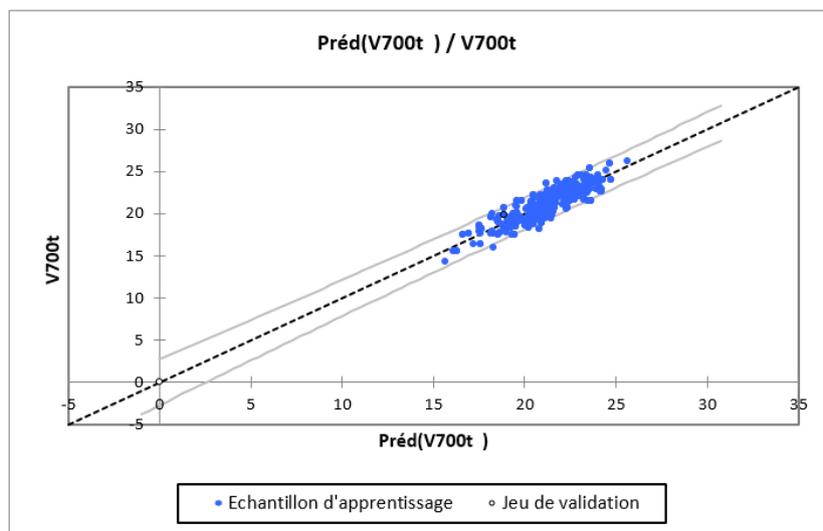
**3-4-4. Modèle du paramètre Vent à 700 hPa terrestre**

## 3-4-4-1. Équation

V700t en fonction de  $P_{c_m}$ ;  $T_m$ ;  $V700_m$ ;  $V850_m$ . Soit **l'Équation** :

$$V700t = -0.02 P_{c_m} + 0.24 T_m - 0.74 V700_m + 0.12 V850_m - 2.24 \quad (7)$$

avec,  $R^2 = 0.78$

**Figure 5 : Représentation du modèle Vent à 700 hPa terrestre**

## 3-4-4-2. Test du modèle

**Tableau 13 : Test MAPE du paramètre Vent à 700 hPa terrestre**

|        | Somme des variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)    |
|--------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Valeur | 9662,997            | 0,000                                 | 454                   | 3,38103E-16 |

Le **Tableau 13** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

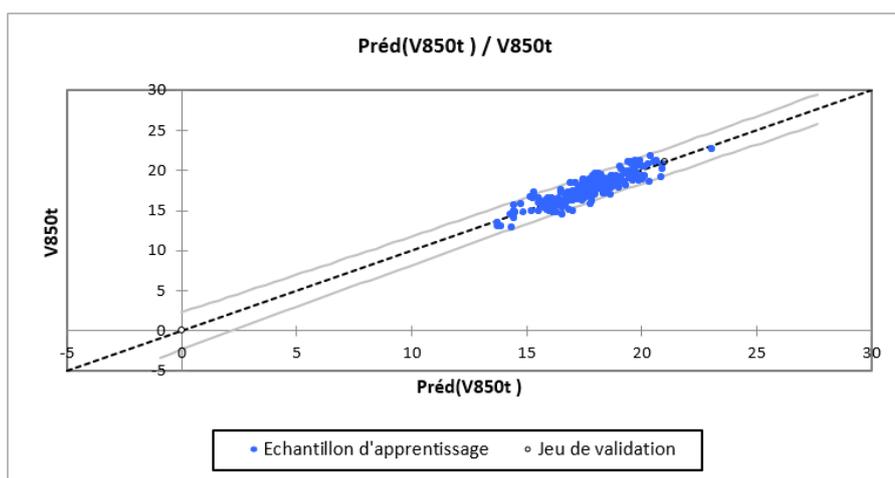
**3-4-5. Modèle du paramètre Vent à 850 hPa terrestre**

3-4-5-1. Équation

V850<sub>t</sub> en fonction de P<sub>m</sub> ; P<sub>c<sub>m</sub></sub> ; V700<sub>m</sub> ; V850<sub>m</sub>. Soit **l'Équation** :

$$V850_t = -0.007 P_{c_m} - 0.0004 P_m - 0.05 V700_m + 0.94 V850_m + 44.66 \tag{8}$$

avec,  $R^2 = 0.76$



**Figure 6 : Représentation du modèle Vent à 850 hPa terrestre**

3-4-5-2. Test du modèle

**Tableau 14 : Test MAPE du paramètre Vent à 850 hPa terrestre**

|        | Somme de variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)    |
|--------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Valeur | 8082,540           | 0,000                                 | 454                   | 3,19839E-16 |

Le **Tableau 14** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

**3-4-6. Modèle du paramètre Humidité à 700 hPa terrestre**

3-4-6-1. Équation

H700<sub>t</sub> en fonction de V700<sub>m</sub> ; V850<sub>m</sub> ; H700<sub>m</sub> ; H850<sub>m</sub>. Soit **l'Équation** :

$$H700_t = -0.00005 V700_m + 0.00003 V850_m - 0.83 H700_m + 0.09 H850_m - 0.0002 \tag{9}$$

avec,  $R^2 = 0.72$

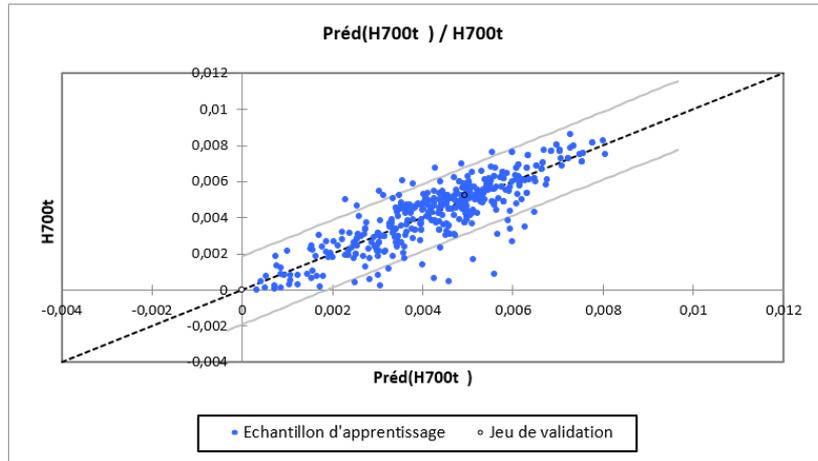


Figure 7 : Représentation du modèle Humidité à 700 hPa terrestre

3-4-6-2. Test du modèle

Tableau 15 : Test MAPE du paramètre Humidité à 700 hPa terrestre

|        | Somme de variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)     |
|--------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------|
| Valeur | 2,021              | 0,000                                 | 454                   | -4,30207E-18 |

Le **Tableau 15** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

3-4-7. Modèle du paramètre Humidité à 850 hPa terrestre

3-4-7-1. Équation

H850<sub>t</sub> en fonction de H700<sub>m</sub> ; H850<sub>m</sub>. Soit l'Équation :

$$H850_t = - 0.03 H700_m + 0.82 H850_m + 0.002 \tag{10}$$

avec,  $R^2 = 0.69$

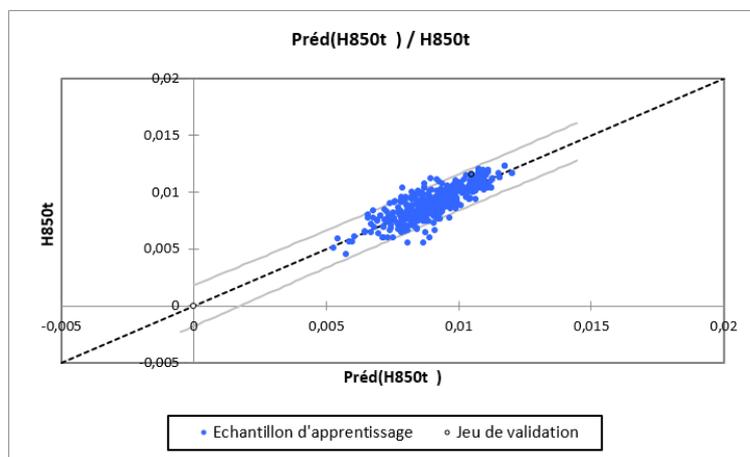


Figure 8 : Représentation du modèle Humidité à 850 hPa terrestre

3-4-7-2. Test du modèle

**Tableau 16 :** *Test MAPE du paramètre Humidité à 850 hPa terrestre*

|        | Somme de variables | Somme de valeurs absolues des résidus | Nombre d'observateurs | MAPE (%)    |
|--------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Valeur | 4,201              | 0,000                                 | 454                   | 4,01558E-17 |

Le **Tableau 16** nous révèle que la proportion du MAPE est inférieure à 10 %. Ce qui revient à dire que notre modèle est excellent et que notre prévision est fiable.

**4. Conclusion**

Suite à nos travaux de recherche, nous pouvons conclure que :

- L'analyse d'intercorrélations partielles permet de déterminer les paramètres climatologiques marins qui peuvent se combiner avec chaque paramètre climatologique terrestre. Il était démontré que chaque paramètre climatologique terrestre présente une combinaison possible avec trois ou quatre paramètres marins, sauf le paramètre terrestre Humidité à 850 hPa qui ne peut se combiner qu'avec deux paramètres seulement ;
- La présélection des variables, en l'occurrence les tests de corrélation nous confirment les variables marines susceptibles d'influencer chaque paramètre terrestre. Et nous pouvons affirmer d'après ces tests que ces variables sont les mêmes que celles du résultat de l'intercorrélations partielles ;
- Chaque paramètre terrestre peut s'écrire en fonction du paramètre marin. Et d'après le test MAPE, chaque modèle reçoit un pourcentage acceptable.

Ce qui revient à dire que grâce à ce modèle, les paramètres terrestres au nord de Madagascar peuvent être prédits à partir des paramètres marins.

**Références**

[1] - C. DIOP, « Rapport spécial IPCC sur la gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique », (2010) 20 p.

[2] - BERTRAND DOUKPOLO, Procédure de traitement des données d'observation, de simulation et de projection du climat, 16 juillet 2012 au 15 janvier 2013, (Doukpolo\_rapport\_final.pdf)

[3] - EMMANUEL PLANET, L'effet de serre et ses conséquences, (janvier 2009)

[4] - JEAN-MARC JANCOVICI et HERVE LE TREUT, l'effet de serre, allons-nous changer le climat aux éditions « Champs, sciences » Jacques Ravet, 1952, Notices sur la climatologie de Madagascar et des Comores

[5] - Présentation de la province autonome d'Antsiranana, [http://www.madawel.com/betafo/pnae/pe2/pe2\\_realisation\\_antsiranana.pdf](http://www.madawel.com/betafo/pnae/pe2/pe2_realisation_antsiranana.pdf) consulté le 12/11/17

[6] - LUDOVIC LEBART, ALAIN MORINEAU, MARIE PIRON, *Statistique exploratoire multidimensionnelle* — DUNOD Paris, (1995), [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-10/010007837.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/010007837.pdf)

[7] - PIERRE-LOUIS GONZALEZ, « Régression multiple », [http://maths.cnam.fr/IMG/pdf/Regression\\_multiple\\_annexes18-02-2007.pdf](http://maths.cnam.fr/IMG/pdf/Regression_multiple_annexes18-02-2007.pdf)

- [8] - RICCO RAKOTOMALALA, « Pratique de la Régression Linéaire Multiple. Diagnostic et sélection de variable »s. Version 2.1 - Université Lumière Lyon 2, (22-May-2015), [https://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/La\\_regression\\_dans\\_la\\_pratique.pdf](https://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/La_regression_dans_la_pratique.pdf)
- [9] - DUBY, S. ROBIN, « Analyse en Composante Principale », Institut National Agronomique Paris – Grignon, (2006)
- [10] - NIRY ARINAVALONA RAKOTOVAO, Influence de la variabilité intra saisonnière de la convection dans le canal de Mozambique, des phénomènes ENSO et MJO sur la pluviométrie de la côte Ouest de Madagascar, (15 décembre 2014)
- [11] - RANDRIANANTENAINA JEAN EUGENES, « Analyse et modélisation de la sécheresse météorologique au Sud de Madagascar : Approche par le processus ARIMA et l'analyse spectrale », (15 Mai 2015)
- [12] - VELONJARA ALAIN PATRICK ANDRIAMAHEFA, Analyse de la variabilité climatique saisonnière sur la côte Ouest de Madagascar