

PARTIE II : LES PRECIPITATIONS : PARAMETRE DE LA VARIABILITE DES PRECIPITATIONS

Chapitre 3: La variabilité pluviométrique temporelle

3.1. Méthode d’analyse de la variation climatique

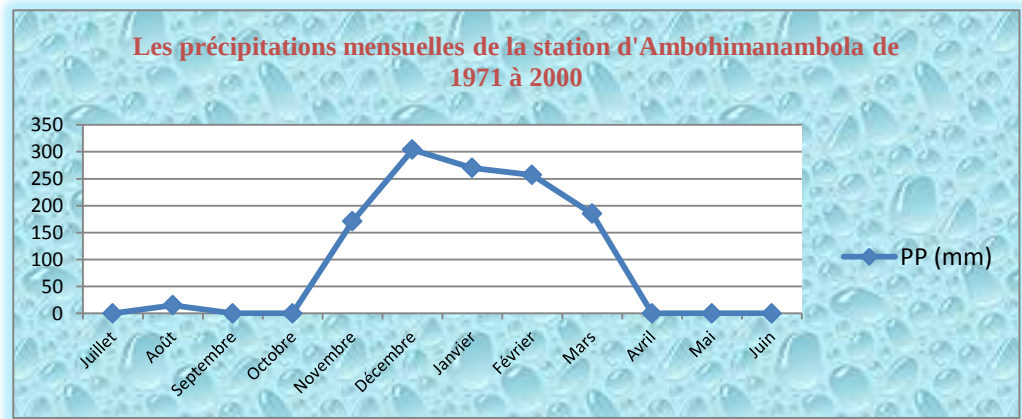
3.1.1. Les données et outils

Pour analyser la variation pluviométrique, l’étude consiste à faire des enquêtes auprès du service météorologique. La météorologie est l’étude des phénomènes atmosphériques permettant de prévoir le temps à court terme (généralement quelques jours). Si la météo se soucie du temps qu’il fait ou qu’il fera en un lieu et à un moment précis, la climatologie étudie la distribution de ces mêmes conditions atmosphériques, mais pour une région donnée et sur une longue période. La détermination du climat est effectuée à l’aide de moyennes annuelles et mensuelles sur 30ans ou 20 ans au minimum (Les données pluviométriques et les données thermiques). Pour les données manquantes (1973 à 2000), on va aborder quelques prévisions pluviométriques (cf tableau n°1).

Tableau 1 : Les données pluviométriques sur la station d’Ambohimambola.

1971 à 2000		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	TOTAL
Antananarivo	PP (mm)	11.1	15	9.5	66.6	171	304	270	257	185	50.5	20.1	7.2	1365
	Nbr de jrs	2	3	2	6	11	16	14	14	12	5	2	2	89
Ivato	PP	10.8	10.4	10.6	75.8	188	309.9	273	278.9	203.5	64.5	22.5	7.7	1455.3
	Nbr de jrs	2	1	1	6	12	17	15	15	12	5	2	2	90

Source : DGM



Source : DGM

Graphique 1 : Evolution pluviométrique mensuelle sur la station d’Ambohimambola de 1971 à 2000.

Le graphique n°1 et le tableau n°1 montrent la quantité des pluies reçues entre 1971 à 2000 c’est-à-dire pendant 30ans. On constate que les mois humides ont lieu du mois de Novembre au mois de Mars (plus de 100mm). Les mois secs sont les mois d’Avril jusqu’à Octobre (moins de

50mm). Donc, il y a 5 mois humides et 7 mois secs ceux qui expliquent l'allongement de la saison sèche.

3.1.2. Choix des variables météorologiques

Il est important de déterminer les facteurs explicatifs (température, précipitations, vent, pression, insolation,...), responsable des aspects du milieu naturel dans la zone d'étude. Leur évolution dans l'espace (zonale) et dans le temps (aux échelles mensuelles et annuelles) définit le modèle actuel. Mais seul le paramètre précipitations sera la base de cette étude car les données statistiques sont complètes.

3.2. Contexte climatique de la zone d'Ambohimambola

3.2.1. Sous le climat tropical d'altitude.

Les Hautes Terres constituent une transition bioclimatique entre l'Est et l'Ouest. Leur frange orientale participe encore du domaine oriental (pluies plus abondantes, mieux réparties dans l'année) tandis que leur pente occidentale annonce déjà les climats des plaines et plateau du versant mozambicain. “**DONQUE G.** (Janvier-Juin 1973), les conditions climatiques générales de Madagascar in revue de Géographie n°22, Madagascar, page 1 à 93”.

Le climat des Hautes Terres correspond au climat humide mésothermique de Thornthwaite (**RIQUIER J.**, 1968). La température moyenne annuelle se situe entre 16° et 21°Celsius. La pluviométrie, minimum dans la région centrale, varie généralement entre 200 et 1600 mm. L'intensité de la saison sèche croît d'Est en Ouest, le nombre de mois secs passant de 3 à 5. Le déficit hydrique calculé selon la formule de Prescott est exprimé suivant la représentation de **Thornthwaite (RIQUIER J.**, 1958) atteint 322 mm à Tananarive, il diminue sur la bordure orientale des Hautes Terres. “Selon **DONQUE G.**, le climat des Hautes Terres”, plus frais en raison de l'altitude, voit apparaître une saison sèche marquée dans l'année. Les Hautes Terres Centrales jouissent d'un climat sous le vent d'Alizé mais par sa position plus en altitude par rapport aux autres régions, on peut y apercevoir un climat tropical d'altitude à deux saisons: une saison humide et chaude d'Octobre à Avril et une saison sèche et fraîche de Mai à Septembre.

Les paysans malgaches des Hautes Terres ont l'habitude de diviser l'année en quatre saisons agricoles: “lohataona, fahavaratra, fararano, ririnina”. Le “lohataona” ou début de l'année aura lieu entre mi-août et mi-novembre. C'est la période d'ensoleillement, la chaleur est ardent, La première saison est marquée par le début de repiquage, l'irrigation; la deuxième saison est marquée par la germination du riz. Le “fahavaratra” s'étend de mi-novembre à la mi-février, c'est la saison des grandes pluies, période des récoltes des “vary aloha”. Le “fararano” ou arrière-saison aura lieu de mi-février à la mi-mai, c'est la moisson. Les principales récoltes sont: le riz vakiambiaty, le manioc,

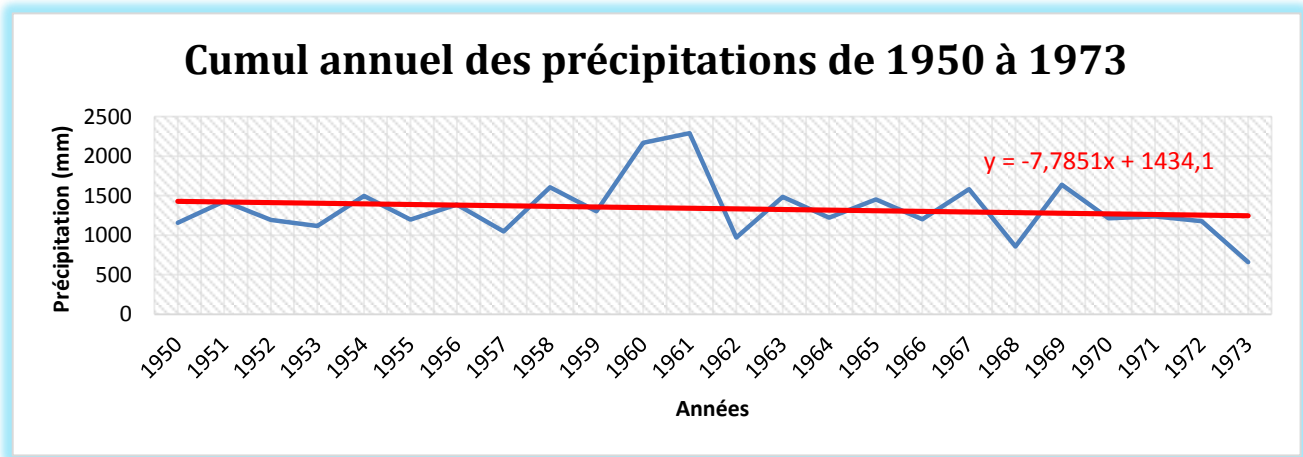
la patate,... Le ririnina s'étend de mi-mai à la mi-août, c'est une saison fraîche sans précipitations, période où les arbres perdent leurs feuilles.

Ambohimambola appartient au climat tropical d'altitude. Puisqu'il se trouve en altitude, alors, cette zone est marquée par un microclimat, de deux saisons bien distinctes: une saison sèche et fraîche de Mai à Septembre et une saison humide et chaude de Novembre à Mars. On a utilisé la droite de régression ($y = ax + b$) pour déterminer la tendance des précipitations. Si la valeur de « a » est positive: la tendance vers la hausse. Mais si la tendance est négative: la tendance vers la baisse.

3.2.2. La variabilité pluviométrique interannuelle dans cette zone sur la station d'Ambohimambola.

Dans la présente étude, les **graphiques n°2 et n°3** représentent la variation pluviométrique interannuelle de la station d'Ambohimambola. Le premier est daté entre 1950 et 1973 et le second est daté entre 2000 et 2016. Entre 1973 et 2000, les données présentent beaucoup de lacune, en effet, cette période a été exclue de l'étude.

Pour voir la tendance des précipitations dans une période, on va prendre la quantité des pluies la plus récente et la plus ancienne dans cette séquence d'année c'est-à-dire dans la première période (1950-1973) : $y_2=660\text{mm}$ en 1973 et $y_1=1155\text{mm}$ en 1950. Donc, $y = 660 - 1155$ et on constate que $y = -495$

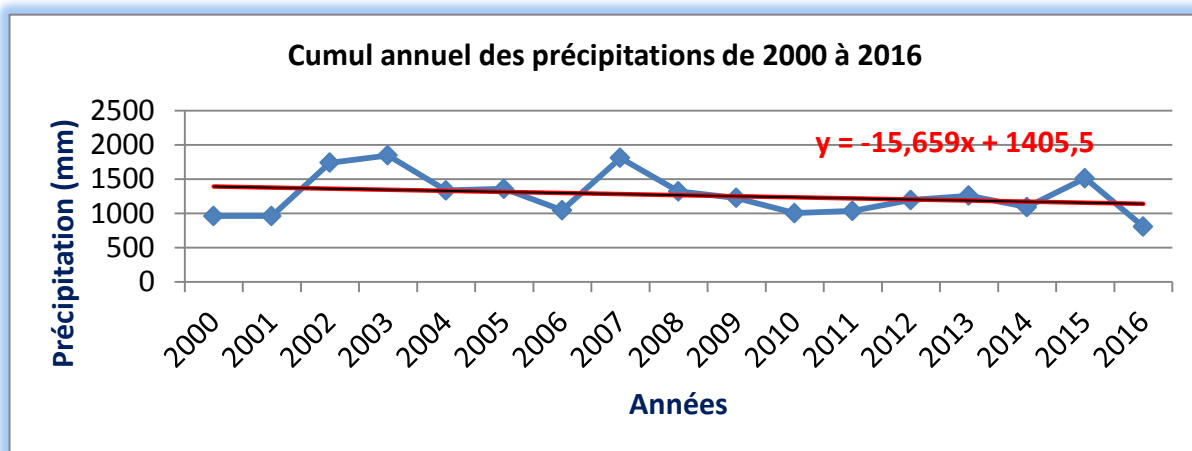


Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Graphique 2: Cumul annuel des précipitations de la station d'Ambohimambola dans la première période.

Dans la deuxième période, on prend $y_2=806.8\text{mm}$ en 2016 et $y_1=959.9\text{mm}$ en 2000; alors, $y = 806.8 - 959.9$ donc

$y = -153.1$



Source:DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Graphique 3: Cumul annuel des précipitations de la station d'Ambohimambola dans la deuxième période.

En général, les résultats sont tous négative d'après l'équation $y = ax + b$. Donc, il y a une diminution de variation pluviométrique interannuelle de la station d'Ambohimambola. Mais, la tendance dans la première période (1950 à 1973) a une valeur élevée (495) par rapport à la 2ème période (2000 à 2016), la valeur est faible (153.1). On peut voir nettement sur ces graphiques n°2 et 3 la tendance pluviométrique interannuelle de la station Ambohimambola. Elle s'élève de 26 à 986mm en 1950 jusqu'à 1973 et s'abaisse également de 303 à 1320.6mm. Soit une différence de 960mm l'élévation et de 1017.6mm la baisse en une période d'ordre de 24ans (courbe de tendance rouge, graphique n°2). Dans l'autre séquence d'année; entre 2000 et 2016, la quantité des pluies tend à augmenter de 22 à 886.3mm et tend à diminuer de 165.6 à 806.6mm. Soit une différence de 864.3mm l'accroissement et de 641mm la diminution en une période d'ordre de 17ans (courbe de tendance rouge, graphique n°3).

Si on analyse les pluies annuelles dans ces deux périodes, d'une part, on y trouve que la diminution de la quantité des pluies augmente en général. Dans la première période, on trouve 312 mm en 1950 et 579mm en 1973. Dans la deuxième période, on trouve 510.7mm en 2000 et 165.6mm en 2014. Mais les pluies augmentent jusqu'en 2016, avec 705.2mm.

D'autre part, l'augmentation de la quantité des pluies diminue en général. Dans la première période, on trouve 274mm en 1950 avec une diminution de 26mm en 1973. Dans la deuxième période, on trouve 886.3mm en 2000 et 420mm en 2016.

Cette analyse nous confirme qu'il a une tendance à la baisse des précipitations, tendance à l'assèchement à Ambohimambola, plutôt qu'à Antananarivo, la tendance négative pour les 2 périodes.

Cependant, nous pouvons affirmer que les précipitations moyennes annuelles d'Ambohimambola, actuellement, est en phase d'évolution avec celle des autres régions qui connaît aussi une diminution. On constate que la moyenne pluviométrique de ces deux périodes

tend à diminuer de 1336.8 à 1264.5mm. Cela est dû à deux facteurs naturels: les variations de la quantité d'énergie solaire reçue à la surface de la terre et les variations de la trajectoire (orbite) de la terre autour du soleil. En plus de cette évolution naturelle, le climat est de plus en plus influencé par les activités polluantes des hommes ([http ; //www.cnrs.fr/cw/dossiers/dospoles/index.html](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dospoles/index.html)).

Effectivement, les hommes influencent le climat par les activités polluantes: pollution atmosphérique due aux industries et aux transports (surtout les voitures). Ces activités rejettent dans l'atmosphère des gaz appelé “gaz à effet de serre”. Ces gaz provoquent un effet de serre sur l'ensemble de la planète, ce qui fait augmenter la température moyenne de la terre et fait polluer l'air, fait limiter l'évapotranspiration du sol qui bloque la formation des nuages pour donner la pluie ([http ; //www.cnrs.fr/cw/dossiers/dospoles/index.html](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dospoles/index.html)).

3.2.3. Coefficient de variation.

Il existe une différence de la quantité d'eau précipitée entre 1950 et 1973 (**cf tableau n°2**), 2000 et 2016 (**cf tableau n°3**). Les variations sont minimes.

Tableau 2: Manifestation de la variabilité dans la 1ère période.

Année de référence	Moyenne annuel (mm)	Précipitations extrêmes en mm	Pourcentage par rapport à la moyenne	¹² Coefficient de variation
1950 à 1973	1336.8	2290 (1961)	+41.6	7.8
		660 (1973)	-49.4	

Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Tableau 3: Les effets de la variabilité dans la deuxième période.

Année de référence	Moyenne annuel (mm)	Précipitations extrêmes en mm	Pourcentage par rapport à la moyenne	Coefficient de variation
2000 à 2016	1264.5	1846.2 (2003)	+31.5	32.3
		806.8 (2016)	63.8	

Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Dans la zone géographique, plus l'année est sèche, plus les variations sont importantes.

¹¹ Gaz à effet de serre : Ce sont des gaz (CO2, méthane, oxyde nitreux, gaz à effet de serre) qui jouent le rôle de l'atmosphère terrestre. Ces gaz retiennent la chaleur de la terre et ces processus est appelé gaz à effet de serre.

¹² Coefficient de variation : C'est la traduction de l'écart type en pourcentage $Cv = \frac{\lambda \times 100}{moyenne\ de\ la\ série}$

Tableau 4 : Précipitations interannuelles de la première période 1950 à 1973.

Année de référence	Moyenne pluviométrique en mm	Précipitations annuelles en mm	Ecart	Ecart au carré
1950	1336.8	1155	-181.8	33051.24
1951	1336.8	1429	+92.2	8500.84
1952	1336.8	1192	-144.8	20967.04
1953	1336.8	1117	-219.8	48312.04
1954	1336.8	1498	+161.2	25985.44
1955	1336.8	1195	-141.8	20107.24
1956	1336.8	1388	+51.2	2621.44
1957	1336.8	1049	-287.8	82828.84
1958	1336.8	1607	+270.2	73008.04
1959	1336.8	1304	-32.8	1075.84
1960	1336.8	2170	+833.2	694222.24
1961	1336.8	2290	+953.2	908590.24
1962	1336.8	969,4	-367.4	134982.76
1963	1336.8	1483,6	+146.8	21550.24
1964	1336.8	1223	-113.8	12950.44
1965	1336.8	1452	+115.2	13271.04
1966	1336.8	1199	-137.8	18988.84
1967	1336.8	1583	+246.2	60614.44
1968	1336.8	856	-480.8	231168.64
1969	1336.8	1636	+299.2	89520.64
1970	1336.8	1213	-123.8	15326.44
1971	1336.8	1239	-97.8	9564.84
1972	1336.8	1175	-161.8	26179.24
1973	1336.8	660	-676.8	458058.24
			Somme	3011446.28

Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Ecart = Précipitations annuelles – moyenne pluviométrique

Variance V :

Variance V = $\frac{\text{des écarts au carré}}{\text{total des années de référence}}$

Variance = 3011446.28/24

$$V=125476.93$$

$$\lambda^2 = 125476.93$$

$$Ecart\ type = \overline{\lambda} = \sqrt{variance}$$

$$\overline{\lambda^2} = \lambda = \sqrt{125476.93}$$

$$Ecart\ type = 354.23$$

$$Ecart\ type = 354$$

Le coefficient de variation est la traduction de l’écart type en pourcentage.

$$Coefficient\ de\ variation = \lambda \times \frac{100}{moyenne\ de\ la\ s\erie}$$

$$354.23 \times \frac{100}{1336.8}$$

Coefficient de variation=26.5%

Tableau 5 : Précipitations interannuelles de la deuxième période 2000 à 2016

Année de référence	Moyenne pluviométrique en mm	Précipitations annuelles en mm	Ecart	Ecart au carré
2000	1264.5	959.9	-304.6	92781.16
2001	1264.5	961.5	-303	91809
2002	1264.5	1738.5	+474	224676
2003	1264.5	1846.2	+581.7	338374.89
2004	1264.5	1335.5	+71	5041
2005	1264.5	1357.5	+93	8649
2006	1264.5	1043.5	-221	48841
2007	1264.5	1809.5	+545	297025
2008	1264.5	1319.5	+55	3025
2009	1264.5	1224.3	-40.2	1616.04
2010	1264.5	1002.9	-261.6	68434.56
2011	1264.5	1035	-229.5	52670.25
2012	1264.5	1194	-70.5	4970.25
2013	1264.5	1258	-6.5	42.25
2014	1264.5	1092.4	-172.1	29618.41
2015	1264.5	1512	+247.5	61256.25

2016	1264.5	806.8	-457.7	209489.29
			Somme	1538319.35

Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Ecart = précipitations annuelles – moyenne pluviométrique

Variance V :

$$Variance\ V = \frac{des\ écarts\ au\ carré}{total\ des\ années\ de\ référence}$$

$$Variance = 1538319.35/16$$

$$V=96144.96$$

$$\lambda^2 = 96144.96$$

$$Ecart\ type = \overline{\lambda} = \sqrt{variance}$$

$$\overline{\lambda^2} = \lambda = \sqrt{96144.96}$$

$$Ecart\ type = 310.07$$

$$Ecart\ type = 310$$

Le coefficient de variation est la traduction de l’écart type en pourcentage.

$$Coefficient\ de\ variation = \lambda \times \frac{100}{Moyenne\ de\ la\ série}$$

$$310.07 \times \frac{100}{1264.5}$$

Coefficient de variation=24.5%

Si on compare le coefficient de variation entre l’année 1950 à 1973 (**cf tableau n°4**) et à celle de l’année 2000 à 2016 (**cf tableau n°5**). On constate qu’elle est de 26.5% pour les années 1950 à 1973 si elle est de 24.5% pour la normale de 2000 à 2016. En conséquence, on peut dire que la variation pluviométrique est nette, c’est-à-dire qu’il n’y a que le quart de pourcentage soit varié dans ces deux séquences d’année.

3.2.4. La variation pluviométrique de la zone par rapport à la moyenne.

3.2.4.1. Les nombres des années humides et sèches dans la première période.

Le **tableau n°6** représente les nombres des années humides et sèches par rapport à la moyenne pluviométrique dans la séquence d’année. Entre 1950 et 1973, il présente 10 années humides (**cf graphique n°4**). La quantité des pluies moyennes annuelles reçues en cette période est de 115.67 à 190.83 mm le maximum. Donc, le nombre des années humides est 10/24, c’est à dire la

variation est de 1 sur 2 (1/2). Pour les années sèches, il y en a 14 (cf graphique n°5). La quantité des pluies moyennes reçues en cette période est de 55 mm à 108.67 mm. Donc, le nombre des années sèches est 14/24, ça veut dire presque la moitié de la séquence d'année.

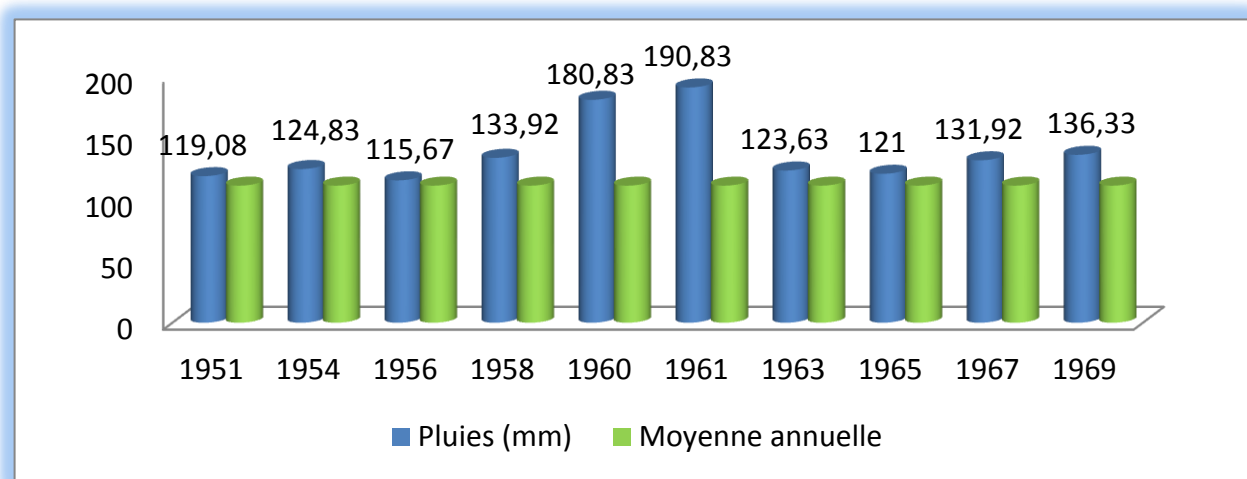
Tableau 6: Les années humide et sèche dans la première période de 1950 à 1973.

¹³ <i>Année Humide et</i> ¹⁴ <i>Sèche</i>	<i>Pluies (mm)</i>	<i>Moyenne annuelle</i>
1950	96,25	111,39
1951	119,08	111,39
1952	99,33	111,39
1953	93,08	111,39
1954	124,83	111,39
1955	99,58	111,39
1956	115,67	111,39
1957	87,42	111,39
1958	133,92	111,39
1959	108,67	111,39
1960	180,83	111.39
1961	190,83	111,39
1962	80,78	111,39
1963	123,63	111,39
1964	101,92	111,39
1965	121	111,39
1966	99,92	111,39
1967	131,92	111,39
1968	71,33	111,39
1969	136,33	111,39
1970	101,08	111,39
1971	103,25	111,39
1972	97,92	111,39
1973	55	111,39

Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).

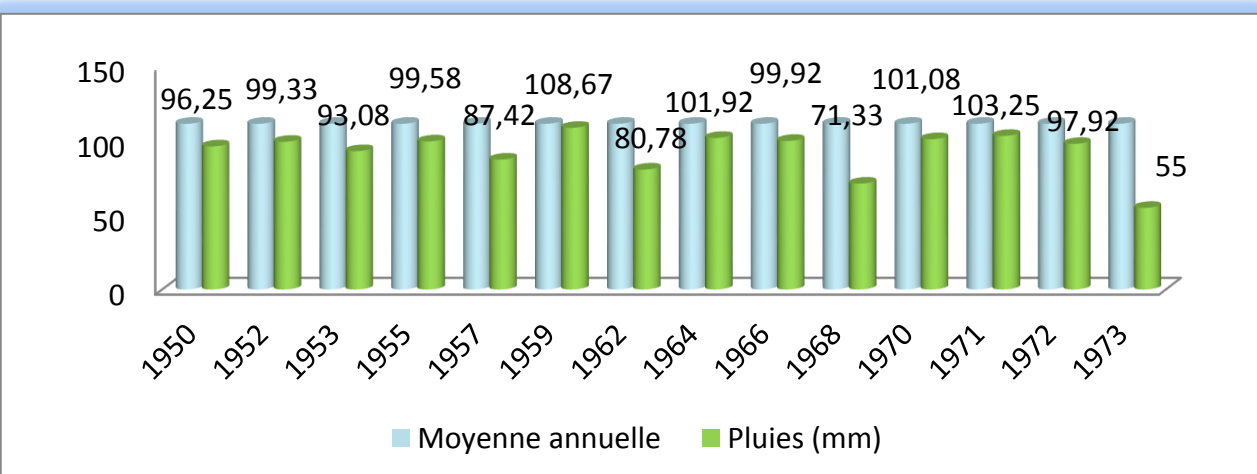
¹³ Année humide : On dit que l’année est humide si la quantité des pluies est supérieure à la moyenne.

¹⁴ Année sèche : On dit que l’année est sèche si la quantité des pluies est inférieure à la moyenne.



Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Graphique 4: La représentation graphique des années humides (de couleur bleu foncé) par rapport à la moyenne pluviométrique annuelle (de couleur vert clair) de la station d'Ambohimambola dans la première période.



Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Graphique 5: La représentation graphique des années sèches (de couleur vert d'eau) par rapport à la moyenne pluviométrique annuelle (de couleur vert clair) de la station d'Ambohimambola dans la première période.

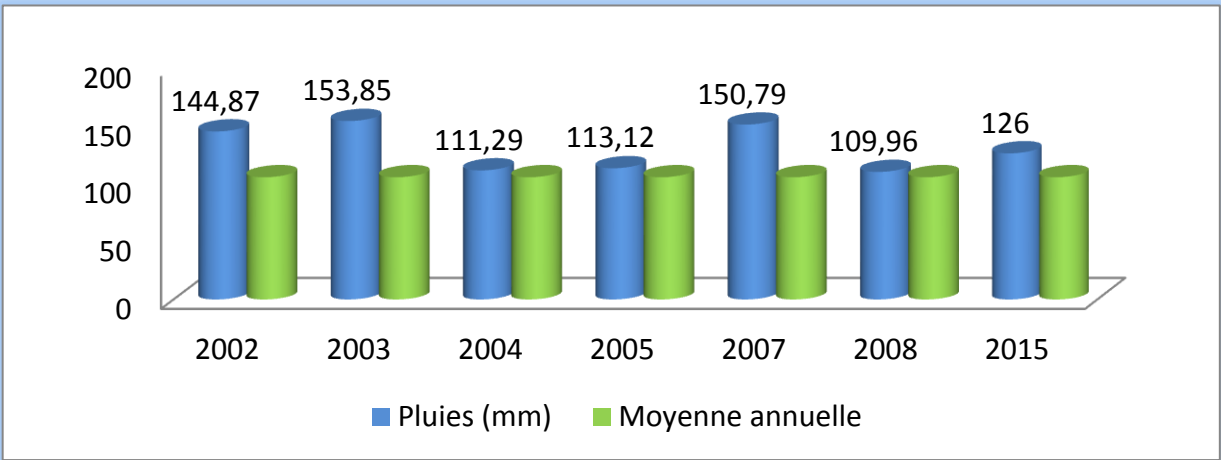
3.2.4.2. Les nombres des années humides et sèches dans la deuxième période.

Le **tableau n°7** représente les nombres des années humides et sèches par rapport à la moyenne pluviométrique. Entre 2000 et 2016, il existe 7 années humides (**cf graphique n°6**). La quantité des pluies moyennes reçues en cette période est de 109.96 mm à 153.85 mm le maximum. Donc, le nombre des années humides est 7/17, c'est à dire la variation est de 1.5 sur 2. Pour les années sèches, il y en a 10 (**cf graphique n°7**). La quantité des pluies moyennes reçues en cette période est de 67.23mm à 104.83mm. Donc, le nombre des années sèches est 10/17, ça veut dire plus de la moitié de la séquence d'année.

Tableau 7: Les années humide et sèche dans la deuxième période de 2000 à 2016.

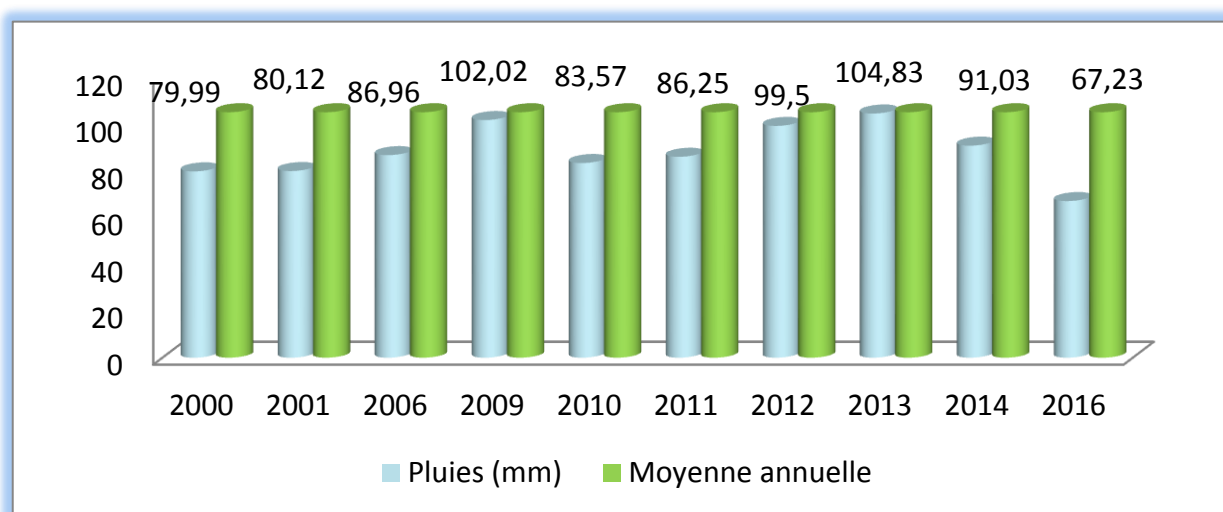
<i>Année Humide et Sèche</i>	<i>Pluies (mm)</i>	<i>Moyenne annuelle</i>
2000	79,99	105.37
2001	80,12	105.37
2002	144,87	105.37
2003	153,85	105.37
2004	111,29	105.37
2005	113,12	105.37
2006	86,96	105.37
2007	150,79	105.37
2008	109,96	105.37
2009	102,02	105.37
2010	83,57	105.37
2011	86,25	105.37
2012	99,5	105.37
2013	104,83	105.37
2014	91,03	105.37
2015	126	105.37
2016	67.23	105.37

Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).



Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Graphique 6: La représentation graphique des années humides (de couleur bleu foncé) par rapport à la moyenne pluviométrique annuelle (de couleur vert clair) de la station d’Ambohimambola de la deuxième période..



Source: DGM (Direction Générale de la Météorologie).

Graphique 7: La représentation graphique des années humides sèches (de couleur vert d'eau) par rapport à la moyenne pluviométrique annuelle (de couleur vert clair) de la station d'Ambohimambola de la deuxième période..