

# Concept de la Sècheresse

La sécheresse est un épisode de manque d'eau plus ou moins long mais suffisant pour que les sols et la flore soient affectés. Ce phénomène peut être cyclique ou bien exceptionnel et peut affecter une zone localisée comme un sous-continent entier. La sécheresse, phénomène conjoncturel, ne doit pas être confondue avec l'aridité qui est un phénomène structurel climatique. La sécheresse se manifeste dans le temps tandis que l'aridité est un phénomène spatial. On distingue trois types de sécheresse en général suivant les situations [42].

## Section 1 Typologie de la sécheresse

### **I. La sécheresse météorologique ou atmosphérique**

C'est un phénomène lié à la pénurie de précipitations (déficit pluviométrique) sur une période donnée.

### **II. La sécheresse agricole,**

Elle est fonction du taux d'humidité du sol à un mètre de profondeur. Cette sécheresse dépend des précipitations, mais aussi de la nature du sol, des pratiques culturales et du type de plante. Ce type de sécheresse a des effets marquants sur la végétation ;

### **III. La sécheresse hydrologique**

Elle se produit quand les réserves en eau des sols (aquifères) et les cours d'eau tombent en dessous de la moyenne. Cela peut être dû à une sécheresse météorologique particulièrement longue et intense, mais aussi à une surexploitation des ressources en eau.

### Causes et conséquences

La principale cause de la sécheresse est la variabilité naturelle du climat qui engendre le manque d'eau due principalement à l'insuffisance des précipitations.

Une sécheresse persistante peut ruiner la production agricole d'une région, réduire la production hydroélectrique, entraîner des incendies de prairies ou de forêts, stopper la navigation fluviale, provoquer des pénuries d'eau potable et même, dans les cas extrêmes, déclencher un exode.

L'association assez naturelle entre les termes « étiage » et « sécheresse » ne se justifie pas de manière systématique, car seuls les étiages les plus sévères sont générés par des situations de sécheresse atmosphérique, c'est-à-dire un important déficit pluviométrique [42].

## Chapitre 5 : Description de la zone d'étude

Pour clôturer cette partie, il s'avère nécessaire de donner quelques généralités sur la zone d'étude. Effectivement, dans le contexte du sujet, l'analyse se basera sur la région Analamanga. Toutes les caractéristiques de la région Analamanga sera détaillées en premier lieu.

### Section 3 Localisation

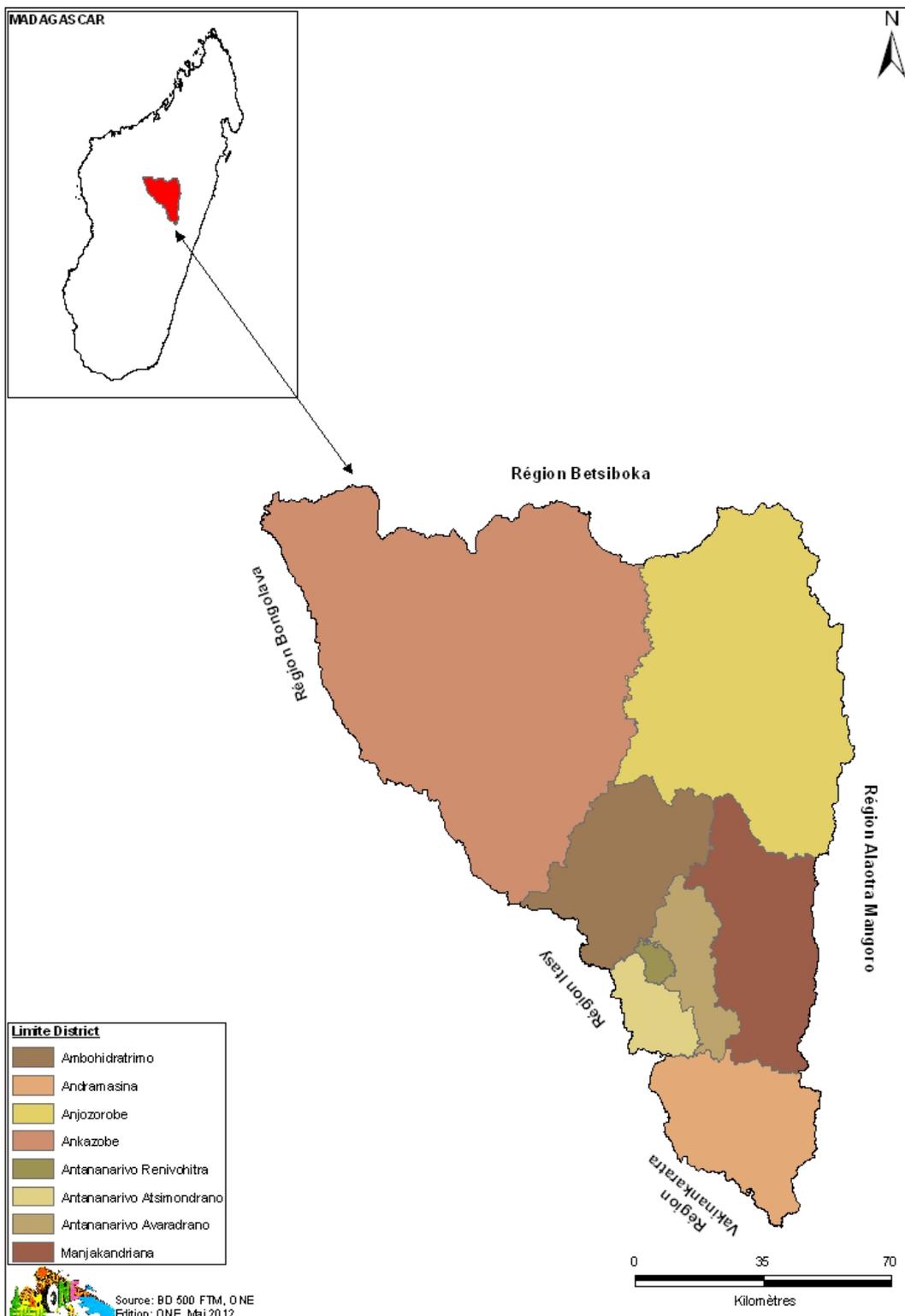
Métropole Nationale, à la fois capitale de Madagascar et centre politique, administratif et économique du pays, la région Analamanga se situe sur les hauts-plateaux à  $-18^{\circ} 27' 00''$  S et  $47^{\circ} 30' 00''$  E. Sa superficie s'étend sur  $16.911 \text{ km}^2$ , soit 2,87% de celle de la grande île. Elle a une population de 3.439.589 habitants, soit les 15,33% de la population totale [37].

Elle englobe :

- 7 Districts périphériques [61] :
  - ❖ Antananarivo atsimondrano (26 communes)
  - ❖ Antananarivo avaradrano (14 communes)
  - ❖ Ambohidratrimo (25 communes)
  - ❖ Anjozorobe (12 communes)
  - ❖ Ankazobe (18 communes)
  - ❖ Andramasina (13 communes)
  - ❖ Manjakandriana (25 communes)
  
- Une commune urbaine :
  - ❖ Antananarivo Renivohitra régi selon la LOI n° 2015 - 011 portant statut particulier d'Antananarivo, Capitale de la République de Madagascar, divisée 6 Districts : Tana I, Tana II, Tana III, Tana IV, Tana V, Tana VI [14].

En tout la région Analamanga est constitué de 7 districts périphériques composant 134 communes dont une Commune urbaine particulière renfermant 6 district.

La Région est limitée au Nord par la Région Betsiboka ; à l'Est par la Région Alaotra Mangoro ; au Sud par la Région Vakinankaratra ; et à l'Ouest par les Régions Itasy et Bongolava (Figure 13) [61].



**Figure 13 : Carte Localisation de la Région Analamanga**  
*Source : Tableau de bord Environnementale, région Analamanga, 2012*

**Section 4** Caractéristiques physiques :

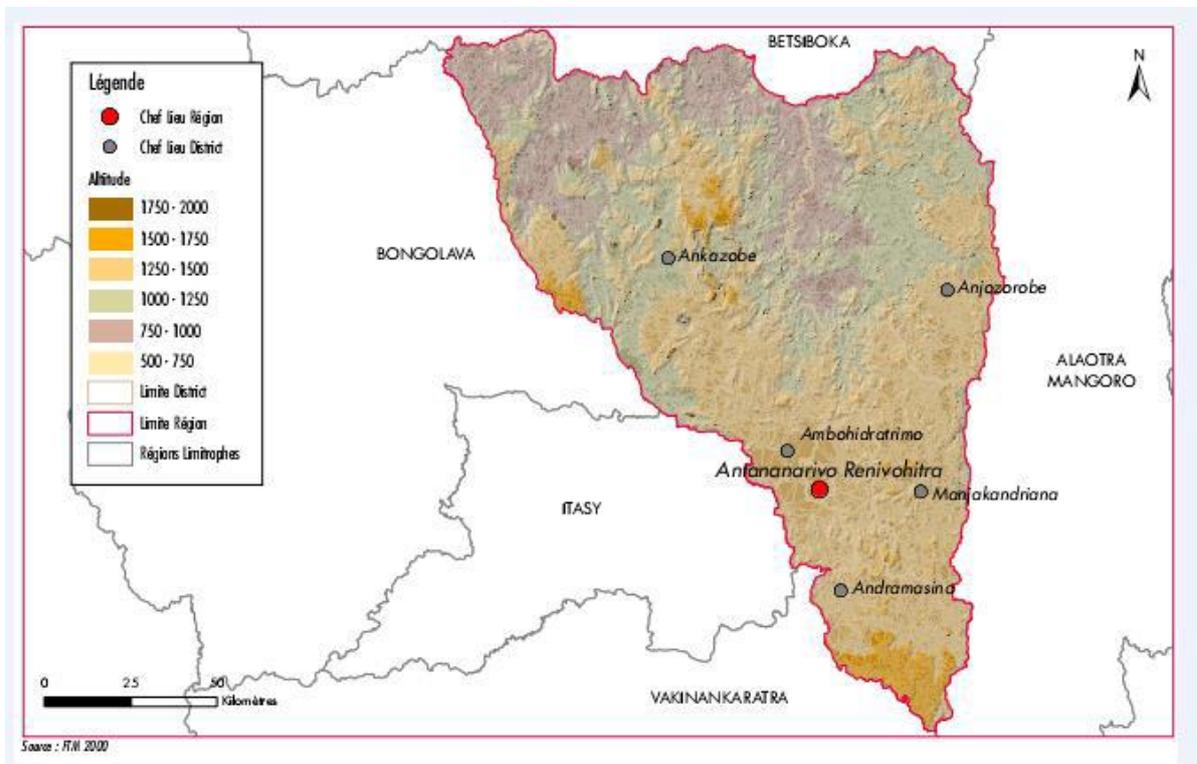
**IV. Relief**

La Région Analamanga, désignée sous le terme de hauts plateaux malgaches, ou Hautes Terres Centrales présente un relief très varié qui est distingué par trois ensembles [72], [52] :

❖ Les Hauts plateaux situés au Nord et à l'Ouest dépassant l'altitude de 1500m sont séparés par des vastes vallées drainées par le fleuve Betsiboka et ses affluents (en particuliers Ikopa), en particulier à l'Ouest, elle est dominée par le plateau du Tampoketsa d'Ankazobe qui correspond une altitude autour de 1600m. Vers le Sud, succèdent à ces plateaux des reliefs rocheux alignés Est-Ouest ; en gradins devenus caractéristiques de cette partie.

❖ Le centre est caractérisé par la falaise d'Angavo et le paysage de l'Imerina Est, succédé à l'ouest par les plaines d'alluvions d'Antananarivo.

❖ Le Sud a une altitude plus élevée, due à la présence de région volcanique comprenant plusieurs bassins aménagés. Les reliefs sont plus accidentés alignés de direction Nord-Sud. De vastes étendues de plaines plus ou moins importantes, d'altitude autour de 1200 m, se distribuent aux alentours des zones habitées ou des cours d'eau : les plaines de Betsimitatatra, Manjakandriana, Mahitsy, les bordures de l'Ikopa et de ses affluents.



**Figure 14 : Carte Relief de la Région Analamanga**

*Source : FTM, 2000*

## **Géologie**

La grande partie de la région est couverte par des associations des sols ferrallitiques rouge et jaune, le reste formé par des sols Hydromorphes, des sols peu évolués et des rankers (Figure 151). Ces sols sont d'évolution diverse, allant des argiles latéritiques relativement fertiles des plaines d'Antananarivo jusqu'aux cuirasses bauxitiques du plateau de Tampoketsa.

La perméabilité du sol varie de moyenne sur les sols ferrallitiques à mauvaise (voir impénétrable) sur les sols hydromorphes [72], [52].

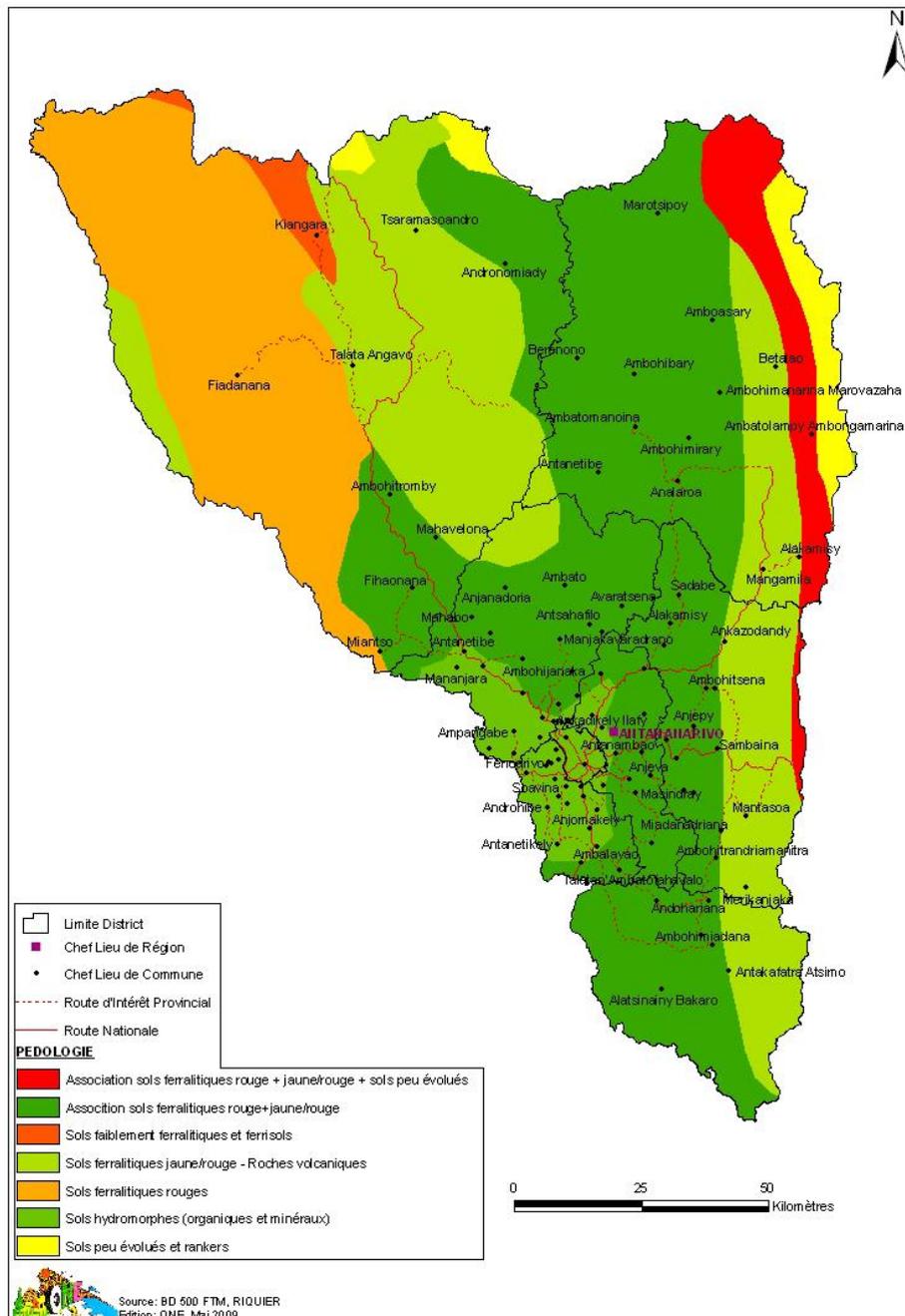


Figure 15 : Répartition des types de sols

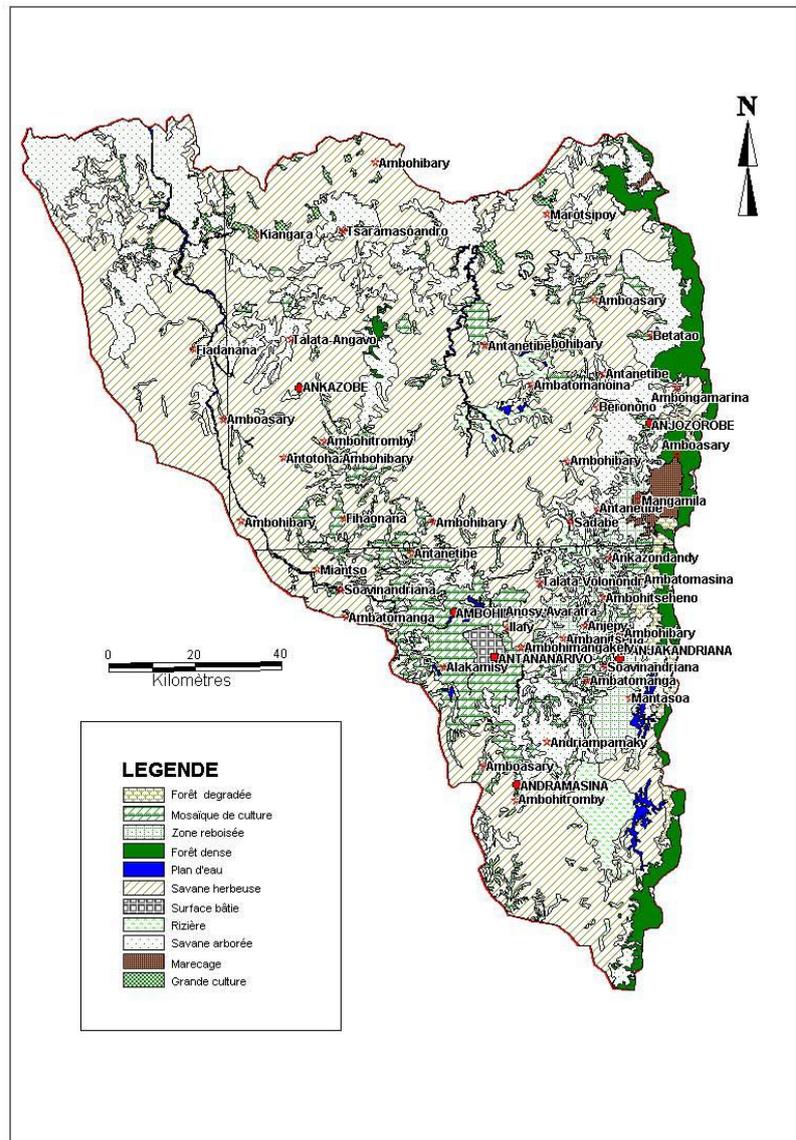
Source : Tableau de bord Environnementale, région Analamanga, 2012

## VI. Végétation et Occupations des sols

La couverture végétale de cette Région est de type humide avec principalement la forêt basse sclérophylle en lambeaux ou dégradée en savane arbustive à l'Ouest et quelques « savoka » dérivant de la forêt dense ombrophile à l'Est, Anjozorobe (Figure 16).

Sur les prairies et savanes des hautes terres et de l'ouest, de vastes boisements de mimosas et surtout d'eucalyptus ont modifié agréablement le paysage.

Les rizières occupent une surface importante sur les plaines d'Anatananarivo. Les plans d'eau, constitués par les lacs et étangs, occupent une surface de 4927 ha. Les plus connus d'entre eux sont les lacs de Mantasoa et Tsiacompaniry, avec respectivement 1375 ha et 2333 ha. Les surfaces bâties, quant à elles, sont localisées dans les chefs lieu de district, et plus particulièrement, une grande partie d'Antananarivo Renivohitra [72], [52].



**Figure 16 : carte Occupation des sols**  
*Source : PRD Analamanga, 2005*

### VII. Réseau Hydrographique

La Région Analamanga a pour principal bassin, le bassin de Betsiboka. Mais dans le contexte d'impact de la fluctuation climatique ENSO sur les ressources en eau, nous ne nous intéressons qu'aux bassins qui ont des aménagements importants, jouant un grand rôle dans le domaine socio-économique de la région ; et les sous bassins de ces derniers. Sur ce point, le réseau hydrographique peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

A Madagascar, les rivières ont fait l'objet d'une étude, l'ORSTOM en a distingué 9 régimes. Pour Analamanga, selon le contexte mentionné ci-dessus, un principal fleuve, sous régime des hauts-plateaux, la parcourt :

- Le fleuve Betsiboka
- Son affluent Ikopa

Betsiboka et ses affluents prennent leurs sources sur les Haut-plateaux et s'écoulent vers le Nord, à une distance de 92 km pour Betsiboka et 260 km pour Ikopa avant de sortir de la limite de la Région.

#### ❖ Hydrographie de l'Ikopa dans la Région Analamanga

L'Ikopa est formée par la réunion de la Varahina Sud et de la Varahina Nord. Sur ces deux rivières, ont été aménagés les barrages de Tsiacompaniry en 1956 et de Mantasoa en 1938, destinés à la régularisation des débits d'étiage.

Le confluent des deux Varahina se situe à 6km en amont de la chute d'Antelomita ; à partir de là, la rivière devient l'Ikopa. Elle coule en direction Est-Ouest, dans un lit relativement encaissé, avec une pente moyenne de 2m/km jusqu'à Ambohimambola. L'Ikopa entre alors dans la plaine d'Antananarivo. Son cours est endigué pratiquement jusqu'à Bevomanga sur une distance de 45km. La pente moyenne est très faible, de l'ordre de 25cm/km, pouvant atteindre 13cm/km en amont du confluent de l'Andromba.

Dans la plaine d'Antananarivo, l'Ikopa reçoit la Sisaony et l'Andromba qui est grossie par la Katsaoka en rive gauche et la Mamba en rive droite. La longueur totale de l'Ikopa est de 664km de la source de la Varahina Sud à la mer et de 485km si l'on part de la source de la Varahina Sud au confluent avec la Betsiboka. Les principaux affluents de l'Ikopa sont l'Isandrano, la Manankazo, l'Andranobe.

#### ❖ Hydrographie de la Betsiboka dans la Région d'Analamanga

Dans son cours supérieur, la Betsiboka est constituée par la réunion du Jabo et de l'Amparihibe. Ces deux rivières prennent leur source au Nord d'Antananarivo : le Jabo, dans le massif de l'Iangana, à 1550m d'altitude et l'Amparihibe qui, à sa naissance se nomme Lelosy, dans le massif de l'Ankiranjay. Le réseau hydrographique, très dense, rend difficile la détermination de la rivière principale.

Leur direction générale est Sud Nord avec une pente très forte de l'ordre de 10m/km. Le confluent se situe à la sortie de la plaine d'Antanetibe à la côte 938 et à 471km de la mer.

A partir de là, la rivière prend le nom de Betsiboka. C'est déjà une rivière importante qui reçoit plusieurs affluents dont, en rive droite, la Mananara qui, par sa longueur et l'altitude de sa source, pourrait constituer la branche mère de la Betsiboka (au confluent 186km pour la Mananara, 112km pour

la Betsiboka). La Mananara traverse trois grandes plaines (Alakamisy, Anjozorobe, Andakana) séparées par des seuils et des chutes importantes.

Grossie par la Mananara, la Betsiboka se dirige toujours vers le Nord en direction du massif du Vohombohitra. Après l'avoir brusquement obliqué, elle contourne ce massif sur sa bordure Ouest, dans des gorges assez encaissées, pendant 16km. La pente est assez forte et il a été envisagé de créer à cet endroit, un barrage de régularisation [26], [51], [52].

## **Section 5 Caractéristique Climatiques**

### **I. Les facteurs climatiques**

Généralement, le climat de la grande île est conditionné par six facteurs majeurs. Les généralités sur le climat de Madagascar sont présentées dans l'Annexe VI.

#### **1. La ZCIT**

Au Nord, entre les latitudes 5° et 20° Sud dans l'hémisphère Sud et les longitudes 60° et 100° Est dans l'océan Indien : au mois de Janvier, elle descend se rapprochant de la latitude 20°. Au mois de Juillet, elle remonte se rapprochant de la latitude 5°, repoussée par les Anticyclone du Sud. A l'échelle du climat global, elle est associée à une convection profonde. Elle est aussi l'un des éléments principaux à la formation des cyclones.

#### **2. L'Alizé à l'Est**

Faible et modéré pendant la saison des pluies et inversement à la saison sèche en dominant dans les basses couches et dans la moyenne troposphère (vent dominant sur l'île).

#### **3. La mousson d'été**

Ce sont des vents périodiques relativement humide qui vient du Nord-Ouest (mousson d'été australe) pendant la saison des pluies et du Sud-Ouest (mousson d'été boréale) pendant la saison sèche.

#### **4. Les Anticyclones**

Du Sud-Est de Madagascar, du Sud-Ouest de l'Océan Indien (l'anticyclone des Mascareignes), la dorsale de l'Anticyclone d'Arabie, et l'Anticyclone du Sud-Ouest de l'Afrique du Sud qui influent la pluviométrie et caractérisent la saison sèche.

#### **5. La Circulation Frontale Ouest-Est au Sud**

Par définition, c'est une surface de discontinuité entre deux masses d'air, les masses d'air chaud venant des tropiques sont soulevées par les masses d'air froid de l'antarctique entraînant des phénomènes de convection qui ensuite forment les nuages convectifs pour engendrer des précipitations, c'est le front froid polaire. On l'observe plus particulièrement pendant l'hiver austral.

#### **6. Le Relief :**

Sous l'effet orographique (effet de foehn) qui produit des phénomènes des cellules convectives. C'est la cause de l'occurrence fréquente des pluies sur le versant Est de l'île et les côtes [79].

Pour plus d'information, l'influence de la circulation des masses d'air qui occupe une place importante dans la formation des précipitations seront présentées dans l'Annexe VII [26].

## **II. Climatologie de la région Analamanga**

Comme ce qui a été vue précédemment, Analamanga prend les caractéristiques du climat des hautes Terres. A la suite sera présenté : les moyennes climatiques, les totaux, et les fréquences associés à la région.

### **1. Température**

La moyenne des températures a été calculée sur deux station de la région : Antananarivo (DGM) et Ivato (aéroport) entre 1971-2000. La moyenne mensuelle varie de 10,4°C le mois de Juillet à 26,4°C pendant Novembre et Décembre sur la station d'Antananarivo (DGM) (Tableau 2). De 9,8°C le mois de Juillet à 26,9°C en Novembre sur la station d'Ivato (Tableau 3).

La variation est sensible sur les deux stations, la moyenne annuelle est de 19,1°C, l'amplitude annuelle est de 16°C à Antananarivo et de 17,1°C Ivato (Tableau 2 et 3) [7].

**Tableau 2 : Température moyenne-min-max mensuelle (1971-2000) en sur la station d'Antananarivo (DGM).**

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
T °C max	26	25.9	25.8	25.1	23.4	21.2	20.4	21.2	23.4	25.5	26.4	26.4
T °C min	16.9	17	16.6	15.5	13.4	11.2	10.4	10.5	11.6	13.8	15.3	16.5
T °C moy	21.4	21.4	21.2	20.3	18.4	16.2	15.4	15.9	17.5	19.6	20.8	21.4

*Source : DGM, CDSE-2016*

**Tableau 3 : Température moyenne-min-max mensuelle (1971-2000) en sur la station d'Ivato**

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
T °C max	26.6	26.4	26	25.5	23.6	21.2	20.5	21.5	23.9	25.9	26.9	26.8
T °C min	16.9	17.1	16.6	15.3	12.9	10.6	9.8	10.1	11.2	13.4	15.1	16.4
T °C moy	21.7	21.7	21.3	20.4	18.2	15.9	15.1	15.8	17.5	19.7	21	21.6

*Source : DGM, CDSE-2016*

D'après les analyses faites par « Meteoblue » entre 1985-2015 sur la station d'Ivato, les jours les plus chauds atteignent 28°C en Octobre et Novembre et les nuits les plus froids descendent jusqu'à 7°C au mois de Juin-Juillet-Août sur le Tableau 4. Ainsi que le diagramme en bâton de la température maximale à Antananarivo qui nous montre le nombre de jours par mois atteignant certaines températures (Figure 17) [78].

**Tableau 4 : Moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois (1985-2015)**

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Jours Chauds °C	27	26	26	25	24	22	22	24	27	28	28	27
Nuits Froides °C	15	15	14	12	10	7	7	7	8	10	13	15

*Source : METEOBLUE*

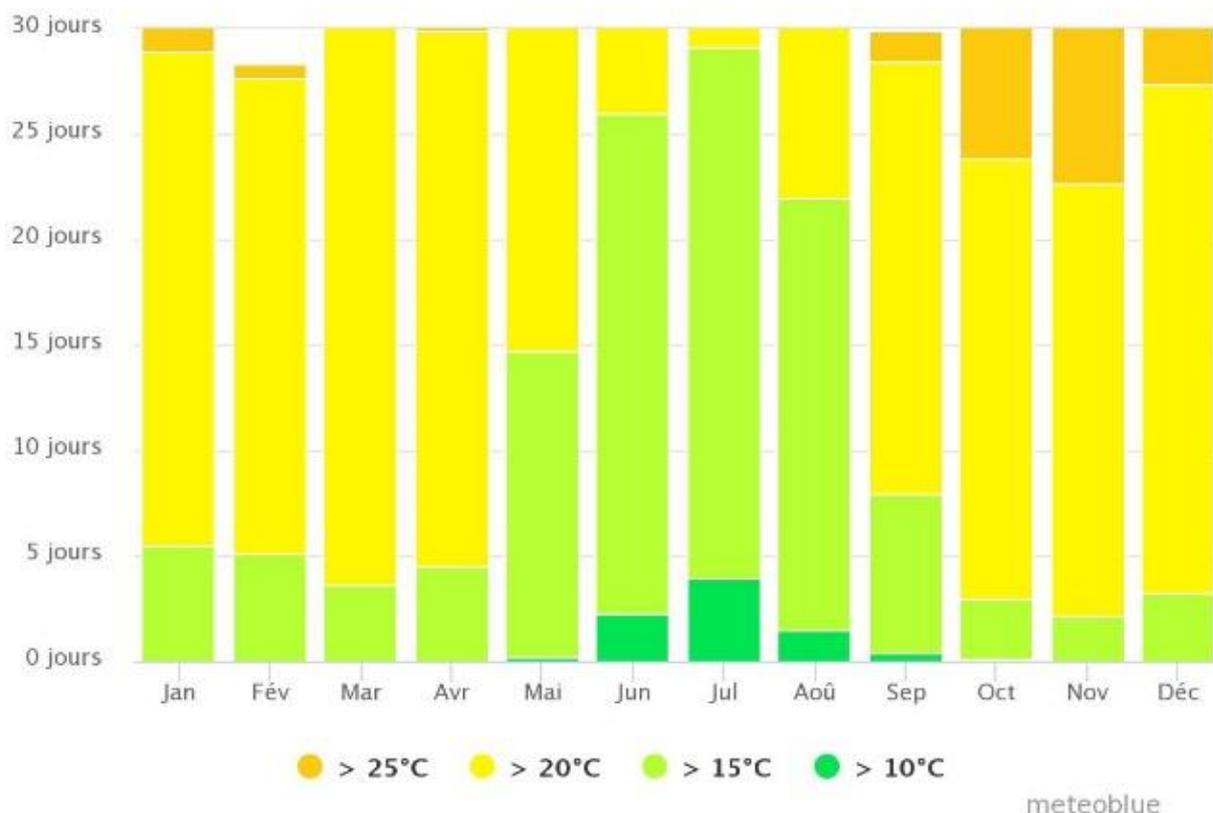


Figure 17 : Diagramme en bâton des fréquences journalières des températures chaque mois

Source : METEOBLUE

## 2. Pluviométrie et couverture nuageuse

Les moyennes des précipitations ont été obtenues de la même manière que celles des températures sur les stations d'Antananarivo et d'Ivato entre 1971-2000. La région Analamanga reçoit en moyenne annuellement 1300 à 1500 mm. Les précipitations annuelles et mensuelles sont répertoriées dans le Tableau 5 et 6 ci-dessous, respectivement, Antananarivo et Ivato. Elle varie mensuellement de 6,0 mm en Juin sur Antananarivo à 308,7 mm en Janvier sur les deux stations [7].

Tableau 5 : Précipitations moyennes annuelles et mensuelles (1971-2000) sur Antananarivo

PMAN	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
1322	308.7	300.9	174.7	43.9	18.5	6.0	9.0	10.3	12	59.6	140.8	237.8

Source : DGM, CDSE-2016

Tableau 6 : Précipitations moyennes annuelles et mensuelles (1971-2000) sur Ivato

PMAN	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
1465	308.7	317.2	208.4	58.1	21.8	6.1	10.0	8.1	15.4	75.1	155.7	280.3

Source : DGM, CDSE-2016

Le nombre de jours de précipitations est en moyenne de 149,2 jours sur une année. Les mois de Décembre et Janvier représentent les maximums et le mois de Juin le minimum sur la courbe (Figure 18). Le diagramme montre le nombre mensuel de jours ensoleillés, partiellement nuageux, nuageux. Les jours avec moins de 20% de la couverture nuageuse sont considérés comme des jours ensoleillés, avec

20-80% de la couverture nuageuse, comme partiellement ensoleillés et plus de 80% comme nuageux [78].

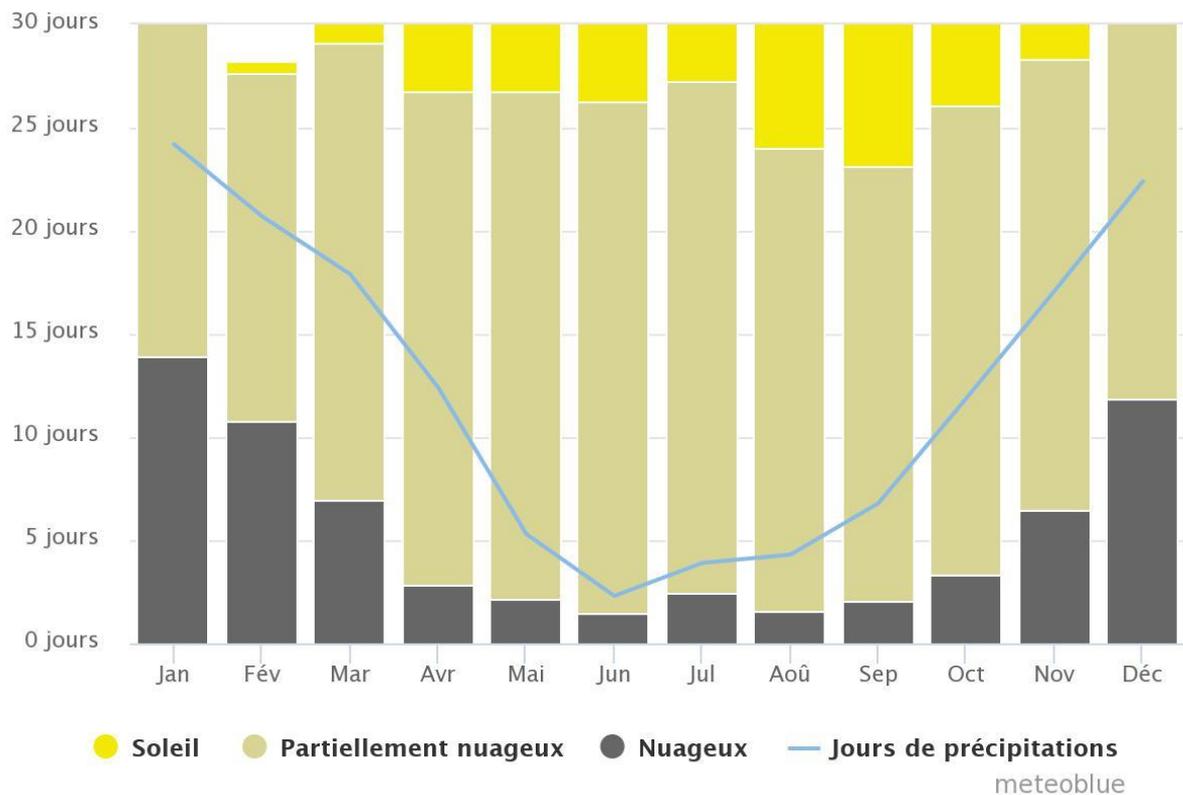


Figure 18 : Courbe des fréquences mensuelles des précipitations et diagramme en bâton des fréquences de la couverture nuageuse sur la région Analamanga.

Source : METEOBLUE

### 3. Vents

Le vent dominant sur Analamanga est « l'Alizé » issu de l'Océan Indien, comme l'indique la rose des vents moyennes à la Figure 19, après les deux moussons sont modérées. La vitesse varie de 0 à 28 km/h. La Rose des Vents de la région Analamanga nous montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée sur l'axe verticale perpendiculaire à l'origine pointant vers les Nord (Figure 19). La Figure 20 montre combien de jours dans un mois peut être attendu pour atteindre une certaine vitesse de vent.

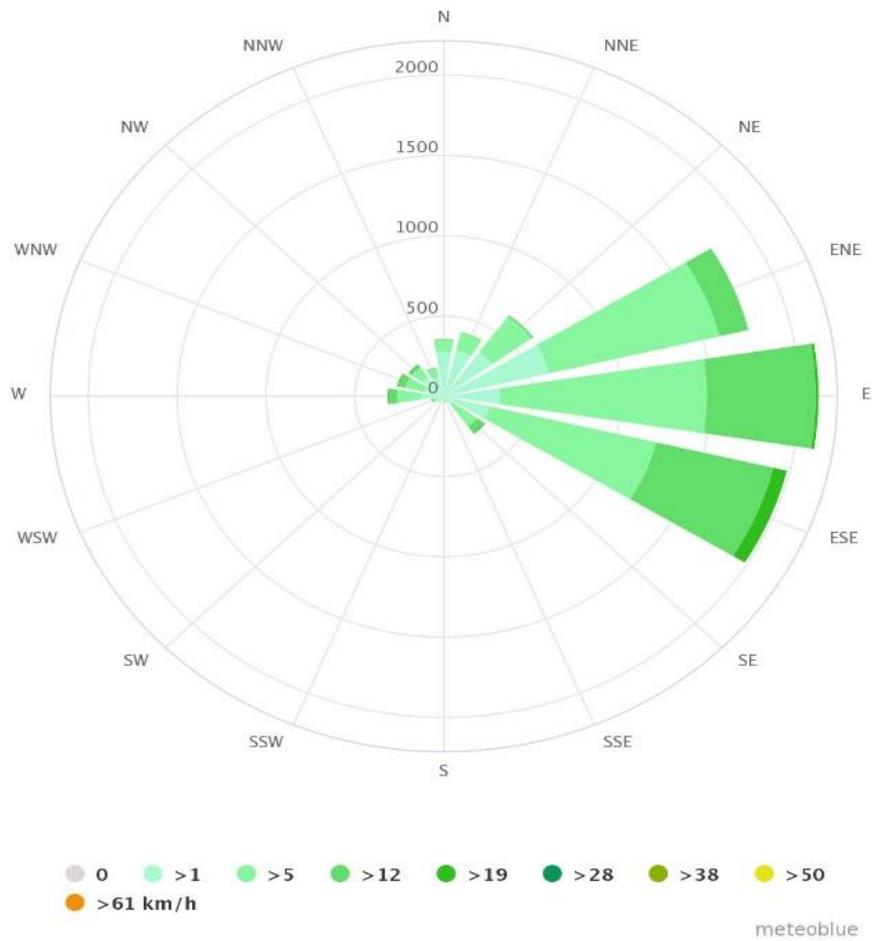


Figure 19 : Rose des vents annuelles Analamanga

Source : METEOBLUE

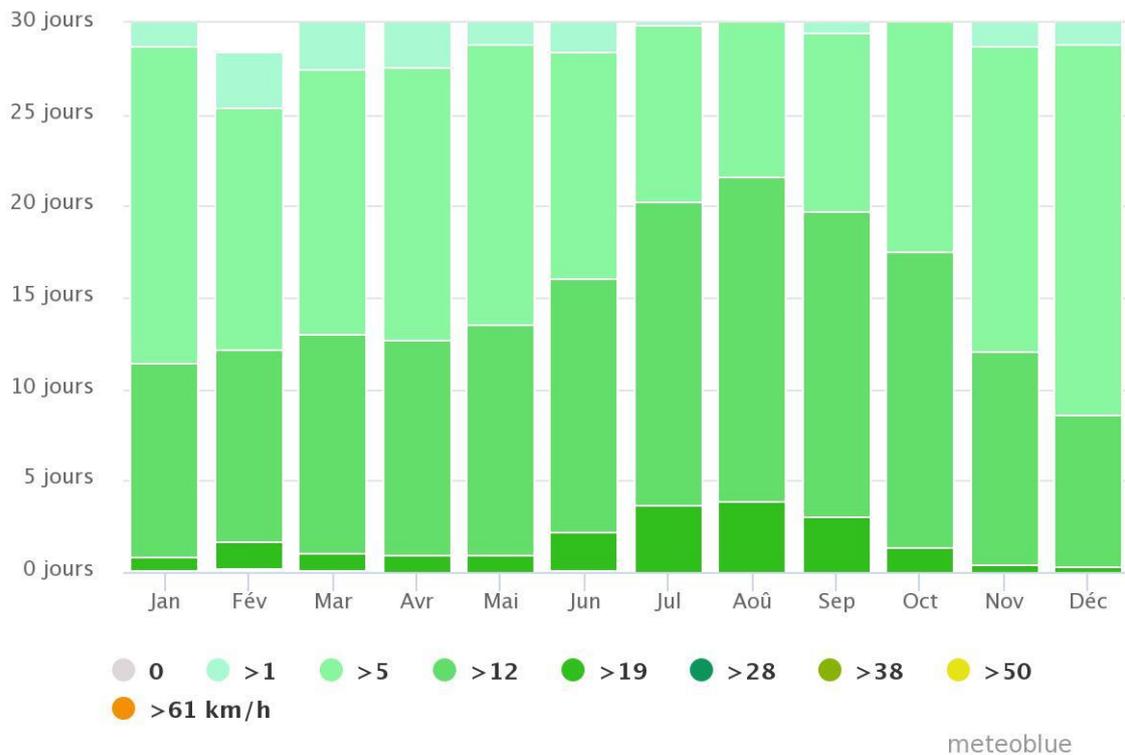


Figure 20 : Diagramme en bâton de la distribution journalière-mensuelle de la vitesse des vents

Source : METEOBLUE

#### 4. Hygrométrie et évapotranspiration

##### Hygrométrie :

On appelle hygrométrie, la science qui a pour objet de déterminer la quantité d'humidité contenue dans l'atmosphère. On se réfère à la Concentration de la vapeur (masse volumique de la vapeur d'eau dans un mélange) ou humidité absolue : Dans un mélange de vapeur d'eau et d'air sec, la concentration de la vapeur  $p_v$  est définie comme étant le rapport de la masse de vapeur  $m_v$  au volume  $V$  occupé par le mélange :

$$p_v = \frac{m_v}{V} \quad (7)$$

Au-delà de cette limite, on voit apparaître du brouillard et de la condensation. L'humidité absolue ne suffit pas pour décrire la notion d'humidité et la réaction de la nature et de notre environnement à cette présence d'eau, c'est pourquoi, on a recouru à l'humidité relative notée  $U$  en pourcentage, obtenue par la relation suivante :

$$U (\%) = \frac{e}{e_{w(t)}} \times 100 \quad (8)$$

$e$  : pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air.

$e_{w(t)}$  : pression maximale de la vapeur d'eau correspondant à la température de l'air.

##### Remarques :

- ❖ Si l'air est sec,  $e = 0$  et  $U = 0 \%$ .
- ❖ Si l'air est saturé à la température  $t^\circ\text{C}$ , la vapeur d'eau est saturante et  $e = e_{w(t)}$ , alors  $U = 100 \%$  [80].

Les scientifiques au sein de l'ORSTOM ont utilisé les mesures effectuées par la Météorologie Malgache aux stations synoptiques et climatologiques, soient par des stations équipées d'enregistreurs, mais le plus souvent l'humidité relative est obtenue par lectures du psychromètre à 7 h - 12 h et 17 h [52].

Les résultats démontrent que sur les hautes terres, l'humidité relative moyenne annuelle se situe entre 65 et 75 %. Pour la station d'Antananarivo au sein du DGM, les variations mensuelles de l'humidité relative sont représentées dans la Figure 21 ci-dessous.

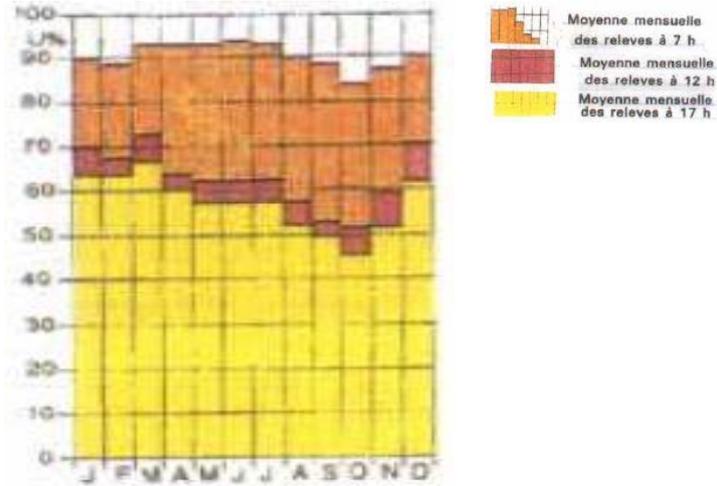


Figure 21 : Variations moyennes mensuelles de l'humidité relative sur Antananarivo

Source : ORSTOM

### Evapotranspiration :

L'évapotranspiration est la combinaison de l'évaporation et de la transpiration, elle englobe l'ensemble des phénomènes qui causent la vaporisation de l'eau. L'évapotranspiration peut être estimée en quantité d'eau par unité de surface, mais elle est généralement traduite en hauteur d'eau, le plus souvent en millimètre (mm). On distingue deux types d'évapotranspiration :

❖ L'évapotranspiration réelle (ETR) d'une région représente l'eau réellement perdue par celle-ci sous forme de vapeur.

❖ L'évapotranspiration potentielle (ETP), l'eau susceptible d'être perdue dans les mêmes conditions quand elle n'est plus facteur limitant.

Dans un bilan hydrique, c'est l'ETP qui est le plus important, puisque c'est à partir d'elle qu'on calcule toutes les valeurs du bilan. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, celle de *Thornthwaite* a l'avantage d'être simple et robuste sous différentes latitudes. L'ETP moyenne mensuelle est calculée par la formule suivante :

### Formule de Thornthwaite

$$ETP(m) = 16 \left[ \frac{10\bar{T}_m}{I} \right]^a F(m, \Phi) \quad (9)$$

Avec :

- ETP(m) : l'évapotranspiration moyenne du mois m (m = 1 à 12) en mm
- $\bar{T}_m$  : moyenne interannuelle des températures du mois, °C
- a :  $0.016 * I + 0.5$
- I indice thermique annuel :

$$I = \sum_{m=1}^{12} i(m) \quad i(m) = \left[ \frac{\bar{T}_m}{5} \right]^{1,514} \quad (10)$$

- $F(m,\phi)$  : facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude (Tableau, Annexe VIII) [45].

Pour la région Analamanga, on a calculé la moyenne mensuelle à partir des température moyenne sur Antananarivo et Ivato entre 1971-2000. Le facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude a été choisi à 20° Sud puisque Analamanga se situe à la latitude -18° 27' 00'' S. Tous les calculs ont été faites sous Excel.

Sur Antananarivo, l'ETP varie de 42 mm en Juillet à 97,26 mm en Décembre, la moyenne annuelle est de 853,54 mm. Avec  $I = 91,96$  et  $a = 1,97144$  (Tableau 7).

**Tableau 7 : ETP moyenne mensuelle (1971-2000) de la station d'Antananarivo par la méthode de Thornthwaite**  
*Source : Auteur*

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
$T_m$	21.4	21.4	21.2	20.3	18.4	16.2	15.4	15.9	17.5	19.6	20.8	21.4
$F(m,\phi)$	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
$i(m)$	9.04	9.04	8.91	8.34	7.19	5.93	5.49	5.76	6.66	7.91	8.66	9.04
ETP	96.41	84.57	87.17	73.93	60.28	44.46	42	46.61	56.88	76.81	87.16	97.26

**Tableau 8 : ETP moyenne mensuelle (1971-2000) de la station d'Ivato par la méthode de Thornthwaite**  
*Source : Auteur*

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
$T_m$	21.7	21.7	21.3	20.4	18.2	15.9	15.1	15.8	17.5	19.7	21	21.6
$F(m,\phi)$	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
$i(m)$	9.23	9.23	8.97	8.41	7.07	5.76	5.33	5.71	6.66	7.97	8.78	9.16
ETP	98.84	86.71	87.75	74.44	58.79	42.67	40.22	45.85	56.67	77.35	88.58	98.81

Sur Ivato, L'ETP varie de 40,22 mm en Juillet à 98,84 mm en Janvier, la moyenne annuelle est de 856,68 mm. Avec  $I = 92,29$  et  $a = 1,97668$  (Tableau 8).

### 5. Indice climatique

Il s'agit de rapports chiffrés servant à caractériser le climat d'une région bien déterminée. Sur ce, il y a plusieurs indices pour donner la nature du climat, mais dans notre cas, l'indice d'aridité de E. de Martonne sera choisi puisque nous voudrions juste voir les généralités. Les résultats donnent pour Antananarivo et Ivato, respectivement, 45 et 50. Ceci classe le climat de la région dans la section « Humide ». Les détails sont présentés dans l'Annexe IX.

## **Synthèse de la partie**

Avant tout analyse, il est nécessaire de référencer et de positionner le contexte étudié. La partie est divisée en 5 chapitre définissant le cadre de l'étude.

–Au premier Chapitre, la présentation des généralités sur les variabilités climatiques ENSO-IOD qui contribuent à la problématique générale.

–Dans le deuxième Chapitre, nous avons surtout insister sur la distinction entre le changement et la variabilité climatique, en définissant le lien entre les deux. A partir de ceci, on a conclu que l'étude se basera sur la variabilité climatique.

–Le troisième Chapitre Au quatrième Chapitre, la définition des mécanismes des précipitations qui présentent la problématique générale ainsi que les généralités sur la sécheresse.

–Au dernier Chapitre, la description de la zone d'étude donne un aperçu complet sur les caractéristiques météorologiques et climatologiques de la zone étudiée.

Au final, la partie donne l'aperçu et la définition de la problématique générale de la présente étude. Et on peut déjà dire qu'on connaît sur quelle région se basera nos recherches, ainsi que quelques généralités sur les connaissances qu'il faudrait acquérir pour mener à bien le mémoire. Nous pouvons maintenant entamer les données et méthodologie employées.