



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

MENTION METEOROLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
LICENCE EN METEOROLOGIE

Parcours : Sciences et techniques de prévisions météorologiques et hydrologiques

**CONCEPTION ET REALISATION
D'UNE APPLICATION POUR
DETERMINER LA VARIATION DIURNE
DE TEMPERATURE A L'AERODROME
D'IVATO A PARTIR DES DONNEES
OGIMET
PERIODE DE 2008 -2017**

Présenté par : LOVANIRINA Santinah Elie

Soutenu le : 23 novembre 2018

PROMOTION 2017



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

MENTION METEOROLOGIE



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE LICENCE
EN METEOROLOGIE**

Parcours : Sciences et techniques de prévisions météorologiques et hydrologiques



Présenté par : **LOVANIRINA Santinah Elie**

- Président : Maître de conférences, Monsieur **RAKOTOVAZAHA Olivier**
- Examineurs :
 - Ingénieur en météorologie, Monsieur **RABENASOLO Mamitiana Alain**
 - Ingénieur en météorologie, Monsieur **RAZAFIELISON Durand Thènes**
 - Ingénieur en météorologie, Monsieur **RANDRIANARINDRINA**
- Directeur de mémoire : Ingénieur en météorologie, Monsieur **RANDRIAMPARANY Solohery**



REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'adresser mes plus vifs et sincères remerciements à tous ceux qui, à quel niveau qu'ils soient, ont participé à ce travail et contribué à son succès. Pourtant, sans l'amour de Dieu et de sa bonté, ce mémoire n'aurait jamais pu être achevé et soutenu.

Ainsi, je suis profondément reconnaissant à :

- Professeur ANDRIANAHARISON Yvon, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (E.S.P.A.) qui a bien voulu autoriser la soutenance de ce mémoire.
- Monsieur RAKOTOVAZAH Olivier, responsable de la Météorologie à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (E.S.P.A.) Maître de conférences, qui n'a pas ménagé ses efforts pour le bon déroulement de notre formation au sein de département et qui me fait l'honneur de présider ce mémoire.
- Monsieur RANDRIAMPARANY Solohery, Enseignant à l'ESPA et instructeur CELICA ASECNA (Agence pour la SECurite de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar) pour ses disponibilités et son meilleur encadrement.
- Aux membres du jury composé de :
 - Monsieur RABENASOLO Alain, Chef unités Observation au sein de l'ASECNA ;
 - Monsieur RAZAFIELSON Durand Thènes, Prévisionniste, Protectionniste au sein de l'ASECNA IVATO, Enseignant à l'ESPA ;
 - Monsieur RANDRIANARINDRINA Solomamy Olive, Enseignant à l'ESPA, Ingénieur de Recherche de la Météorologie ;

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

- Tous les enseignants du Département Météorologie de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (E.S.P.A.) pour les cours et encadrement pédagogiques qu'ils m'ont dispensés pendant les trois années de scolarité.
- Tous les personnels de l'ASECNA qui ont fait preuve d'une grande gentillesse envers moi et qui m'ont chaleureusement encadré et soutenu tout au long de mon stage.

Mes remerciements s'adressent également :

- Plus particulièrement à mes parents pour leurs sacrifices durant ces années, leur soutien moral et financier m'ayant permis d'arriver à ce niveau.
- Mes camarades et ma famille qui m'ont aidé et m'encouragé, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



SOMMAIRES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERALE

CHAPITRE I : PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA TEMPERATURE

DEUXIEME PARTIE : CONCEPTION DE L'APPLICATION

CHAPITRE I : ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT

**CHAPITRE II : LES MESSAGES D'OBSERVATIONS
METEOROLOGIQUE AERONAUTIQUES**

CHAPITRE III : CONCEPTION DE L'APPLICATION

**TROISIEME PARTIE : REALISATION DE L'APPLICATION ET INTERPRETATION
DES RESULTATS**

CHAPITRE I : REALISATION DE L'APPLICATION

CHAPITRE II : INTERPRETATION DES RESULTATS

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

BIBLIOGRAPHIE

WEBOGRAPHIE

ANNEXES

TABLE DES MATIERES



LISTE DES FIGURES

Figure 1: L'aéroport international d'IVATO	2
Figure 2: Vue de haut de l'aéroport international d'IVATO	3
Figure 3: Carte d'aérodrome d'IVATO.....	4
Figure 4: Logos de l'ASECNA	7
Figure 5: La Représentation de l'ASECNA à IVATO	8
Figure 6 : Organigramme du service d'Exploitation de la Météorologie	10
Figure 7: Longueur de piste de décollage pour une élévation de température.....	16
Figure 8: Influence de la température sur la longueur de piste	17
Figure 9: Effets de la températures sur l'aéronef.....	18
Figure 10: Thermomètre à dilatation de liquide	20
Figure 11: Un thermomètre bimétalliques	20
Figure 12: Un thermographe	21
Figure 13: Une station automatique	21
Figure 14: Comparaison entre les thermomètres en degré Celsius et Fahrenheit	23
Figure 15 :Distribution moyenne de la température de surface pour les périodes juin-juillet-août.....	25
Figure 16 : Distribution moyenne de la température de surface pour les périodes décembre-janvier-février.	25
Figure 17: Allure de la variation diurne de la température.....	26
Figure 18: Variation saisonnière de la température.....	27
Figure 19: Distribution verticale de la température.....	29
Figure 20: Coupe vertical d'une cellule de Hadley	32
Figure 21: Brise Montante dans la journée.....	33
Figure 22: Brise de descendante dans la soirée	33
Figure 23 : Variation de température et du pression en fonction de l'altitude.....	36
Figure 24: Variation diurne de température et d'humidité au sol	37
Figure 25: Logos du langage de programmation C++	40



Figure 26 : Icone du logiciel QT	41
Figure 27 : QT avec Windows, Linux et mac.....	41
Figure 28 : Logos de l'OGIMET	42
Figure 29: L'interface du site OGIMET avec les données METAR.....	43
Figure 30: Forme symbolique du METAR	46
Figure 31 : Ordinogramme	64
Figure 32: Aperçu écran du page d'accueil	68
Figure 33: Aperçu écran de l'aspiration des données depuis OGIMET.....	69
Figure 34: Aperçu de l'écran du traitement des données.....	70
Figure 35: exemple d'affichage de courbe issue de l'application « CVT ».....	71
Figure 36: Variation diurne de température d'IVATO en janvier 2008-2017	72
Figure 37: Variation diurne de température en mois de février 2008-2017	73
Figure 38 : Variation diurne de température en mois de mars 2008-2017	74
Figure 39: Variation diurne de temperature en mois d'Avril 2008-2017.....	75
Figure 40: Variation diurne de température mois de mai 2008-2017	76
Figure 41: Variation diurne de température en mois de juin 2008-2017.....	77
Figure 42: Variation diurne de température du mois de juillet 2008-2017	78
Figure 43: Variation diurne de température en mois d'Aout 2008-2017	79
Figure 44: Variation diurne de température mois de septembre 2008-2017	80
Figure 45: Variation diurne de température mois d'octobre 2008-2017.....	81
Figure 46: Variation diurne de température en mois de novembre 2008-2017	82
Figure 47: Variation diurne de température en mois de décembre 2008-2017	83



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les coordonnées de piste d'IVATO	4
Tableau 2 : Comparaison des échelles de température	23
Tableau 3: Temps significatif.....	51
Tableau 4: Nébulosité des nuages.....	53



LISTE DES ABREVIATIONS

A

AEF : Afrique Equatoriale Française
IATA : Association Internationale du Transport Aérien
AOF : Afrique Occidentale Française
ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
AUTO : Automatique

B

BR : Brume
BKN : Broken ou ciel fragmenté

C

Cb: Cumulonimbus
CAVOK: Ceiling And Visibility OK
CVT : Courbe de Variation de Température
COR : correction

E

E : Est
EAMAC : Ecole Africaine de la Météorologie et de l'Aviation Civile
ENE : Est-Nord-Est
ESE : Est-Sud-Est

F

FEW : Few Cloud ou Nuage rare
FMMI : Indicateur d'emplacement OACI de l'aéroport d'IVATO
FL : Flight Level ou niveau de vol

I

IDE : Environnement de Développement Intégré

**M**

METAR : Meteorological Airport Report ou Message d'observation
Météorologique aéronautique régulière

N

N : Nord
NE : Nord-Est
NNE : Nord-Nord-Est
NNO : Nord-Nord-Ouest
NO : Nord-Ouest
NSC : No Significant Cloud

O

O : Ouest
OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OMM : Organisation Météorologiques Mondiale
ONO : Ouest-Nord-Ouest
OVC : Overcast ou ciel couvert
OSO : Ouest-Sud-Ouest

P

POM : Portée Optique Météorologique
PVP : Portée Visuelle de Piste (Runway Visual Range RVR en anglais)

Q

QNH : Query Newlyn Harbour (Pression réduite au niveau de la mer)

S

S : Sud
SCT: SE : Scattered ou Epars
SIGMET : Sud-Est
SIGnificatif METeo



SN :	Snow ou Neige
SO :	Sud-Ouest
SPECI :	Message d'observation Météorologiques Aéronautique spéciale
SSE :	Sud-Sud-Est
SSO :	Sud-Sud-Ouest

I

TEMPO :	Indicateur des fluctuations temporaires d'un ou plusieurs paramètres, durant moins d'une heure et couvrant moins de la moitié de la période de prévision
TEMSI :	TEMps Significatif
TEND :	Tendance
TNR :	Tananarive (Indicateur d'emplacement IATA de l'aéroport d'IVATO)
TU :	Temps Universel

U

U :	Up
UTC :	Universal Time Coordinated
Uv :	Ultra-Violet



LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Descriptions des certaines syntaxes
- Annexe 2 : Qualificateurs de description du phénomène météorologique dans un METAR
- Annexe 3 : Qualificateurs du type de phénomène dans le cas de précipitations atteignant le sol
- Annexe 4 : Qualificateurs du type de phénomène dans le cas d'obstacles en vue
- Annexe 5 : Qualificateurs pour d'autre types de phénomènes
- Annexe 6 : Extrait de la recommandation de l'annexe 3 de l'OACI- Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale
- Annexe 7 : Aperçu du site OGIMET avec les données METAR d'IVATO
- Annexe 8 : Extrait du logiciel QT avec le déroulement de la phase d'élaboration de cette application (fenêtre principale)
- Annexe 9 : Extrait du code correspondant à l'algorithme
- Annexes 10 : Extrait des données décodées enregistrer sous classeur Excel



INTRODUCTION

Parmi les divers domaines d'application de la météorologie on peut citer principalement l'agriculture et l'aéronautique. En effet la plupart des données météorologiques sont utilisés dans toutes les différentes phases de navigation : décollages, atterrissage.... La sécurité aérienne est aujourd'hui une préoccupation majeure de l'ensemble des acteurs du transport aérien. A cette fin, la météorologie aéronautique est une composante critique tant sur le plan de la sécurité et du bien-être des passagers que sur le plan économique pour les gestionnaires d'aéroports.

Un des paramètres météorologiques, très important en aéronautique, c'est la température, elle conditionne la masse volumique de l'air. Un air froid augmente la portance et un air chaud la diminue, raison pour laquelle les avions gros porteurs préfèrent atterrir et décoller la nuit.

L'ASECNA ou Agence pour la SECurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar assure les prévisions des différents paramètres météorologiques, l'une de ces attributions principales. Avec l'évolution du monde de l'informatique, afin d'améliorer l'outil de travail des prévisionnistes et la qualité de prévision des décollages ou atterrissages des aéronefs, le présent mémoire a été réalisé et se porte sur "**La conception et réalisation d'une application pour déterminer la variation diurne de température à l'aérodrome d'IVATO à partir des données OGIMET période de 2008-2017**", Pour se faire, cette étude sera articulée autour de trois grandes parties. La première partie nous présente le contexte général, la deuxième partie traite la conception de l'application. Enfin, la troisième partie présente la réalisation de l'application et l'interprétation des résultats.



PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL



CHAPITRE I : PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

I. Généralités

I.1. Caractéristiques de l'aérodrome d'IVATO



Figure 1: L'aéroport international d'IVATO

- L'aéroport international d'IVATO est localisé à 14Km au Nord-Ouest d'Antananarivo ayant comme coordonnées géographiques :
 - Latitude 18°47'47" Sud
 - Longitude 47°28'34" Est.



- L'aéroport se situe à une altitude de 1279 m soit 4196,14 FT, dans les hautes terres centrales, région caractérisé par un climat tropical d'altitude a hiver froid dont la température moyenne est de 16 à 22°C.
- La température de référence sur le lieu est de 24, 1°C. Les valeurs extrêmes sont enregistrées au mois de février pour la température maximale et au mois de juillet pour la température minimale.
- L'aéroport international d'Antananarivo-IVATO, est abrégé par le sigle TNR dans le code AITA (Association Internationale du Transport Aérien) et FMML dans le code OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale), est un aéroport localisé dans la capitale de Madagascar.
- Il est doté d'une station d'observation météorologique connu par l'indicateur OMM (Organisation Météorologiques Mondiales) : "67083 ".



Figure 2: Vue de haut de l'aéroport international d'IVATO (source : googlemaps)



Tableau 1: Les coordonnées de chaque piste d'IVATO [5]

N°Piste	Direction (en degré)	Coordonnées géographiques
11	114°	18°47'41,04" S 047°27'51,44" E
29	294°	18°47'56,64" S 047°29'36,03" E

- Quant à l'orientation de la piste d'IVATO, elle est d'EST-SUD-EST (ESE) et OUEST-NORD-OUEST(WNW) respectivement 110° et 290°. La piste admet 3100 m de longueur de 45 m de largeur. Le tableau ci-dessous renseigne les coordonnées de la piste en fonction de sa numérotation. [5]

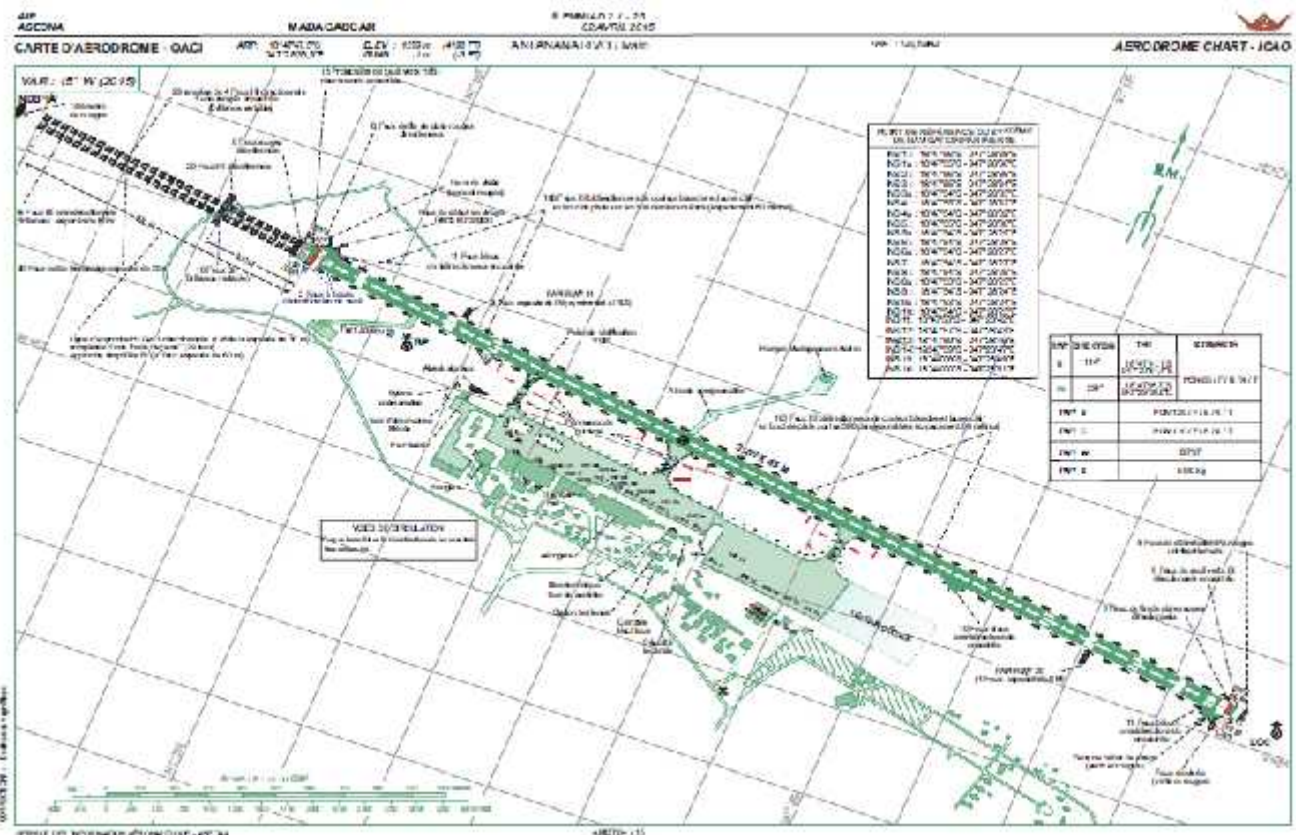


Figure 3: Carte d'aérodrome d'IVATO (source : AIP ASECNA) [5]



I.2 Climatologie d'IVATO

Située dans la zone intertropicale, la station météorologique d'IVATO présente les caractéristiques d'un climat tropical d'altitude. Elle a une température moyenne annuelle de 16 à 22 °C et une pluviométrie moyenne annuelle variant de 1m 25 à 1m 90. Deux saisons bien distinctes se présentent :

- Une saison pluvieuse et moyennement chaude, appelée : Eté, s'étalant de Novembre à Avril.
- Une saison fraîche et relativement sèche, appelée : Hiver, sur le reste de l'année.

I.2.1 Saison fraîche

Elle est entretenue par la cellule océanique semi-permanente de hautes pression dont la position moyenne pendant la période se situe sur le 30ème parallèle Sud. Cette cellule est tributaire du courant de perturbations polaires. Elle est affaiblie ou rejetée temporairement vers le Sud-Est par le passage de dépression et régénérée par les arrivées d'air polaire. Elle est à l'origine du régime d'Est à Sud-Est des vents sur Madagascar connu sous la dénomination " régime d'alizes ". Suivant la position de la cellule de hautes pression d'une part et les arrivées d'air polaire d'autre part, le régime des alizés subit un certain nombre de perturbations internes qui se reflètent notamment sur son intensité.

I.2.2 Saison Chaude

La zone de basse pressions intertropical descend sur l'hémisphère Sud parfois jusqu'au 15ème ou 20ème parallèle. Elle est associée à une activité orageuse plus ou moins forte qui peut rendre même le caractère d'une zone convergence. Elle est aussi, en mer, génératrice des perturbation tropicales (dépressions, cyclones). L'anticyclone océanique ne manifeste plus comme en saison fraîche une présence permanente .Son centre devient beaucoup plus méridional, au Sud du 33ème parallèle Sud .Elle se laisse pousser par les dépressions polaires qui, quelquefois ,monte jusqu'à la latitude de 25° Sud. Son influence sur Madagascar se trouve affaiblie et le régime d'alizés qu'elle engendre arrive sur l'île avec un caractère instable.



Le passage des perturbations polaires au Sud de l'île provoque un soulèvement de la masse d'air qui règne sur le continent Malagasy. Sur IVATO, les activités orageuses se trouvent renforcées. Les foyers orageux se forment en général dans les secteurs Sud-Ouest et Ouest d'IVATO puis en deuxième partie de l'après-midi, ils abordent progressivement le terrain. Très souvent, les orages de ce genre contournent la localité d'IVATO.

I.2.3 Intersaisons

Elles marquent le passage d'une saison à l'autre. Elles se situent de mi-Septembre à mi-Novembre pour le passage de la saison fraîche à la saison chaude et de mi-Mars à mi-Juin pour le passage de la saison chaude à la saison fraîche. Les situations météorologiques n'ont pas une organisation nette et permanente comme en pleine saison. Dans le premier cas, la zone de basses pressions intertropicales commence à descendre vers l'hémisphère Sud mais n'atteint pas encore la position voulue pour la saison chaude. La zone de hautes pressions de l'océan Indien amorce un déplacement vers le sud et présente des marques faibles dans son organisation. Les perturbations polaires arrivent à aborder le sud de l'île. En somme, on remarque une grande mobilité des centres d'actions et très souvent Madagascar se trouve dans une zone à faible gradient barométrique.

Au deuxième intersaison, passage de la saison chaude à la saison fraîche, les mêmes mouvements des centres d'action ont lieu mais en sens inverse. Les situations météorologiques restent sensiblement les mêmes. Du fait du mouvement inverse ; la sensation de fraîcheur est plus marquée au lieu de la sensation de chaleur pour la première intersaison. A IVATO les orages commencent à se faire rares, les premiers jours de brouillards apparaissent. Ceux-ci se dissipent plus longtemps que les brouillards d'octobre. Les formations brumeuses n'ont lieu pratiquement pas. Des renforcements brusques du régime d'alizés donnent déjà l'impression de la pleine saison fraîche mais ils ne durent que deux ou trois jours. En général, le ciel est moins chargé dans la journée, nébulosité inférieure à 5 octas. La visibilité est bonne.



II. Présentation de l'ASECNA



Figure 4: Logos de l'ASECNA (source : ASECNA Online)

II.1. Généralité

Le 12 décembre 1959 à Saint-Louis (Sénégal), les chefs d'Etat et de gouvernement des Etats, autonomes issus des Fédérations de l'AOF ou Afrique-Occidentale Française, de l'AEF ou Afrique Equatoriale Française et du Madagascar, signent une convention qui va donner naissance à l'ASECNA ou agence pour la sécurité de navigation aérienne en Afrique et à Madagascar.

Conformément à l'article 2 de la Convention de Dakar, l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) a pour mission, la prévision et la transmission des informations dans le domaine météorologique, aussi bien pour la circulation en route que pour l'approche et l'atterrissage sur les aéroports communautaires. [III]

Etats Membres : Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Centrafrique, Comores, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Guinée Bissau, Guinée Equatoriale, Madagascar, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Tchad, Togo et la France.



II.2. MISSIONS

Elle gère notamment un espace aérien de 16 100 000 km² réparti en 6 régions d'informations de vol dont ; Antananarivo, Brazzaville, Dakar Océanique, Dakar terrestre, Niamey et Ndjamena. L'ASECNA a pour mission principale d'assurer la sécurité de la navigation aérienne, à savoir le contrôle des vols et le guidage des aéronefs d'un aéroport à un autre, la prévision et la transmission des informations météorologiques. [III]

II.3. Représentation de l'ASECNA à Madagascar

Madagascar fait partie des Etats signataires de la convention de Saint-Louis du Sénégal ; c'est-à-dire membre de l'ASECNA disposant d'une représentation. L'ASECNA à Madagascar a commencé son activité le 31 décembre 1960 avec la Direction de l'Aviation Civile dont le siège s'est trouvé à Tsaralalana. En 1972, la représentation a été transférée à Tsimbazaza avant d'être implantée à l'Aéroport IVATO et son nom est devenu ASECNA comme l'agence mère.



Figure 5: La Représentation de l'ASECNA à IVATO



L'ASECNA à Madagascar est composé des unités qui ont pour objectif de contrôler la sécurité et la qualité de la navigation aérienne. La représentation de l'ASECNA à Madagascar intègre les services suivants :

a. Service Exploitation de la Météorologie :

Il a pour mission d'assurer l'information météorologique, assisté par :

- Le Centre Météorologique Principal (CMP)
- Le Centre Régional de Télécommunication (CRT)
- Les Unités Prévisionnistes
- Les Unités Protectionnistes

b. Service Exploitation de la Navigation Aérienne :

Il assure le guidage de l'avion au décollage et à l'atterrissage. A l'intérieur de ce service, les sous structures chargées de la circulation aérienne comprennent :

- Le Centre Régional de la Navigation Aérienne (CRNA)
- Le Bureau de Piste (BDP)
- Le Bureau d'Information Aéronautique (BIA)
- Le Bureau de l'Exploitation des Télécommunications (BET)
- Le Service de Sécurité Incendie et Sauvetage (SSIS)



c. Organigramme du Service d'Exploitation de la Météorologie

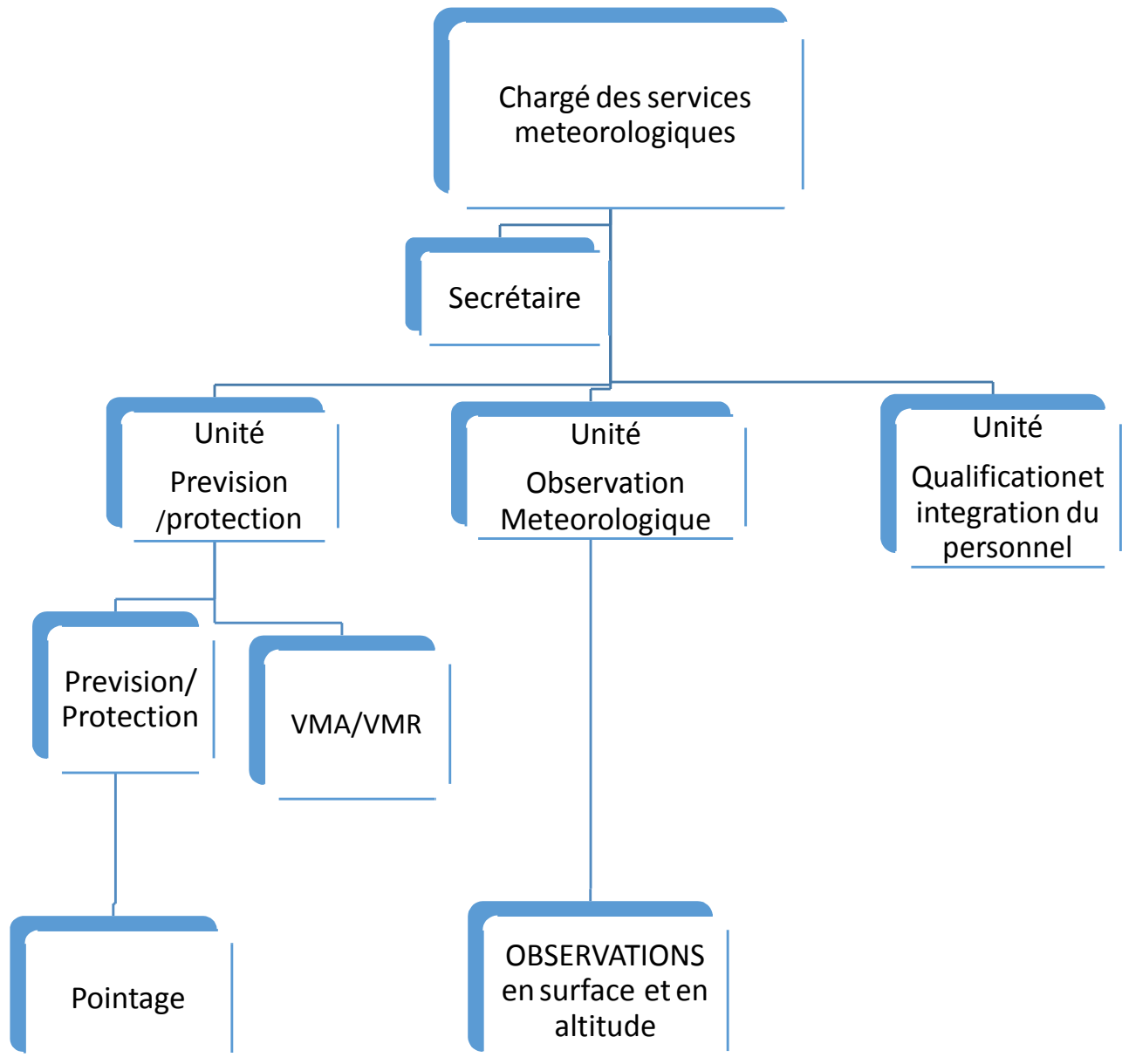


Figure 6 : Organigramme du service d'Exploitation de la Météorologie



III. Prévision météorologique :

Les observations météorologiques sont utilisées en temps réel pour la prévision du temps et la protection des biens et des personnes. Elles sont utilisées directement ou indirectement par les prévisionnistes pour l'analyse et le suivi de l'évolution de la situation atmosphérique. Après la collecte des données observées dans les stations météo, elles sont ensuite transcrites sous formes de messages codés et diffusés dans les centres opérationnels météorologiques où elles sont analysées après être représentées sous forme graphique.

III.1 Prévision

L'aviation a besoin d'une prévision du temps pour la protection des aéronefs en vols, d'où le métier de prévisionniste au centre d'exploitation météorologique. Ce poste est assuré par un ingénieur de la météorologie. Au centre d'exploitation de la météorologie, le métier de prévisionniste consiste aux tracés des cartes en surface pour toutes les heures synoptiques (0600UTC, 1200UTC, 1800UTC, 0000UTC), des cartes en altitudes (cartes contours) pour quelques niveaux standards de la troposphère (700HPA, 500HPA, 300HPA et 200HPA) et des cartes en altitude dans les basses couches (cartes pilotes), et enfin à une analyse de ces cartes pour la rédaction de messages techniques destinés aux pilotes. En fait, les cartes contours permettent d'identifier les bas et hauts niveaux de géo-potentiels ce qui permet de déterminer les zones dépressionnaires, cause du mauvais temps et les zones anticycloniques, signe de beau temps.

Le prévisionniste après avoir fini le tracé de ces cartes, fait l'analyse, élabore et rédige le message de prévision d'aérodrome abrégé TAF.

En centre, il y a trois types de prévision :

- prévision 06/06* valable de 06 heures du matin à 06 heures du matin du jour suivant
- prévision 18/18* valable de 18 heures du soir à 18 heures du soir du jour suivant
- prévision 00/24* valable de 00 heure à 24 heures

Ces trois (3) types de prévision permettent aux ingénieurs de couvrir toutes les heures en fonction du quart (1/4) heure de travail.



Pour pouvoir faire une bonne prévision du temps surtout pour la prévision de décollage, il est très important de connaître l'abaque de la variation de température.

Le travail du prévisionniste est très important en centre, car sachons qu'aucun aéronef ne décolle ni n'atterrisse, aucun navire ne lève l'ancre sans l'indispensable prévision du temps.

III.2 Protection

La protection d'un vol ne peut se faire sans une prévision, c'est pourquoi dans les centres d'exploitations météorologiques nous parlons plutôt de prévi/protect. Le prévisionniste est en même temps le protectionniste du centre. Hormis son travail de prévis, il supervise le travail et assure l'exactitude des renseignements météorologiques en collaboration avec le Veilleur pour la concentration de toutes les données. Il assure la fiabilité de l'exploitation des données recueillies pour donner la prévision ou la protection du vol. Fournit la protection des vols, en particulier pour les prévisions destinées à l'aviation.

Ainsi il est chargé d'établir le dossier de vol en y mettant toutes les informations météorologiques nécessaires au pilote pour une bonne protection météorologique. Il élabore et analyse aussi les cartes de surfaces pour les réseaux intermédiaires synoptiques (0300 UTC, 0900 UTC, 1500 UTC, 2100 UTC) pendant son quart (1/4) d'heure de travail sans oublié l'analyse de l'émagramme 761 pour connaître l'état de l'atmosphère.

III.3 Pointage

Les cartes synoptiques principales sont pointées automatiquement par l'ordinateur. Il y a les cartes synoptiques intermédiaires de surface de 0900 UTC, pour le pointage en altitude, ce sont les cartes de 1200 et 0000UTC qui sont pointées. Il faut remarquer que les cartes synoptiques principales couvraient une très grande zone ; tandis que les cartes synoptiques intermédiaires couvraient uniquement la zone de l'Océans Indien.



III.4 Veille Météorologique d'aérodrome

La veille est l'une des parties clé de l'exploitation. Le veilleur a la lourde responsabilité de surveiller l'évolution du temps sur l'aérodrome en se basant sur l'évolution des paramètres tels que la température, la pression, le vent, l'humidité, les nuages, la portée visuelle de piste, la visibilité dominante à partir des repères de visibilité à l'aérodrome et s'ajoute l'occurrence prévu, apparition ou cessation de la manifestation d'un ou des phénomènes météorologiques.

Le veilleur rédige un METAR (Meteorological Airport Report) et un MET REPORT qu'il les transmet toutes les trente (30) minutes pour le cas de la VMA (Veille Météorologique d'aérodrome) de l'ASECNA IVATO. Si les conditions sont remplies des messages SPECI et/ou SPECIAL seront rédigés et transmis immédiatement.

Notons qu'un METAR ou un SPECI est un message aéronautique en langage codé avec une forme symbolique commune, tandis que les MET REPORT et SPECIAL sont des messages en langage clairs, lisible directement.



Chapitre II : GENERALITES SUR LA TEMPERATURE

I. Définitions

- C'est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie.

Dans la vie courante, elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement.

- La physique la définit de plusieurs manières : comme fonction croissante du degré d'agitation thermique des particules (en théorie cinétique des gaz), par l'équilibre des transferts thermiques entre plusieurs systèmes ou à partir de l'entropie (en thermodynamique et en physique statistique).

- En météorologie générale, la température est une qualité de l'air ou de tout autre objet matériel. C'est une grandeur physique non mesurable. On dit qu'on la repère (car la somme ou la différence de deux températures n'a pas de sens). Elle indique en quelque sorte le taux d'énergie calorifique que renferme une particule d'air ou un objet considéré. La température est une variable importante dans d'autres disciplines : médecine et chimie.

I.1 Méthode d'observation de la température minimale

La température minimale en un lieu donné est la température de l'air la plus basse atteinte en ce lieu au cours d'un intervalle de temps prédéterminé. Des intervalles de temps successifs de 24 heures déterminent ainsi en chaque site de mesure la température minimale quotidienne, qui survient le plus souvent peu après le lever du jour. Afin d'assurer la synchronisation des observations à l'échelle mondiale, on convient en météorologie que cette dernière grandeur est, pour un jour J, la température la plus basse qui ait été relevée sur le site entre le jour J-1 à 14 heures UTC et le jour J à 14 heures UTC.



Pour information, le minimum du jour J peut avoir lieu après le relevé du matin. Une deuxième mesure de la température minimale en fin de journée à 14 heures UTC serait donc idéale avec un nouvel amorçage de l'index.

La température minimale est mesurée par le thermomètre à minimum constitué d'un index rouge qui est déplacé par un liquide spécifique (l'alcool) en fonction des variations de température de l'air. Après chaque lecture de température minimale, il faut procéder à un amorçage de l'index. Pour cela, il suffit d'incliner le thermomètre de manière à ce que l'index, par son poids, vienne buter au bout du liquide. [2]

1.2 Méthode d'observation de la température maximale

La température maximale en un lieu donné est la température de l'air la plus élevée atteinte en ce lieu au cours d'un intervalle de temps prédéterminé. Des intervalles de temps successifs de 24 heures déterminent ainsi en chaque site de mesure la température maximale quotidienne, qui survient le plus souvent en cours d'après-midi. Afin d'assurer la synchronisation des observations à l'échelle mondiale, on convient en météorologie que cette dernière grandeur est, pour un jour J, la température la plus élevée qui ait été relevée sur le site entre le jour J à 4 heures UTC et le jour J+1 à 4 heures UTC.

C'est le thermomètre à maximum qui est utilisé pour mesurer la température maximale. Il est composé d'un tube contenant du mercure. Lorsque la température augmente, le mercure franchit un étranglement situé au-dessus du réservoir à mercure. Lorsque la température diminue, cet étranglement empêche le mercure de revenir dans son réservoir. L'extrémité du mercure dans le tube indique la température maximale. Après le relevé de la température maximale, il faut forcer le passage du mercure dans l'étranglement en secouant le thermomètre dans un mouvement sec allant du haut vers le bas.



I.3. Utilité de la température en aéronautique

La météorologie joue un rôle capital en aéronautique. Elle se préoccupe d'observer et de mesurer l'atmosphère, avec pour objectif principal d'anticiper son évolution. Le pilote est contraint de tenir compte de l'ensemble de ces facteurs météorologiques lors de la préparation du vol. Pour ce faire le pilote dispose de plusieurs "outils" (type TAF, METAR, ...)

I.3.1 Pendant le décollage

- Lorsque la **température** augmente, la distance de décollage augmente. Lorsqu'il fait chaud, l'air est moins dense. Il y a donc moins d'air pour porter l'aile de l'avion et alimenter le moteur. On observe que , la masse volumique, diminue quand la température diminue. Pour une même altitude, l'avion verra ses performances diminuer si la température augmente. En vertu de la loi des gaz parfaits, une augmentation de température entraîne une diminution de la masse volumique, directement liée à la force de portance de l'appareil. [9], [VII]

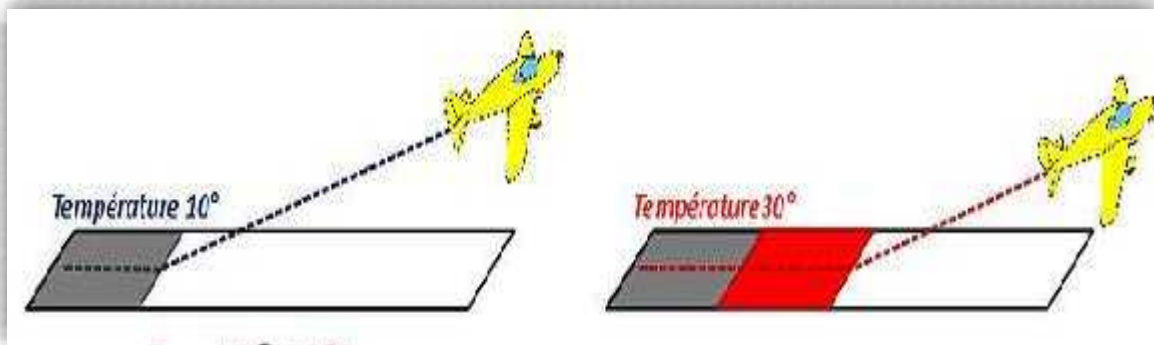


Figure 7: Longueur de piste de décollage pour une élévation de température [VII]

Cette chaleur a forcé l'annulation du décollage de plusieurs avions. La première raison pourrait être la surchauffe des moteurs mais ce n'est pas la seule et unique cause. La température joue un rôle déterminant sur le décollage des avions. Levons le mystère tout de suite, plus la température est élevée, plus la distance de décollage nécessaire est importante. Cela veut dire que l'avion devra



parcourir une plus longue distance sur la piste afin de décoller car il aura besoin d'atteindre une vitesse plus élevée qu'à l'accoutumé pour pouvoir s'élever du sol. Sa prise d'altitude sera également beaucoup plus lente.

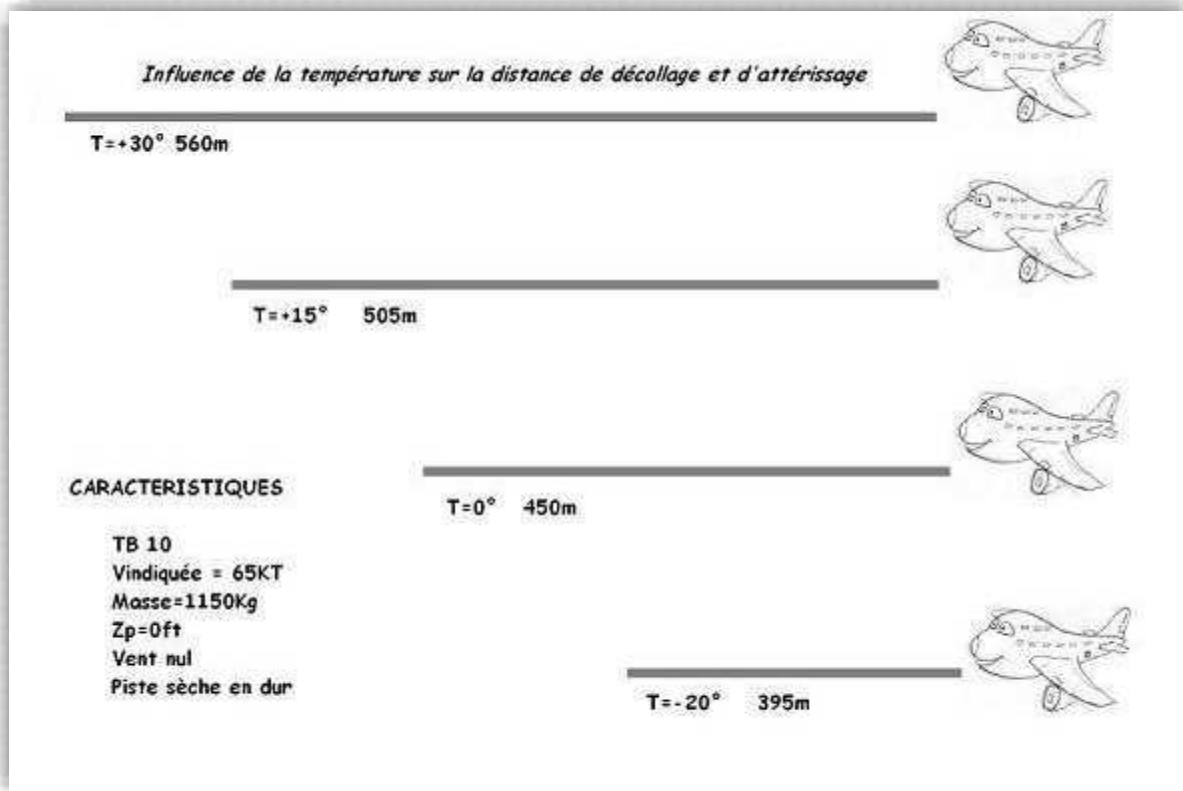


Figure 8: Influence de la température sur la longueur de piste [VII]

- Le problème c'est que par température extrêmement forte, les pistes des aéroports risquent d'être trop courtes pour voir un avion décoller. Et même si l'avion décolle avant d'atteindre le bout de piste, il prendra de l'altitude beaucoup plus lentement qu'il en a l'habitude. Ainsi, il risque de voler à une altitude trop basse pour éviter les obstacles aux alentours de l'aéroport.

Bien sûr, ce sont des mesures de sécurité qui ne sont pas forcément appliquées partout (cela dépend des pays, des avions utilisés, de la taille des pistes ainsi que de la géographie autour des aéroports). Par exemple certains avions sont mieux adaptés que d'autres pour ces situations en atteignant des vitesses élevées rapidement. Le poids de



l'avion joue aussi fortement sur sa prise de vitesse. Second exemple dans un aéroport situé en altitude, par température douce voire chaude il sera tout aussi difficile de décoller que par 50°C proche du niveau de la mer puisque la densité de l'air diminue avec l'altitude.

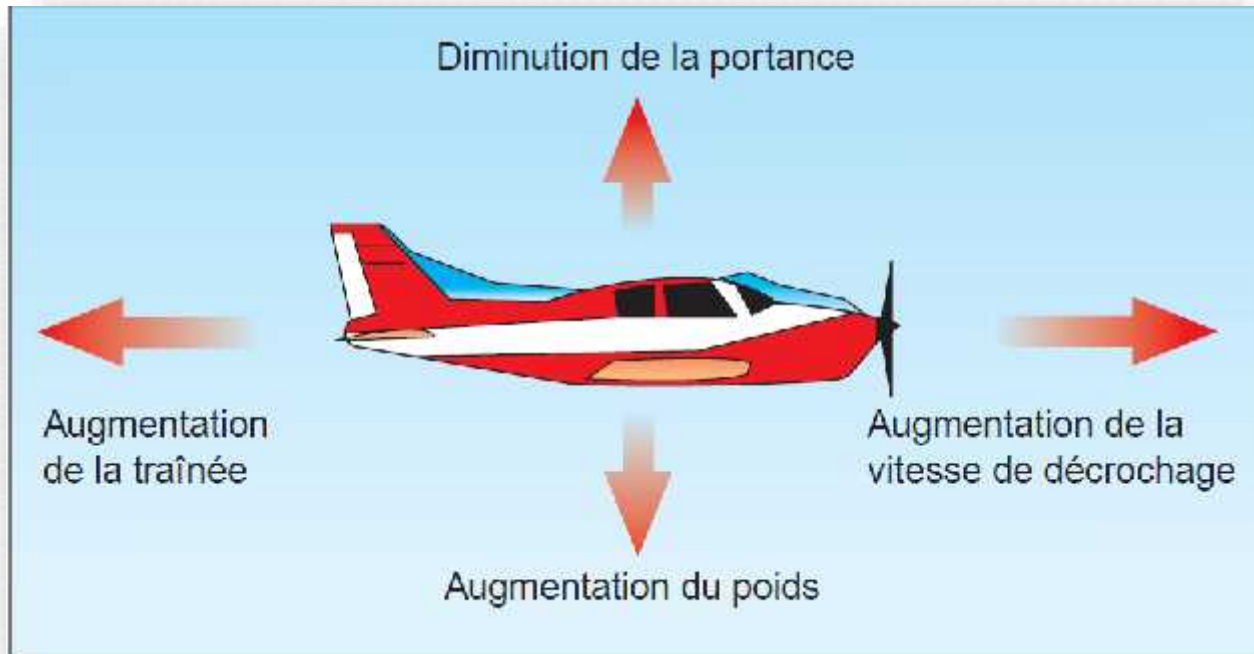


Figure 9: Effets de la températures sur l'aéronef [VII]

- Pour des températures négatives, on peut retrouver des dépôts de glace sur certaines parties de l'appareil ce qui peut avoir de multiples conséquences sur le vol et les manœuvres au sol.
- Il est à noter également que la dissipation rapide d'un brouillard est plus probable lorsque la température augmente.

I.3.2 Le givrage

La connaissance de la température permet de localiser la zone susceptible a la présence de givrage. Ce phénomène est défini comme étant un dépôt de glace opaque ou transparent, due à la diminution de la température, adhérant à certains éléments d'un



aéronef, en particulier et d'abord aux éléments exposés au vent relatif et à ceux présentant des parties anguleuses (bords d'attaque, rivets, mâts d'antenne...).

Ces conséquences sur l'aéronef sont les suivantes :

- ✓ Modification du profil aérodynamique de l'aéronef
- ✓ Alourdissement de l'avion
- ✓ Blocage total ou partiel des systèmes de commandes des gouvernes
- ✓ Affectation du rendement des hélices, lorsque celles-ci sont enrobées d'une gangue de glace plus ou moins régulier, il s'en suit des vibrations des pales et le risque sous l'effet de la force centrifuge de projection de morceaux de glace en direction de la cabine
- ✓ Perturbation du régime des réacteurs par obstruction des entrées d'air, par blocage ou détérioration des aubes du compresseur, dans certains cas il arrive même que le réacteur cesse de fonctionner.
- ✓ Diminution de la pression d'admission et la vitesse de rotation d'un moteur à piston, il peut en résulter parfois une panne de moteur.
- ✓ Obstruction des prises d'air nécessaire au fonctionnement de certains instruments de bord.
- ✓ Dérèglement du fonctionnement des antennes radio
- ✓ Son dépôt sur les vitres, rend le pare – brise plus ou moins opaque et réduit la visibilité du pilote vers l'extérieur de la cabine. [9]

II. Les instruments de mesure de la température

• Tous les appareils mesurant la température fonctionnent sur un principe similaire. Un élément de référence possède des caractéristiques connues qui varient selon la température :



- Le thermomètre à air est le premier appareil mesurant la température. Cet appareil indique trois températures : air refroidi par la neige, air réchauffé par la flamme d'une bougie et le point médian.
- Dans le cas du thermomètre à mercure, c'est la dilatation des corps (solides, liquides ou gazeux). Cependant, il peut également s'agir de toute autre propriété physique comme la variation électrique dans le cas de thermocouple ou de la couleur d'émission de la lumière pour les senseurs infrarouges.

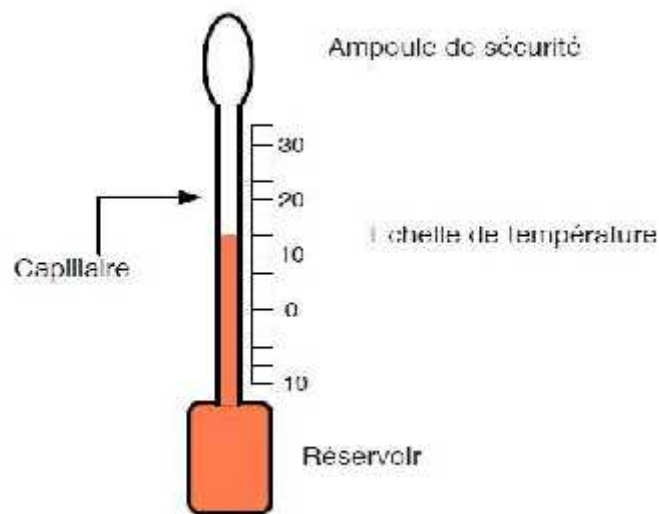


Figure 10: Thermomètre à dilatation de liquide

- Des thermomètres bimétalliques utilisant la déformation des métaux par la chaleur,



Figure 11: Un thermomètre bimétalliques



- Des thermomètres enregistreurs à tube de Bourdon, aussi appelés thermographes, sont inventés. Un thermographe est un instrument de mesure composé d'un stylet qui enregistre mécaniquement les variations de température sur un diagramme



Figure 12: Un thermographe

- Il y aussi le capteur automatique des températures ou bien des appareils électroniques. On le trouve souvent dans station automatiques

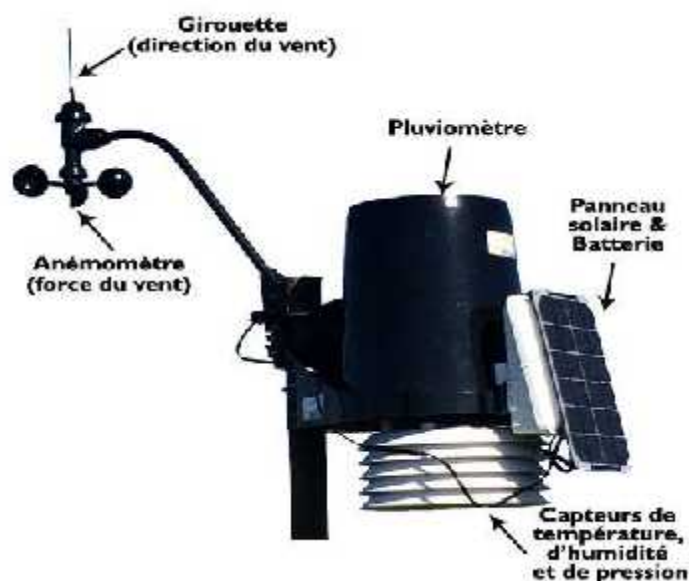


Figure 13: Une station automatique



- Le thermomètre à maxima et minima permet de mesurer la température maximale et minimale sur une période de temps. Le thermomètre à maxima/minima est un tube en U rempli de liquide avec deux indicateurs qui montrent les températures maximale et minimale atteintes depuis la dernière initialisation. La localisation (ombre, soleil) du thermomètre peut avoir une influence directe sur les mesures.
- La mesure de la température en surface s'effectue à 1,50 m au-dessus du sol par le moyen de thermomètres dont les plus courants sont à mercure ou à alcool. Dans le cas des observations utiles à l'aéronautique, cette mesure s'effectue toute les heures.
- En ce qui concerne la température en altitude, elle s'obtient par le moyen de radiosondage que l'on effectue deux fois par jour donnant non seulement la température, mais aussi la pression et l'humidité en altitude jusqu'à 30 km au-dessus du sol.
- La température est mesurée au sol et à différents niveaux au-dessus du sol ainsi que dans le sol. L'unité internationale pour exprimer ce paramètre est le kelvin (°K). En météorologie le degré Celsius (°C) est utilisé (0°C=273.15 K). Les anglo-saxons conservent encore parfois le degré Fahrenheit (°F). La relation existe entre ces unités est la suivante :

$$\frac{T(^{\circ}F) - 32}{180} = \frac{T(^{\circ}C) - 273.15}{100} = \frac{T(^{\circ}K)}{100}$$

Avec,

$T_{(K)}$: Température en degré Fahrenheit

$T_{(C)}$: Température en degré Celsius

$T_{(F)}$: Température en degré Kelvin

**Formules de conversion :**

$$T_C = (5/9) * (T_F - 32) = T_K - 273,15$$

$$T_F = (9/5) * T_C + 32 = (9/5) * T_K - 459,67$$

$$T_K = T_C + 273,15 = (5/9) * (T_F + 459,67)$$

Avec,

T_F : Température en degré Fahrenheit

T_C : Température en degré Celsius

T_K : Température en degré Kelvin

Tableau 2 : Comparaison des échelles de température

Echelle	°C	°F	°K
Zero absolu	-273,15	-459,67	0
Fusion	0	32	273,15
Ebullition	99,98	212	373,13

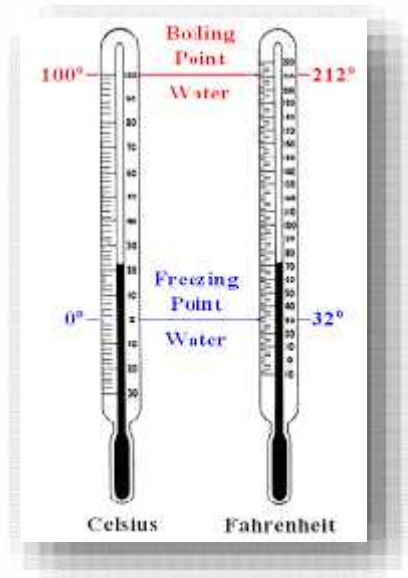


Figure 14: Comparaison entre les thermomètres en degré Celsius et Fahrenheit



III. Les variations de la température

III. 1 Variation temporelle de la température

Le phénomène de succession des jours et des nuits tout comme celui de la succession des saisons est une donnée essentielle pour la compréhension de l'existence d'une distribution temporelle de la température à la surface du globe et dans l'atmosphère. Elle aura de surcroît une variation cyclique compte tenu des effets prépondérants des facteurs astronomiques. On notera ainsi un cycle diurne et un cycle saisonnier de la température.

Les variations interannuelles de la température montrent ces dernières années un réchauffement de la planète et un changement de climat.

L'évolution annuelle de la température suit la marche du rayonnement solaire incident (Fig.15 et 16). Ainsi on observe à l'équateur un double passage, et un passage unique aux tropiques.

Le soleil rayonne dans tout l'espace. La quantité d'énergie reçue à la surface du globe ou en un point de la terre est fonction de l'exposition de la surface par rapport aux rayons solaires incidents et donc fonction de la latitude.

L'énergie reçue au niveau des pôles est minimale comparée à celle reçue des régions équatoriales. Il en résulte une variation horizontale de la température. Cette distribution est à l'origine de la différence des climats constatée des régions polaires, tropicales et tempérées. La température décroît à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur à raison de 1°C tous les 2° de latitude. Toute fois le maximum de température sur un méridien donné ne correspond pas forcément avec l'équateur géographique.

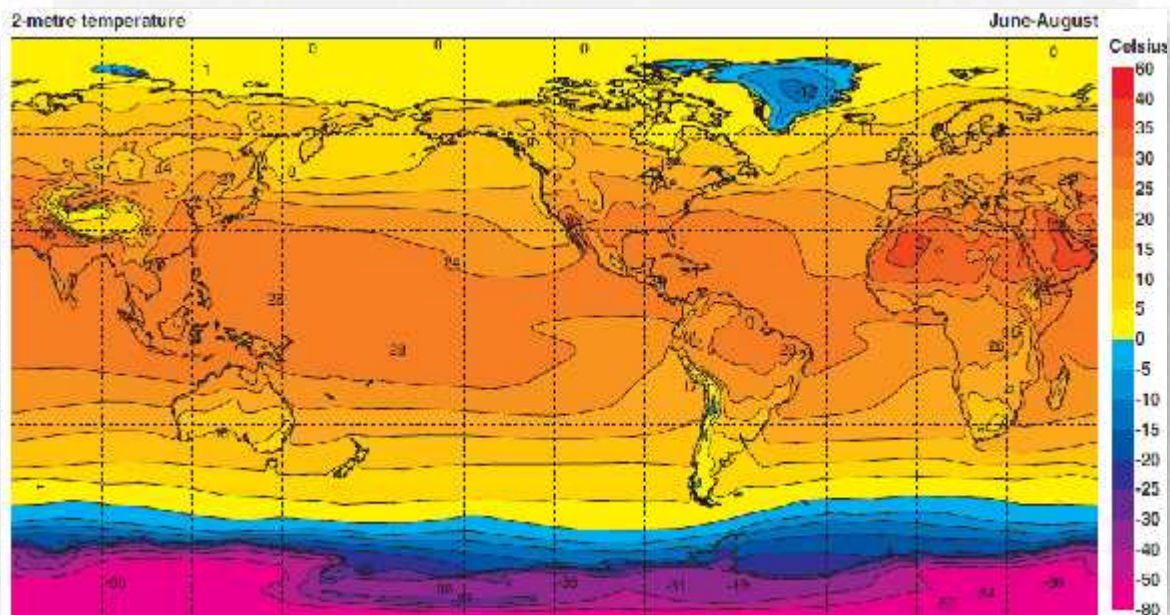


Figure 15 :Distribution moyenne de la température de surface pour les périodes juin-juillet-aout.
(Source : www.meteorologic.net)

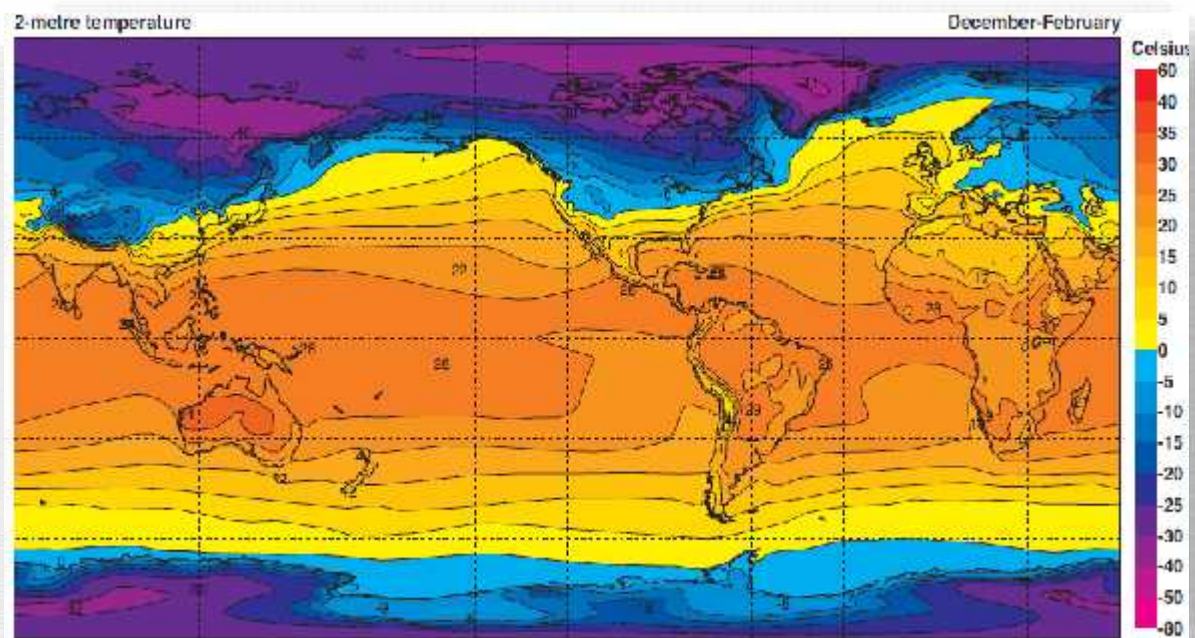


Figure 16 : Distribution moyenne de la température de surface pour les périodes décembre-janvier-février.
(source : www.meteorologic.net)



III.1.1 Variation diurne de la température

En l'absence de perturbations, une oscillation diurne de la température est observable. Son amplitude varie en fonction du lieu et de la saison. Elle croît :

- sur les continents quand la latitude diminue,
- avec l'aridité du sol,
- lorsque la quantité de vapeur d'eau diminue
- pour un lieu donné avec la hauteur de culmination du soleil,
- lorsque le ciel est dégagé.

Le minimum de température au voisinage du sol a lieu généralement une demi-heure après le lever du soleil, le maximum deux heures environ après le passage du soleil au zénith. Ce décalage correspond au temps nécessaire à l'atmosphère pour emmagasiner l'apport énergétique maximal et le transmettre à ses basses couches.

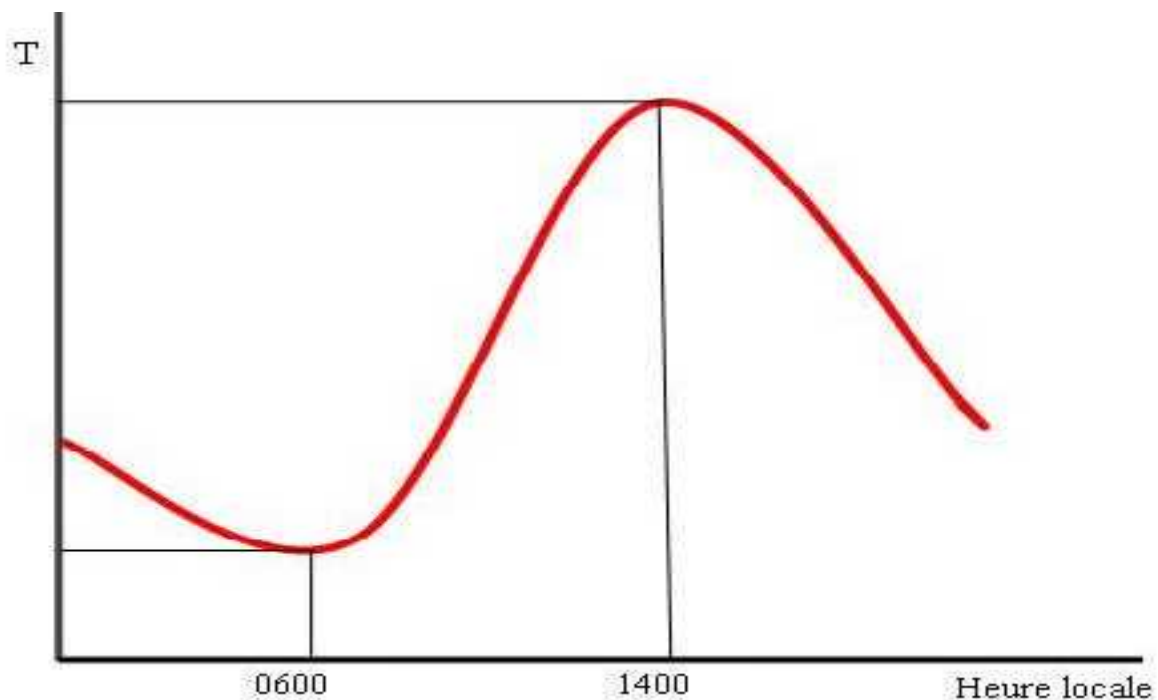


Figure 17: Allure de la variation diurne de la température



III.1.2 variation annuelle de la température :

Tout comme l'éclairement solaire dont elle est la matérialisation, la température affiche une variation saisonnière et annuelle. Le cycle annuel de la température s'observe en utilisant les moyennes des mois les plus chauds contrastées aux moyennes des mois les plus froids.

La Terre tout en effectuant un mouvement de révolution sur son orbite autour du soleil, est également en rotation sur son axe, qui est incliné de 23.27° par rapport à la verticale. Cette inclinaison ne varie pas au cours de l'année, du moins pas de façon détectable, de telle sorte que le pôle Nord est orienté vers le soleil au mois de juin, et à l'opposé au mois de décembre. De ce fait, en juin, l'hémisphère Nord se trouve en été car il est chauffé plus intensément que l'hémisphère Sud, qui entre alors dans l'hiver. Six mois plus tard, la situation est inversée : c'est l'été au sud et l'hiver au nord.

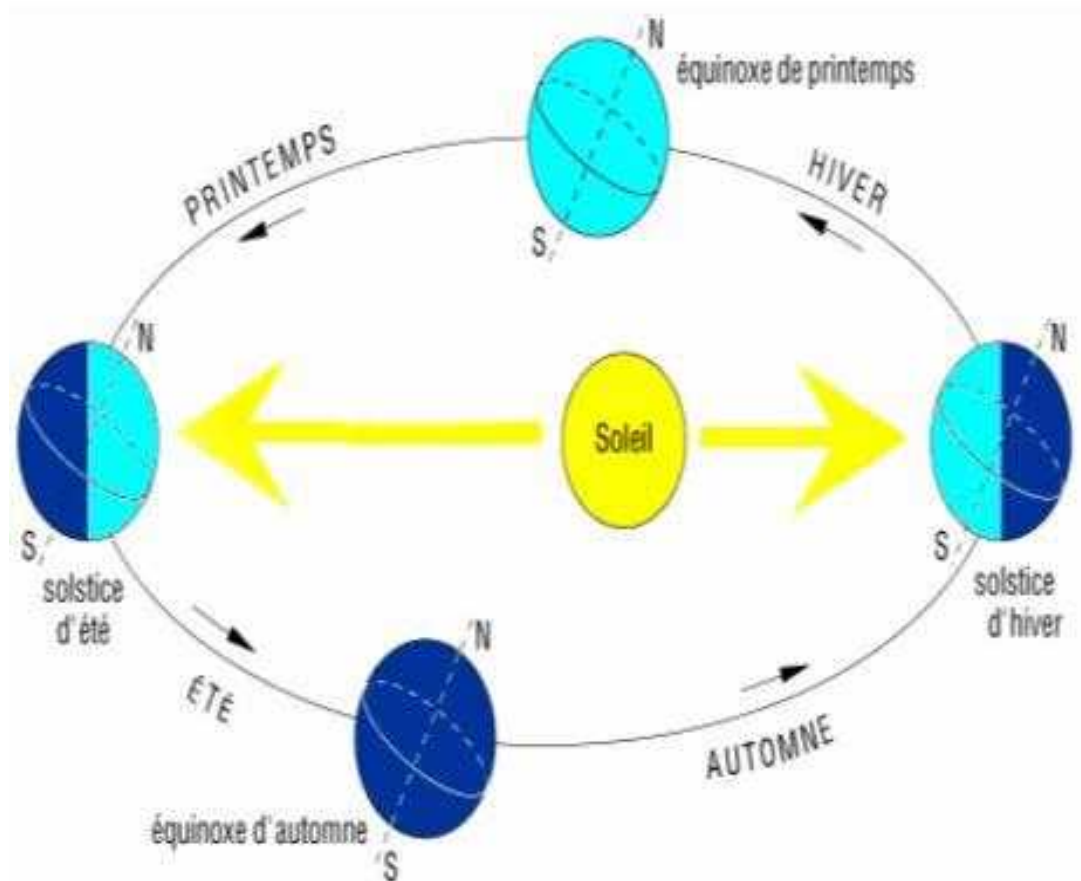


Figure 18: Variation saisonnière de la température



III.2 Variation spatiale de la température

Les rayons solaires atteignent tous les points du globe terrestre. La quantité d'énergie reçue à la surface du globe sera fonction de la position de celle-ci par rapport au rayonnement solaire incident et est ainsi fonction de la latitude. Ce qui implique la variation horizontale de la température.

Le mouvement apparent Est-Ouest du soleil a pour conséquence la distribution zonale de la température sur la surface du globe. Cette grandeur qui en théorie est la même sur un parallèle donné se verra influencer par les caractéristiques du sol et de la topographie (influence des étendues d'eau, des reliefs, de la végétation, de l'altitude, du degré de continentalité). En général, la température diminue quand la latitude augmente car l'énergie solaire reçue diminue quand la latitude augmente.

Par ailleurs, les phénomènes de dispersion, d'absorption, de diffusion de la lumière ou tout autre phénomène de transfert ou d'échange d'énergie au sein de l'atmosphère ou du système terre-atmosphère ont permis de déceler une autre variation de la température : la variation verticale. Les limites de ces différentes couches ont été fixées selon les discontinuités dans les variations de la température en fonction de l'altitude. Ainsi, on distingue cinq couches atmosphériques caractérisées par des variations différentes de la température. Il s'agit de bas en haut de la troposphère, de la stratosphère, de la mésosphère, de la thermosphère, et de l'exosphère. Toutefois, les phénomènes météorologiques s'observent essentiellement dans les deux premières couches, en particulier dans la troposphère qui contient 80 à 90 % de la masse totale de l'air et la quasi-totalité de la vapeur d'eau. Ces deux premières couches sont brièvement décrites ci-dessous :

- Une couche de décroissance générale de la température avec l'altitude s'étendant du sol à 12 km environ : c'est la troposphère.
- Une région supérieure où la température croît avec l'altitude : c'est la stratosphère.
La couche de transition entre la troposphère et la stratosphère est généralement peu épaisse et se caractérise par une température constante de -56.5°C : c'est la tropopause.

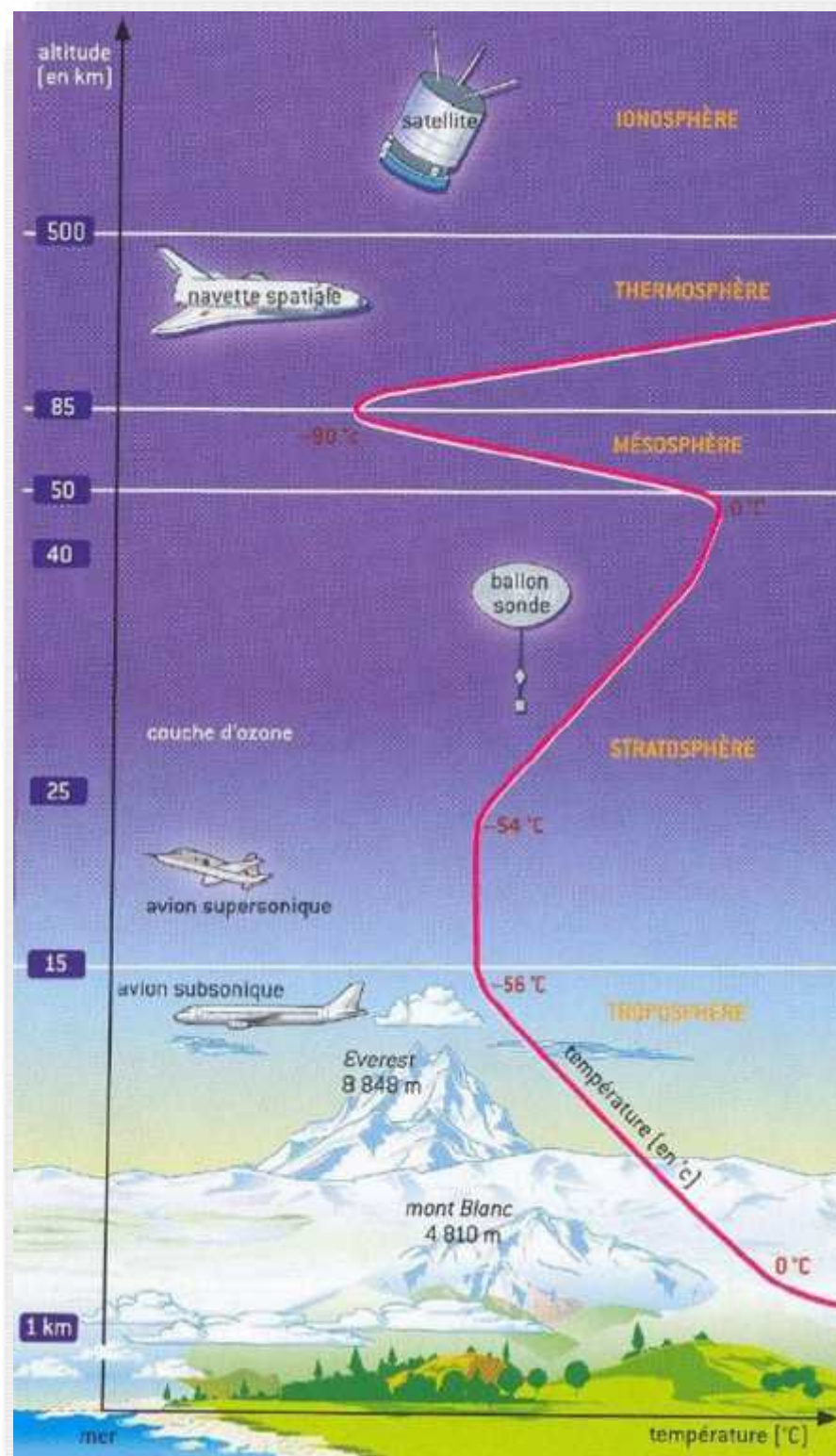


Figure 19: Distribution verticale de la température [2]



III.2.1 La troposphère

On y distingue les couches suivantes :

❖ La Couche turbulente

La couche turbulente est l'une des couches qui constituent la troposphère. Elle s'étend du sol jusqu'à 1500 m (en région de plaine). Sur un sol aride (sec) à un moment où la température atteint une valeur maximale, on peut avoir une décroissance de 4°C pour 100 m.

Parfois en ciel clair et pendant la nuit, la température peut croître en raison de 10°C par 100 m. (Inversion de température).

❖ L'Atmosphère I

Elle s'étend de 1500 m à la limite inférieure de la tropopause. Dans cette couche la décroissance de la température est plus régulière que dans la couche turbulente. L'influence de la température des sols est négligeable à l'échelle de la journée. Il peut y avoir des variations accidentelles de la structure thermique imputable soit à la superposition des masses d'air, soit aux transferts verticaux descendants qui apparaissent dans les anticyclones.

III.2.2 La tropopause

La tropopause est la mince couche de transition entre la troposphère et la stratosphère.

❖ La première tropopause est la limite supérieure de la troposphère.

C'est le niveau le plus bas auquel le gradient vertical de température devient égal ou inférieur à 2°C par km et que le gradient moyen entre ce niveau et tous les autres niveaux distants de moins de 2 km ne dépasse pas 2°C par km.

❖ Si au-dessus de la première tropopause le gradient vertical moyen entre un niveau quelconque et tous les niveaux supérieurs distant d'au moins 1 km dépasse 3°C par km ($3^{\circ}\text{C}/\text{km}$) une deuxième tropopause est défini dans les mêmes



conditions que la première tropopause. La tropopause est le niveau le plus bas (au-dessus de 5000 m) où la température diminue de moins de 2°C par km ($2^{\circ}\text{C}/\text{km}$) et ceux-ci sur une épaisseur d'au moins 2000 m. [2]

III.2.3 La stratosphère

Dans la stratosphère la température croît en moyenne pour devenir voisine de 0°C vers 50 km. La croissance de la température s'explique par l'ozone qui absorbe les radiations UV (Ultra-Violet) émises par le soleil.

IV. LES CAUSES DE LA VARIATION DE LA TEMPERATURE

IV. 1. *L'effet des paramètres météorologiques sur la température*

IV. 1.1 Le vent

- **Généralités sur le vent**

Le vent représente l'écoulement horizontal de l'air dû aux différences des pressions. Le vent est entre autres influencé par : l'exposition aux rayons du soleil, la rotation de la terre, le relief, la présence d'étendues d'eau.

- **Formation des vents à l'échelle synoptique**

- ❖ **La formation des vents verticaux :**

Le vent vertical apparaît à cause des différences de densité de l'air en fonction de la température. En effet, l'air chaud est moins dense que l'air froid. C'est pourquoi l'air chaud monte, il se crée alors une zone de basse pression au sol et l'air froid descend et crée une zone de haute pression. Il en découle alors des mouvements de masses d'air horizontaux afin d'équilibrer les différentes pressions.

- ❖ **La formation des vents horizontaux**

Les mouvements verticaux créent des zones de basse et de haute pression au sol. Afin d'assurer un équilibre, il se crée des mouvements d'air des zones de haute pression vers les zones de basse pression. Madagascar se situe dans la zone tropicale



directement influencé par l'anticyclone des Mascareignes qui est une des branches descendantes de la cellule de Hadley.

Cette figure ci-après présente le concept de la formation des anticyclones par la cellule de Hadley. Les vents semi-permanents créés par la cellule fermée de Hadley transportent de l'énergie à travers le globe en confrontant les masses d'air froid et les masses d'air tropical.

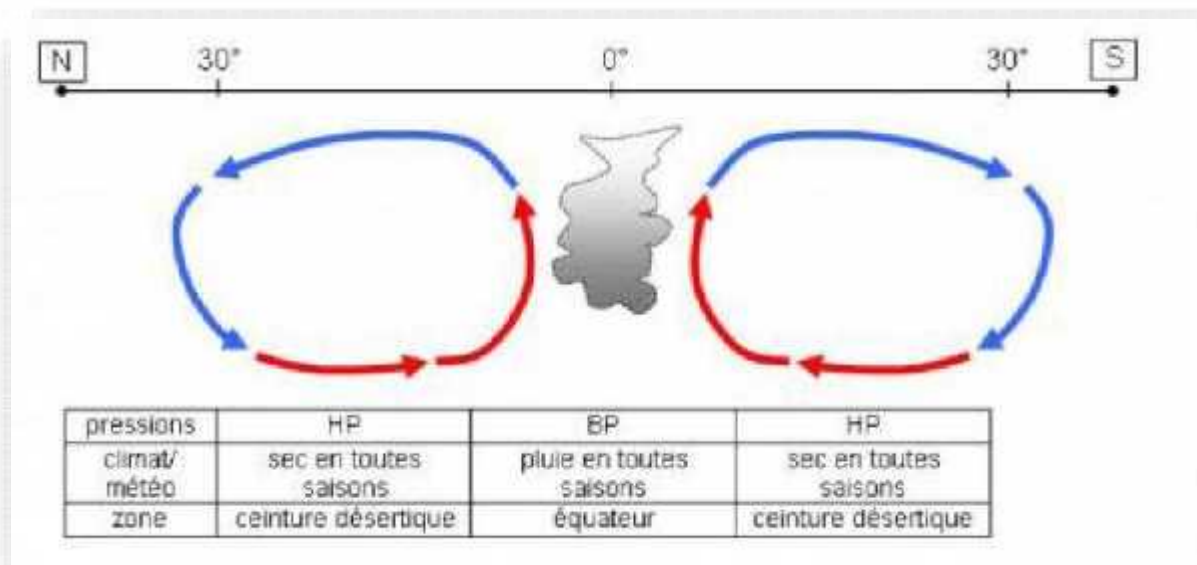


Figure 20: Coupe vertical d'une cellule de Hadley [VI]

• Formation des vents à petite échelle

Parmi les vents les plus courants, on peut citer la brise de mer et la brise de terre. En montagne, la brise de vallée et la brise de montagne se forment de façon analogue. Dans le cas de notre étude, la zone d'étude se situe dans la partie centrale de l'île, donc loin de la mer ; ce qui signifie qu'elle y est négligeable. Tandis que les brises de montagne et de vallée peuvent se développer en toute période de l'année à cause de la topographie constituée des pentes et vallées favorables à leurs formations.



La brise de vallée se manifeste dans la journée lorsque l'air frais de la vallée est aspiré vers la hauteur, où le réchauffement crée une zone de basse pression. Par contre la nuit, **la brise de montagne** descend vers la vallée, où l'air se refroidit moins que dans les montagnes.

Le vent part de la vallée pour monter vers les sommets. Ce vent commence à monter en régime vers le milieu de matinée et forcite jusqu'au début d'après-midi. Il faiblit ensuite pour tomber en fin d'après-midi. Lorsque le soleil disparaît derrière les reliefs environnants, les pentes à l'ombre se refroidissent et la brise se fait alors descendante. La brise montante s'établit plus vite sur les versants exposés au soleil dès le matin et la brise descendante s'installe plus vite sur les versants à l'ombre plus tôt dans l'après-midi.

Illustrons ces phénomènes par les figures suivantes :

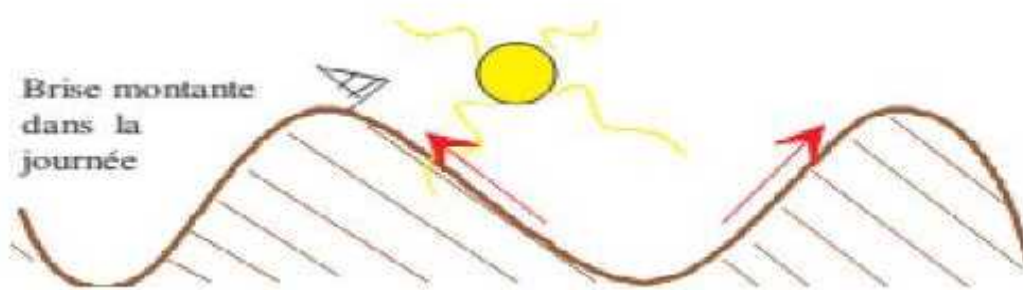


Figure 21: Brise Montante dans la journée

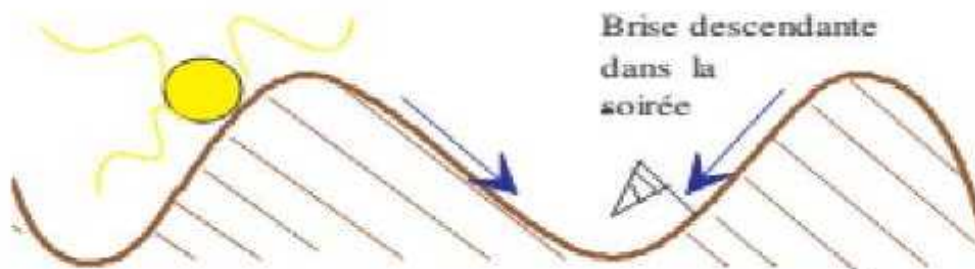


Figure 22: Brise de descendante dans la soirée



• Conséquences des vents sur la température

La sensation de froid qu'on ressent est due en partie à l'effet du refroidissement éolien ou le facteur vent qui est une diminution perçue de la température de l'air ressentie par le corps. Il ne faut pas confondre la température et la sensation de chaud ou de froid. Celle-ci dépend de la température, mais aussi de la vitesse du vent, du type de vêtements portés et de conditions physiologiques. On peut expliquer l'effet des vents par les concepts suivants :

❖ Les vents et les températures pendant la journée :

Les vents diluent la mince couche d'air chaud située près du sol dans de l'air non réchauffé. Plus le vent est fort, moins la hausse de température est sensible. Un fort vent rend difficile le réchauffement diurne.

❖ Les vents et les températures pendant la nuit :

Les vents diluent la mince couche d'air froid dans de l'air non refroidi. Plus le vent est fort, moins la baisse de température est sensible. Un vent fort rend difficile le refroidissement. Pour estimer le refroidissement dû au vent, on peut utiliser la formule suivante

$$T_{\text{apparent}} = 13,12 + 0,6215 \times T_{\text{air}} - 11,37 \times V^{0,16} + 0,3965 \times T_{\text{air}} \times V^{0,16}$$

Avec,

T_{apparent} (ressentie) en °C.

T_{air} : température de l'air en °C.

V : vitesse du vent exprimée en km/h.

IV.1.2 La pression atmosphérique

• Généralités sur la pression

La pression atmosphérique est la force que l'atmosphère exerce en raison de son poids par unité de surface, c'est-à-dire le poids par unité de surface de la colonne d'air verticale qui s'étend de la surface considérée à la limite supérieure de l'atmosphère. L'atmosphère exerce sur les corps qu'elle entoure une pression causée par le bombardement des molécules d'air sur la surface exposée. Cette pression dépend de la masse volumique de l'air, et de la vitesse de déplacement des molécules, elle-même



fonction de la température. Comme l'air a un poids, chacune de ses particules est comprimée par celles qui se trouvent au-dessus. Ainsi, plus on est près de la surface de la Terre, plus la masse volumique est élevée, donc plus la pression est forte.

La pression revête une importance capitale en météorologie car elle régit le vent. En plus, elle est très utile aux aviateurs ne serait-ce que par le fait qu'elle sert à régler l'altimètre avec précision. Ainsi, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de la pression et des unités dans lesquelles elle est exprimée, ainsi que des conditions qui la font varier.

La pression se mesure à l'aide du baromètre à mercure. Dans le système international d'unités, elle s'exprime en Pascal. En météorologie, il est plus pratique d'utiliser l'hectopascal ($1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$). On utilise également le millibar ($1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$).

- **Conséquences de la pression sur la température :**

La pression atmosphérique diminue lorsque l'on gagne de l'altitude. Cette variation n'est pas linéaire. Pour la déterminer, il est nécessaire d'effectuer des calculs tenant compte de la variation de température et d'altitude. La diminution de pression avec l'altitude donne lieu à un gradient vertical de pression dirigée vers le haut. Ce gradient de pression, agissant sur l'unité de masse, équilibre l'accélération due à la pesanteur au sein d'un fluide calme. [8]

L'air atmosphérique étant un fluide compressible à température non uniforme, n'a pas partout la même valeur. Pour cette raison, l'écartement vertical des surfaces isobares est plus faible dans les basses couches qu'en altitude. On peut calculer une valeur moyenne de ce gradient à différents niveaux en utilisant Γ au lieu de T_V et en sachant que $R_a = 287,05 \text{ J/kg/}^\circ\text{C}$ et $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ et en supposant que l'air soit sec.

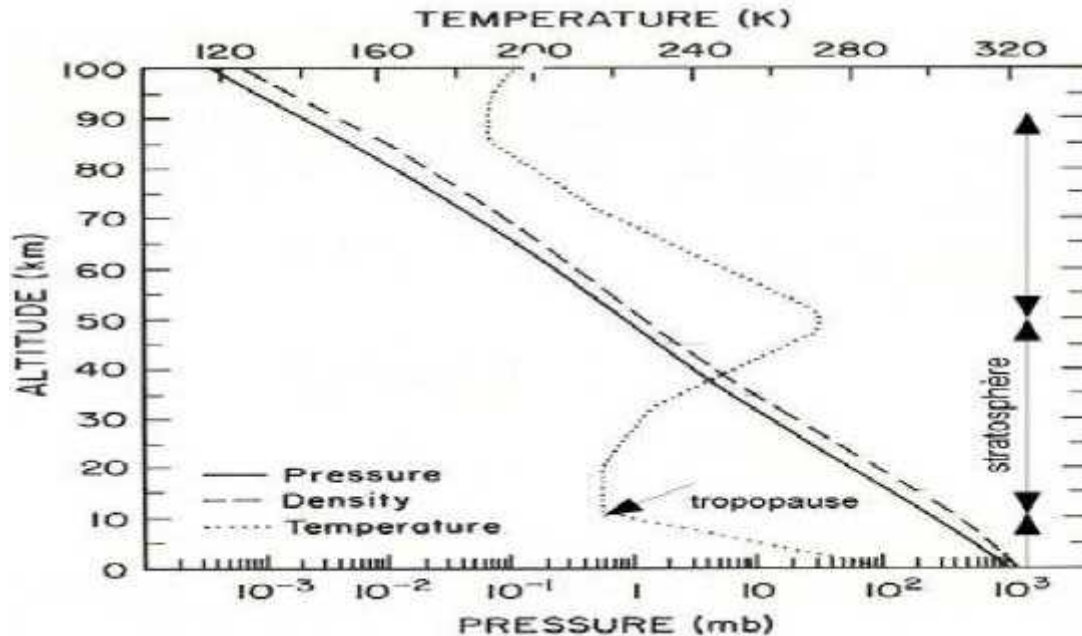


Figure 23 : Variation de température et du pression en fonction de l'altitude

IV.1.3 L'humidité

• Généralités sur l'humidité

C'est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans une particule d'air. L'humidité relative constitue un moyen commode d'exprimer dans quelle mesure l'air est voisin ou non de la saturation. C'est le rapport entre la masse de vapeur d'eau réellement présente dans l'unité de volume d'air et la masse de vapeur d'eau nécessaire à la saturation de l'air à la même température. La mesure de l'humidité relative reste très simple grâce à deux instruments météorologiques aussi performants l'un que l'autre.

- L'hygromètre : instrument classique qui marche sous l'action de l'air (comme pour le baromètre) ; plus l'air exerce une force, plus l'aiguille se dirigera vers les 100 % d'humidité relative.
- Le psychromètre : deux tubes permettent de mesurer l'humidité relative ; un tube mesure la température de l'air ambiante ; l'autre mesure la température du thermomètre mouillé (qui est presque tout le temps l'équivalent de la température du point de rosée)



parce que trempé dans de l'eau. L'humidité est déduite à partir de la règle de calcul d'humidité.

- **Conséquences de l'humidité sur la température :**

L'humidité relative indique à quel point l'air est proche d'être saturé. Ainsi, on dit que l'air est saturé si l'humidité relative est de 100%. L'humidité relative est inversement proportionnelle à la température de l'air. **Si la température augmente, l'humidité relative diminue et vice versa.** La figure suivante montre clairement la relation entre la température de l'air et l'humidité relative.

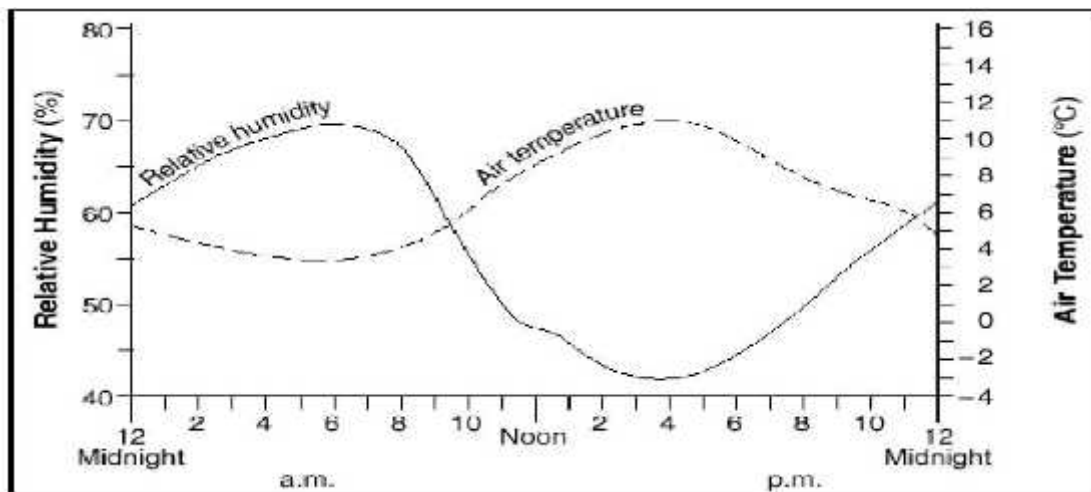


Figure 24: Variation diurne de température et d'humidité au sol

IV.2. L'effet des phénomènes sur la température

Pour que le brouillard ou la brume se forme, le taux d'humidité de l'air doit être suffisamment élevé et le vent ne doit pas être trop fort, pour éviter la dispersion des gouttelettes d'eau, ni trop faible, ce qui empêche leur suspension dans l'air. La présence d'un nombre suffisant de noyaux de condensation est également nécessaire. Ils servent à fixer les gouttelettes d'eau. Les brouillards sont constitués plusieurs gouttes d'eau en suspensions à la surface. Ce qui implique l'analyse du lien entre l'humidité relative et la température. En effet, l'humidité relative est un rapport de la quantité réelle de vapeur d'eau (teneur) dans l'air par rapport à la vapeur d'eau maximale que l'air peut contenir à cette température. Il est exprimé en pourcentage.



IV.3. L'effet des nuages sur la température

Les nuages jouent un rôle primordial dans le système climatique. En premier lieu, c'est bien grâce à eux qu'il y a des précipitations mais leur influence sur le rayonnement est considérable. Ils influencent à la fois le rayonnement solaire et le rayonnement infrarouge thermique que la Terre émet à son tour.

Les nuages absorbent peu le rayonnement solaire mais ils le diffusent très efficacement à toutes les longueurs d'onde. Ils réfléchissent aussi vers l'espace une partie du rayonnement incident qui peut être important : leur réflectivité peut atteindre celle de la neige fraîche (environ 80%).

IV.3.1 L'influence des nuages sur le rayonnement infrarouge

Elle est peut-être un peu moins évidente à première vue mais elle est tout aussi importante. On sait bien que les nuits les plus froides sont les nuits claires. Cela est dû au fait que la surface qui n'est plus chauffée par le soleil perd de la chaleur par émission de rayonnement infrarouge thermique. Lorsque des nuages sont présents, ils font écran à cette émission et isolent donc la surface qui perd moins de chaleur. Les nuages ont donc un effet de serre qui peut être très important.

En augmentant l'albédo de la planète, ils diminuent l'énergie solaire absorbée et ils ont tendance à la refroidir mais, par leur effet de serre, ils ont au contraire tendance à la réchauffer. Il y a donc compensation entre deux effets de grande amplitude mais cette compensation n'est pas totale.

- **L'effet d'albédo** est le rapport entre les rayonnements réfléchis par rapport aux rayonnements incidents. En présence d'une couverture nuageuse importante l'effet d'albédo est très important et moins considérable pour le contraire.

- **L'effet de serre** est un phénomène naturel provoquant une élévation de la température à la surface de la Terre. Son action sur les nuages est plus que compensé par leur effet écran au rayonnement solaire qu'ils réfléchissent par la surface de la terre.



IV.3.2 Influence des nuages bas et des nuages hauts

Les nuages qui ont le maximum d'effet sur le rayonnement sont ceux qui sont les plus étendus et les plus persistants. Deux types de nuages sont particulièrement importants : ce sont les stratocumulus et les cirrus.

Les stratocumulus sont des nuages bas et peu épais mais ils sont très étendus et couvrent en permanence près de 20% de la surface du globe. Comme ils ne contiennent pas beaucoup d'eau, ils précipitent peu et persistent fort longtemps. Puisqu'ils sont bas, leur température est peu différente de la température de la surface et leur effet de serre reste limité, par contre leur réflectivité est typiquement de l'ordre de 40 à 50% ou plus. Ce qui contraste très fortement avec la réflectivité de la mer. Ils ont donc un fort effet d'albédo.

Les cirrus sont les nuages les plus élevés. On les trouve au sommet de la troposphère. Ils s'étendent et couvrent environ 20% de la surface du globe. Leur effet de serre est donc considérable. Par ailleurs, les cirrus sont souvent assez transparents au rayonnement solaire et leur effet d'albédo est faible.

La nébulosité joue un rôle de premier plan sur la diminution et l'augmentation de la température journalière que ça soit pour les températures minimales ou maximales. Puis la force de vent et les phénomènes jouent un rôle sur la diminution, pendant la journée la présence de vents freine une hausse importante de la température maximale et pendant la nuit les vents permettent un ralentissement brusque de la diminution de la température ; puis en fin la présence de brouillard accélère la baisse brusque des températures minimales. [7]

IV.4. Les échanges de chaleur

Dans l'atmosphère, les échanges de chaleur se font de trois façons :



IV.4.1. Par rayonnement

Le rayonnement est un processus de propagation de l'énergie dans l'espace ou dans un milieu matériel ne nécessitant pas de support matériel comme la conduction et la convection. Son importance est capitale.

IV.4.2. Par conduction

Ce processus d'échange de chaleur qu'est la conduction, la chaleur passe du corps le plus chaud au corps le plus froid sans qu'il ait transfert de matière. Les gaz et le sol sec sont de mauvais conducteur de la chaleur. De ce fait, la conduction ne joue un rôle important dans le transfert de la chaleur, que dans les couches d'air extrêmement minces qui se trouvent en contact direct avec la surface du globe. En général, l'épaisseur de ces couches ne dépasse pas quelques centimètres et au-delà le transfert de chaleur par conduction est négligeable.

IV.4.3. Par Convection

Dans le processus de la convection, il y a au départ la conduction car c'est l'échauffement du sol qui provoque l'échauffement de l'air à contact. Cet air chaud transportant la chaleur devient plus léger, s'élève vers l'atmosphère et est remplacé par de l'air plus froid et plus lourd. Il se produit alors des courants de convection qui brassent l'air ; ces courants sont appelés des courants ascendants et descendants de l'air atmosphérique.

Le rôle de la convection est considérable dans l'atmosphère, elle est à l'origine des phénomènes atmosphériques les plus spectaculaires. C'est par la convection que 0.5Kw/m^2 de l'excédent d'énergie reçue au sol par rayonnement est transmis à l'atmosphère.



DEUXIEME PARTIE : CONCEPTION DE L'APPLICATION



CHAPITRE I : ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT

I. Langage C++

Apparu au début des années 90, le langage C++ est actuellement l'un des plus utilisés dans le monde, aussi bien pour les applications scientifiques que pour le développement des logiciels. En tant qu'héritier du langage C, le C++ est d'une grande efficacité. Mais il a en plus des fonctionnalités puissantes, comme par exemple la notion de classe, qui permet d'appliquer les techniques de la programmation-objet.

Le C++ est un langage compilé : pour écrire un tel programme, il faut commencer par écrire un ou plusieurs fichiers source. Ensuite, il faut compiler ces fichiers source grâce à un programme appelé compilateur afin d'obtenir un programme exécutable. Cette phase s'appelle la compilation. Les fichiers source sont des fichiers texte lisibles dont le nom se termine en général par .c, .cpp ou .h. Les fichiers exécutables portent en général l'extension .exe sous Windows et ne portent pas d'extension sous Linux.

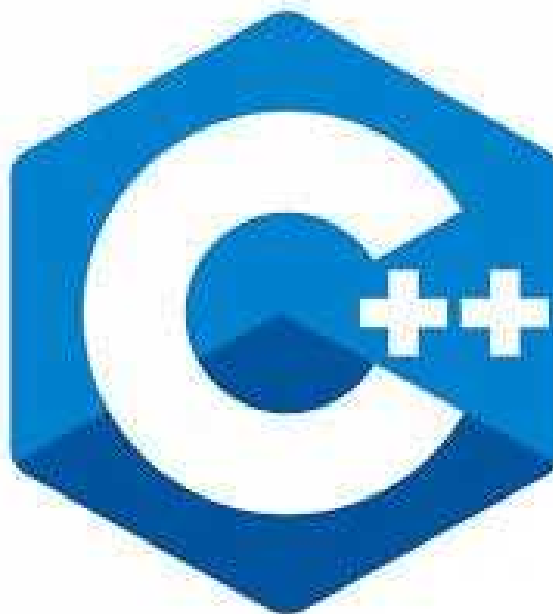


Figure 25: Logos du langage de programmation C++



II.Présentation générale de QT

Qt est en fait bien plus qu'une bibliothèque. C'est un *ensemble de bibliothèques*. Le tout est tellement énorme qu'on parle d'ailleurs plutôt de **framework** : cela signifie qu'il y a une disposition un ensemble d'outils pour développer vos programmes plus efficacement.



Figure 26 : Icône du logiciel QT [III]

Qu'on ne s'y trompe pas : Qt est fondamentalement conçue pour créer des fenêtres, c'est en quelque sorte sa fonction centrale. Mais ce serait dommage de la limiter à cela. Qt est donc constituée d'un ensemble de bibliothèques, appelées « modules ». Qt est un **framework multiplateforme**. Le schéma de la figure suivante illustre le fonctionnement de Qt.

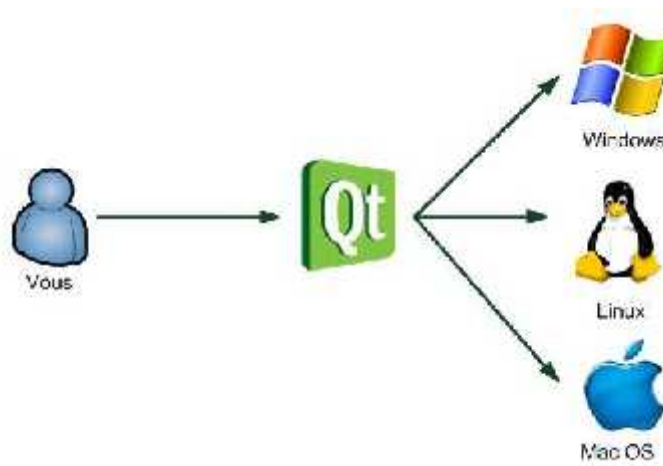


Figure 27 : QT avec Windows, Linux et mac., [10]



Grâce à cette technique, les fenêtres que vous codez ont une apparence adaptée à chaque OS. Vous codez pour Qt et Qt traduit les instructions pour l'OS. Les utilisateurs de vos programmes n'y verront que du feu et ne sauront pas que vous utilisez Qt.

- **Qt Creator**

Afin de réaliser l'interface graphique du logiciel, nous choisissons d'utiliser le Qt Creator qui est un IDE particulièrement optimisé pour développer avec Qt. En effet, c'est un programme tout en un qui comprend entre autres [10] :

- Un IDE pour développer en C++, optimisé pour compiler des projets utilisant Qt
- Un éditeur de fenêtres, qui permet de dessiner facilement le contenu de ses interfaces à la souris
- Une documentation indispensable pour tout savoir sur Qt

Un aperçu de l'interface de Qt Creator avec un extrait de code source se trouve dans l'annexe 8.

III. Le site OGIMET

III.1 Description



Figure 28 : Logos de l'OGIMET

C'est un site web www.ogimet.com libre accès, il englobe des informations sur les messages météorologiques (aéronautiques, synoptiques, ...), des représentations graphiques des cartes météo et des représentations graphiques de quelque paramètre météorologique.

On utilise pour cette étude les données METAR sur ce site d'archivage sous forme html



Les données METAR et SPECI disponibles sur le site sont affichées mensuellement et se présentent sous une forme générale bien connue. Départ ses formes symbolique, ils sont constitués de plusieurs groupes, mais nous nous intéressons uniquement au groupe $T'T'/T_dT_d$ contenant les informations sur les températures . Il faut noter que les températures négatives dans le message METAR ou SPECI est indiqué après la lettre M



Figure 29: L'interface du site OGIMET avec les données METAR

III.2 Utilités

En générale on peut voir dans ce site les messages suivants :

- METAR / SPECI
- Message synoptique
- SIGMET
- AGMET
- Carte TEMSI

Pour réaliser cette étude, nous avons recueillis des messages METAR et SPECI de façon continue sur une période de 10 ans (2008-2017). Ces données sont assez représentatives de l'étude que nous voulons mener pour dessiner automatiquement la



courbe de variation diurne de température de l'aérodrome d'IVATO. Sur le plan climatologique, la période de 10 ans est fiable pour une prise en compte des résultats qu'on pourrait obtenir après cette étude ; car selon la recommandation 8-1-2 de l'annexe 3 de l'OACI-Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale (voir annexe), « les renseignements climatologiques aéronautiques doivent être normalement fondés sur des observations réalisées pendant une période d'au moins 5 ans ».



CHAPITRE II : LES MESSAGES D'OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES AERONAUTIQUES

I. Les OPMET

1.1 Définition

OPMET : OPerational METeorological information, en français, renseignement météorologique d'exploitation. Le terme OPMET désigne donc l'ensemble des renseignements météorologiques destinés à l'exploitation. Les types de messages OPMET utilisés en aéronautique sont : les messages de prévision et les messages d'observation.

1.2. Message de prévision

Le TAF : Terminal Aérodrome Forecast, prévision d'aérodrome, est un exposé clair et concis des conditions météorologiques prévues sur un aérodrome donné pendant une période déterminée. Il porte sur le vent, la visibilité, les phénomènes météorologiques (temps présent) et la couverture nuageuse.

1.3. Messages d'observations météorologiques aéronautiques

On distingue les messages d'observations météorologiques suivantes :

Le METAR : Message d'observations météorologiques régulières pour l'aviation (avec prévision de type tendance)

Le MET REPORT : Message d'observations météorologiques régulières locales pour l'aviation (avec prévision de type tendance) en langage clair abrégé. Il était appelé autrefois OBSMET

Le SPECI : Message d'observations météorologiques spéciales pour l'aviation (avec prévision de type tendance)



Le SPECIAL : Message d'observations spéciales locales pour l'aviation en langage clair abrégé.

Notre étude concernera uniquement les noms de code METAR et le SPECI.

II. Le METAR

METAR est le nom de code utilisé pour le chiffrement d'observations météorologiques régulières d'aérodromes. Le nom METAR figure en tête de chaque message d'observation individuel. Le message METAR est diffusé toutes les heures rondes ou toutes les demi-heures rondes. Un message METAR comprend généralement une prévision de tendance.

METAR AUTO, ce message contient une observation météorologique d'aérodrome réalisé uniquement par des moyens automatiques et surveillée à distance par le centre météorologique de rattachement de l'aérodrome. Actuellement ce message ne comporte pas de prévision d'atterrissage.

II.1. Forme symbolique du METAR et SPECI

Les METAR peut paraître assez complexe. Les termes utilisés dans ce code sont des abréviations qui proviennent de diverses langues car il s'agit d'un code international (ex. SN pour snow/neige mais BR pour fog/brume). Les abréviations sont le plus souvent anglophones. [6]

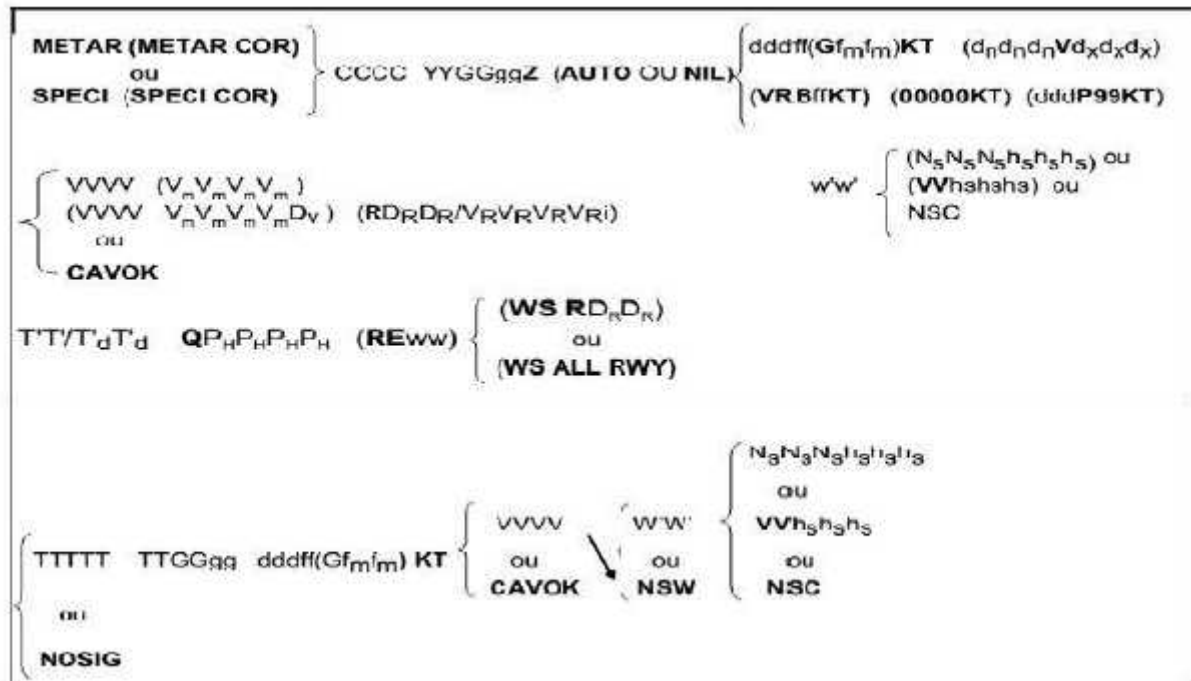


Figure 30: Forme symbolique du METAR (source :cour météorologie aéronautique EAMAC)

Exemple du METAR émis par le veilleur météorologique d'aérodrome d'IVATO :

METAR FMMI 111430Z 06005KT 020V090 9999 VCSH BKN016 SCT093 19/19 Q1015
BECMG 5000 RA

II.2. Description des groupes du message

Lorsqu'un élément n'est pas observé ou qu'un phénomène ne se manifeste pas, le groupe correspondant, ou la portion complémentaire appropriée d'un groupe, est omis du message considéré.

❖ METAR COR :

Il s'agit des METAR corrigés.

❖ CCCC: indicateur d'emplacement OACI

❖ YYGGggZ :

L'heure "officielle" d'une observation est l'heure fixée par la direction du service Météorologique intéressé. On chiffre pour GGggZ l'heure "réelle" de l'observation.



YY : jour du moi

GG : heure du jour

gg : minute

❖ **Observations entièrement AUTOMatiques : (AUTO)**

Le mot de code AUTO est inséré avant le groupe relatif au vent, pour indiquer qu'il s'agit d'un message contenant des observations entièrement automatiques effectuées sans intervention humaine.

Le mot de code NIL indique que le message issu d'un système d'observations entièrement automatique, n'est pas disponible.

❖ **Vent : dddff(Gfmfm) KT (dndndnVdxdxdx) (VRBffKT) (0000KT) (dddP99KT)**

Groupe de chiffre indiquant respectivement la direction moyenne et la vitesse moyenne du vent observées au cours des 10 minutes précédant le moment de l'observation suivis directement, sans espace, de l'un des indicateurs littéraux KM/H, KT ou MPS.

▪ **ddd direction du vent :**

C'est la direction d'où souffle le vent par rapport au Nord géographique, arrondie à la dizaine de degrés la plus proche et exprimée en degrés. Les valeurs inférieures à 100° sont précédées d'un zéro. Le 3ème chiffre de ddd est toujours 0, sauf lorsque le vent est variable en direction.

▪ **ff vitesse du vent :**

ff est suivi de l'une des abréviations KM/H, KT ou MPS. En cas de vent calme, ff est chiffrée 00. Les vitesses de 100 unités ou plus sont indiquées à l'aide de 3 chiffres. Les valeurs de vitesse inférieures à 10 unités sont précédées d'un zéro.

▪ **Gfmfm vitesse maximale du vent :**

Si au cours de la période de 10 minutes qui précède le moment de l'observation, la vitesse maximale du vent dépasse dans les rafales d'au moins de 10KT (5ms ou 20kmh)



ou plus la vitesse moyenne du vent, cette vitesse maximale est chiffrée à l'aide de Gfmfm immédiatement après dddff.

Pour transmettre la vitesse maximale du vent, la lettre G (Gust) est toujours incluse entre les éléments dddff et fmfm.

Note 1 : KM/H, KT ou MPS sont les abréviations normalisées de l'O.A.C.I pour le kilomètre/heure, le nœud et le mètre par seconde .

L'unité de vitesse du vent à Madagascar est actuellement le KT.

▪ **dnndnVdxndx :**

dnndn - direction extrême d'un vent variable, dans le sens des aiguilles d'une montre. Ces valeurs sont indiquées par rapport au nord géographique et arrondies à la dizaine de degrés la plus proche.

dxndx - direction extrême d'un vent variable, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

V - Indicateur littéral séparant sans espace les valeurs extrêmes de la direction du vent.

❖ **VVVV (VnVnVnDv) : Visibilité horizontale**

▪ **VVVV visibilité horizontale dominante :**

C'est la visibilité la plus grande qui est atteinte ou dépassée dans plus de la moitié du cercle d'horizon ou plus de la moitié de la surface de l'aérodrome. Ces zones peuvent comprendre des secteurs contigus ou non contigus. La visibilité dominante est indiquée en mètres par quatre chiffres. Elle peut être évaluée par un observateur ou par des systèmes d'instruments (capteurs).

Note 2 : POM Portée Optique Météorologique, est la longueur du trajet que doit effectuer un faisceau de rayons lumineux parallèles, émanant d'une lampe à incandescence à une température de couleur de 2700 K pour que l'intensité du flux soit



réduite de 95 %. Elle est mesurée par un transmissomètre / luminancemètre ou par un couple diffusomètre / luminancemètre.

▪ **VnVnVnVnDv visibilité minimale :**

L'indicateur Dv à la fin la visibilité minimale indique la direction de la plus mauvaise visibilité à l'aide de lettres de rose : N, NE, E, SE, S, SW, W, NW. Dans les METAR AUTO lorsque les capteurs de visibilité sont localisés de telle façon qu'aucune variation ne peut être indiquée, la valeur de visibilité indiquée est suivie de NDV

D'autre part lorsque la visibilité horizontale est supérieure ou égale à 10 Km le groupe VVVVVnVnVnVnDv peut être remplacé par le mot **CAVOK** sous certaines conditions.

❖ **RDrDr/VrVrVrVr : Portée visuelle de piste**

La portée visuelle de piste est mesurée avec des transmissomètres ou des diffusomètres à diffusion frontale et basée sur l'intensité maximale disponible sur la piste.

Note 3 : RVR = terminaison anglo-saxon pour Runway Visual Range norme O.A.C.I. Remplacé par le terme français PVP = Portée Visuelle de Piste. Pour éviter toutes confusions seul le terme RVR sera employé.

▪ **R indicateur littéral de la RVR :**

L'indicateur littéral R suivi immédiatement du numéro de la piste DRDR précédé de toujours le message d'observation de la Runway Visual Range.

▪ **DrDr numéro de la piste :**

On distingue les pistes parallèles entre elles en ajoutant à: DrDr les lettres L, C, R qui indiquent respectivement la piste gauche, la piste centrale ou la piste droite. Lorsque l'élément DrDr est indiqué, il est toujours séparé de l'élément: VrVrVrVr par une barre oblique.



▪ **VrVrVrVr Runway Visual Range en mètres**

Ce ou ces groupes indiquent la valeur moyenne et la tendance de la RVR de la piste ou des pistes sur la période de 10 minutes qui précède immédiatement l'observation. Si au cours de cette période on constate une variation (par exemple, advection soudaine de brouillard, apparition ou cessation rapide d'une averse de neige...etc.) seules les données observées après cette variation sont retenues pour chiffrer les valeurs moyennes de la RVR.

▪ **I indicateur de tendance des valeurs de la RVR**

Ces variations étant évaluées sur une période de 10 minutes lorsque l'écart entre les RVR moyennes des cinq premières et des cinq dernières minutes est supérieur ou égal à 100 mètres on chiffre :

- I = U (UP) pour un accroissement de la RVR
- I = D (DOWN) pour une décroissance de la RVR
- I = N (NOSIG) sans changement de la RVR

Lorsqu'il n'est pas possible de déterminer la tendance, il n'est pas inclus dans le message.

▪ **MVrVrVrVr ou PVrVrVrVr**

Si la RVR est, soit inférieure, soit supérieure aux valeurs limites possibles que l'on peut obtenir avec le système de mesure instrumentale, le groupe VRVRVRVR est précédé de l'indicateur littéral :

- M minimum mesurable par transmissomètre
- P maximum mesurable par transmissomètre

❖ **W' W' : Temps présent**

Un ou plusieurs groupes w'w' , mais pas plus de trois sont utilisés pour chiffrer les phénomènes de temps présent observé sur l'aérodrome ou au voisinage de celui-ci présentant une importance pour l'exploitation aéronautique.



Remarque : Si un ou plusieurs types de précipitations est observé, les abréviations littérales sont associées en un seul groupe, le type dominant de précipitations étant chiffré le premier. Dans ce cas l'intensité est chiffrée en prenant en compte le total de la précipitation.

Tableau 3: Temps significatif

QUALIFICATIFS		PHENOMENES METEOROLOGIQUES		
Intensité	Descripteur	Précipitations	Obscurcissement	Autre phénomène
(-) faible	MI : mince	DZ : bruine	BR : brume	PO : tourbillon
	BC : bancs	RA : pluie	FG : brouillard	de poussière
Modéré	PR : partie	SN : neige	FU : fumée	SQ : grains
	DR : chasse-poussière/neige	SG : neige en grains	VA : cendres volcaniques	FC : nuages en entonnoir
(+) forte	basse/sable BL : chasse-poussière/neige	IC : cristaux de glace	DU : poussière généralisée SA : sable	TS : orage seul à l'aérodrome
	élevé/sable SH : averse TS : orage	PL : granules de glace	HZ : brume sèche	SS : tempête de sable
(VC) au voisinage	FZ : se congelant	GR : grêle		DS : tempête de poussière
		GS : grésil et/ou neige roulée		
		UP : précipitation non identifiée (METAR AUTO)		

❖ NsNsNshshshs : Nébulosité et hauteur de nuages

La nébulosité des couches nuageuses est chiffrée en application des critères suivants : NsNsNshshshs ou VVhshshs ou NSC.



▪ **NsNsNs** : classification de la nébulosité

La nébulosité est classée par les abréviations suivantes :

NsNsNs = SKC (sky clear = pas de nuage)

NsNsNs = FEW (peu) ciel couvert de 1 à 2 octas.

NsNsNs = SCT (scattered = nuages épars) ciel couvert de 3 à 4 octas.

NsNsNs = BKN (broken = nuages fragmentés) ciel couvert de 5 à 7 octas.

NsNsNs = OVC (overcast) ciel couvert à 8 octas.

Note 4 : L'ordre du chiffrage des groupes est toujours celui qui va des niveaux inférieurs vers les niveaux supérieurs.

NSC

Note 5 : Dans le cas du METAR AUTO, NSC est utilisé lorsqu'aucun nuage n'a été détecté en-dessous de la hauteur du CAVOK si le système est capable de détecter l'absence de CB et de TCU.

CAVOK : "Ceiling And Visibility OK", mot de code pour indiquer que la visibilité horizontale est très bonne et que la couverture nuageuse n'est pas significative pour l'aéronautique.

▪ **hshshs** hauteur de masse nuageuse :

La hauteur de la base de la couche ou de la masse nuageuse ou la visibilité porte le symbole hshshs désigne dans les messages METAR émanant d'aérodrome la hauteur au-dessus de l'altitude officielle de l'aérodrome, sinon hshshs désigne la hauteur de la station.

Dans le cas du METAR AUTO :

Note 6 : Lorsque l'observation est exécutée par un système automatique et que celui-ci ne peut détecter le type de nuages, le type de nuage est remplacé par /// dans chaque groupe relatif aux nuages hshshs.



Note 7 : Lorsque le système n'a pas détecté de nuage(s), en-dessous de 1500m, on utilise l'abréviation NCD (system auto no cloud detected).

Pour les stations de montagne, lorsque la base des nuages est inférieure au niveau de la station, le groupe - NsNsNshshs est chiffré - NsNsNs ///.

Tableau 4: Nébulosité des nuages

Groupe de 3 lettres	Significations	Nébulosité
FEW	Peu nombreux/Few	1/8 à 2/8
SCT	Epart/Scattered	3/8 à 4/8
BKN	Fragmenté/Broken	5/8 à 7/8
OVC	Couvert/Overcast	8/8
NSC	No Significant Cloud ou Pas de nuages significatifs	
NCD	(No Cloud Detected) pas de nuage détecté par le système automatique, en dessous de 1500m	
SKC	(Sky Clear) ciel clair, pas de nuage	



❖ T'T'/ TdTd : Température de

Dans cette partie du METAR qui contient la température de l'air, nous concentrerons dans notre étude.

TT température de l'air et TdTd température du point de rosée relevées sous abri, sont toujours indiquées en deux chiffres. Lorsque les valeurs sont comprises entre -9° et +9° inclus elles sont précédées d'un 0 (zéro). En cas de température négative, le nombre indiqué par TT ou TdTd est précédé par la lettre M (indicateur littéral)

Pour le chiffrage du groupe TT/TdTd les températures sont lues en dixièmes de degré Celsius et arrondies ensuite au degré entier le plus proche. Si le chiffre des dixièmes est 5 la température est arrondie à la valeur algébrique immédiatement supérieure.

Dans cette groupe qui contient la température de l'air que nous nous intéressons dans cette étude.

Exemple : + 1,5 est chiffré 02 et - 1,5 est chiffré M 01

+ 0,5 est chiffré 01 et - 0,5 est chiffré M 00

❖ QPhPhPhPh : Valeur du QNH

Querry Newlyn Harbour (Pression réduite au niveau de la mer)

▪ **PHPHPHPH** :

La valeur du QNH est toujours arrondie par défaut à l'hectopascal immédiatement inférieur, elle est codée à l'aide de quatre chiffres. Le chiffre 0 (zéro) précède la valeur du QNH, si celle-ci est inférieure à 1000hPa.

▪ **Q indicateur littéral valeur du QNH en hPa** :

Q indicateur littéral qui précède sans espace la valeur du QNH exprimée en hectopascal. Unité de pression recommandé par l'O. A.C.I. Cependant sur décision nationale et en application d'accords régionaux de navigation aérienne le QNH peut être exprimé en pouce de mercure.

Exemple : QNH 995,6hPa est chiffré Q0995



▪ **A indicateur littéral valeur du QNH en pouces :**

A indicateur littéral qui précède sans espace la valeur du QNH en pouces, dixièmes et centièmes de pouces. La virgule étant omise.

Exemple : QNH 29,98 est chiffré A2998

❖ **REw 'w' : Renseignements**

Lorsqu'ils sont disponibles les renseignements complémentaires concernant les phénomènes météorologiques récents significatifs et le cisaillement du vent dans les couches inférieures qui ont une valeur opérationnelle importante sont chiffrés.

L'indicateur littéral **RE** indique le début d'un groupe, il est suivi sans espace d'un phénomène météorologique récent observé w'w'.

W'w' expriment les phénomènes météorologiques récents observés au cours de l'heure écoulée, ou depuis la dernière observation. Mais pas au moment de l'observation. Les informations sur les conditions météorologiques récentes sont incluses dans le message, uniquement si le même phénomène d'une intensité égale ou supérieure n'est pas communiqué comme temps présent.

Prenons deux exemples illustrant la différence qui existe entre un METAR et un SPECI :

METAR FMMI 111530Z 05007KT 9999 BKN020CB 21/21 Q1014 TEMPO TSRA=

SPECI FMMI 111536Z 05007KT 9999 TS BKN020CB 21/21 Q1014 TEMPO TSRA=

Pour cet exemple, nous constatons que nous avons presque les mêmes valeurs de paramètres sauf sur la date (111530Z et 111536Z) et l'existence du terme TS (orage seul à l'aérodrome).

Le SPECI est envoyé 6 minutes après car il y a apparition soudaine d'orage. Effectivement, le METAR est envoyé régulièrement tandis que le SPECI, en cas de cessation ou apparition de phénomènes.



❖ **Les TREND :**

Les TREND (Tendances) suivent toujours un METAR ou un SPECI. Ils constituent une information supplémentaire si une évolution notable est attendue pour les deux heures à venir. Ce qui fait que ce sont des prévisions à courte durée.

En effet, ils indiquent ce qui va se passer dans deux heures avec un changement significatif de visibilité, de nébulosité et/ou de phénomène.

III. Exemple d'un METAR décodé

METAR FMMI 121530Z 06005KT 020V090 9999 VCSH BKN016 SCT093 19/19 Q1015
BECMG 5000 RA =

Signification :

FMMI : Station d'IVATO
121530Z : observation faite le 12^{ème} jour du mois à 15h30 TU
06005KT : vent du 60 (Est-Nord-Est) pour 5 KT
020V090 : les deux directions extrêmes du vent sont 20° et 90°
9999 : visibilité supérieure à 10 Km
VCSH : averse au voisinage (en vue)
BKN016 : nébulosité 5 ou 6 ou 7/8^e à 1600 ft
SCT093 : nébulosité 3 ou 4/8^e à 9300 ft
19/19 : température +19°C et température du point de rosée +19°C
Q1015 : QNH 1015 hPa

TREND :

BECMG : devenant
5000 : visibilité 5000 m
RA : accompagné de pluie modérée



CHAPITRE III : CONCEPTION DE L'APPLICATION

Nous allons nous limiter dans cette partie à l'étude de la température sur les dix dernières années. Nous aurions voulu aller un peu plus loin dans notre plage temporelle, mais le site de base de données des messages aéronautiques OGIMET ne peut qu'offrir les données des dix dernières années à notre disposition.

I. Les outils utilisés

- Langage de programmation C++, CSS

Tous les algorithmes de traitement sont programmés en langage C++

L'interface graphique est écrit en CSS

- Framework QT

L'intérêt de l'utilisation du Framework QT est qu'il possède des classes et méthodes (fonctions) facilitant le développement.

- Le logiciel « QT Creator 5.8 » est utilisé lors du développement, ce logiciel contient l'éditeur de code en C++, l'éditeur d'interface graphique et la compilation.

II. Le traitement-programmation

Pendant le développement de notre logiciel nous avons suivi les étapes suivantes :

- Création de l'interface graphique.
- Programmation pour la récupération du site web sur notre application.
- Décodage et la mise en place des données du site web OGIMET dans un tableau structuré (variable tableau).
- Stockage de ces données dans un fichier texte
- Calcul des moyennes de la température à chaque 30 min
- Programmation pour l'affichage de la courbe



II. 1 Création de l'interface graphique

Le Logiciel QT Creator possède un outil (GUI Graphical user Interface) pour la construction d'une interface graphique, mais on peut aussi coder en langage C++. Dans notre cas, nous avons utilisé cet outil avec l'écriture de la langage CSS.

Nous avons inséré tous les widgets (l'éditeur de texte, les boutons, l'éditeur de line,).

II.2 Récupération du site web

Dès que nous avons fini l'interface graphique, Premièrement, nous avons programmé l'insertion de la page web sur notre application en fonction du lien entré par l'utilisateur.

II.3 Mise en place des données du site web OGIMET dans un tableau structuré

L'ordinogramme ci-après, nous illustre l'aperçu du programme qui permet de mettre les données issues du site web dans différentes tables de variables. (Voir l'extrait du code correspondant à l'algorithme dans l'annexe 9).

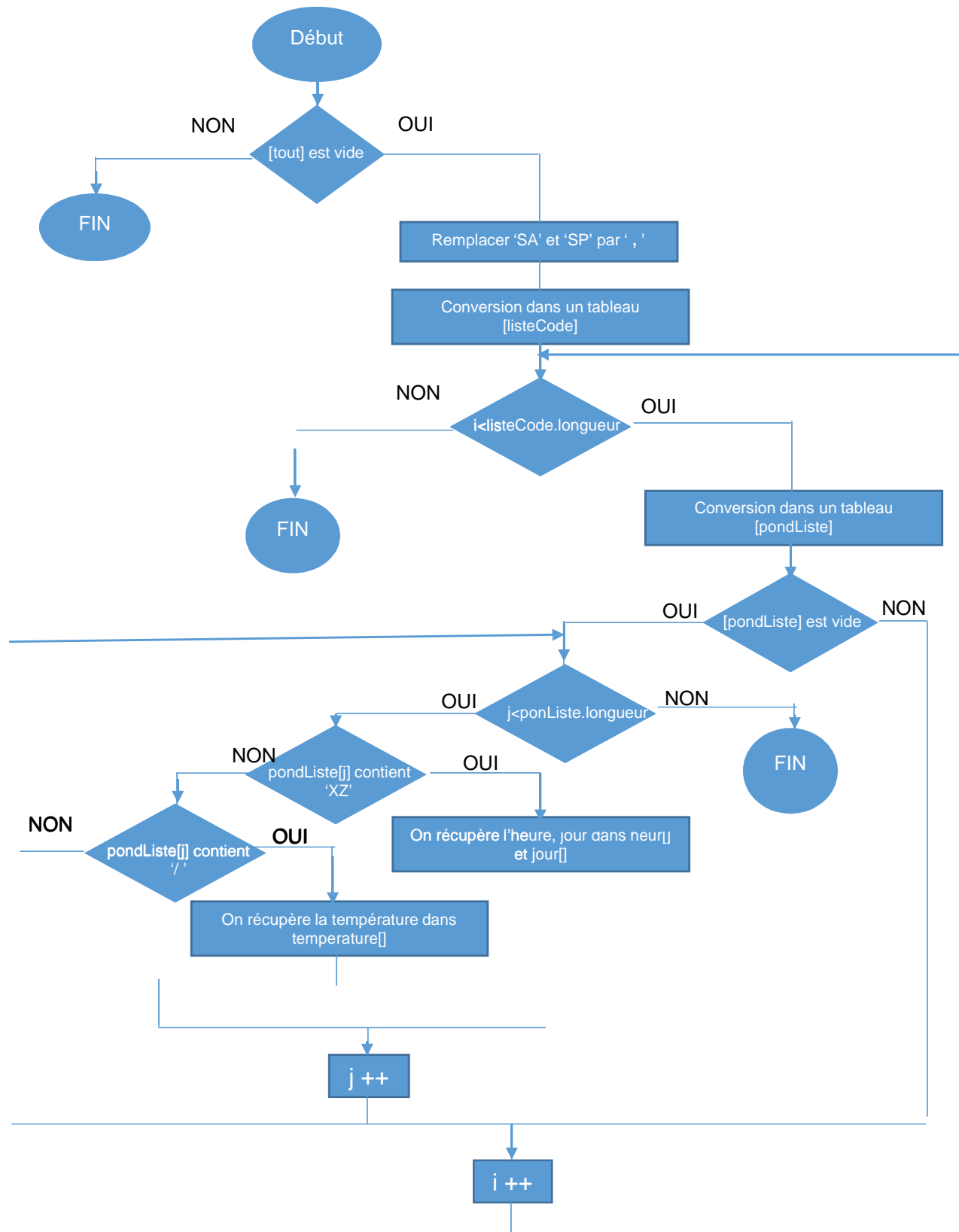


Figure 31 : Ordinoigramme



Tout d'abord, on a mis les données du site dans une variable *[tout]*. On a remplacé « SA » et « SP » par une virgule. On a converti les données dans la variable *[tout]* qui est séparé par une virgule dans une variable tableau *[listeCode[]]*. Cela signifie qu'un élément du tableau *[listeCode]* correspond à une ligne de la donnée. On a stocké chaque ligne dans une variable *[drapeau]*. Et à chaque ligne, on a converti les données de chaque ligne (*[drapeau]*) dans une variable tableau *[pondListe[]]*. Pour pouvoir récupérer l'heure, jour et température, on a vérifié chaque élément de la variable tableau *[pondListe]*. Pour la récupération de l'heure et du jour, on a vérifié si l'élément contient le caractère 'Z'. Et pour la température, il suffit de vérifier si l'élément contient le caractère '/' et que son nombre de caractère est inférieur ou égale à 6.

II.4 Calcul des moyennes de la température à chaque 30 min

Les moyennes se calcule à chaque demi-heure. L'algorithme que nous avons effectué à chaque heure est la suivante :

```
HeureSelectionnE= « 11:30 »
for (indice=0;indice<donneTemperature->length();indice++)
{
    controlHeure=donneTemperature->at(indice);
    controlHeure.remove(5,3);
    controlTemp=donneTemperature->at(indice);
    controlTemp.remove(0,6);

    if(controlHeure=="HeureSelectionnE"){
        nb0000=nb0000+1; //compter le nombre de temperature
        to0000=to0000+controlTemp.toInt(NULL,10); //somme des temperature
        moyne0000=(double)to0000/(double)nb0000; //calcul de la moyenne
    }
}
```

Cet algorithme s'effectue la calcule de la moyenne de la température de tous les 11h 30min. Pour chaque heure l'algorithme est la même.



II.5 Programmation pour l'affichage de la courbe

Après avoir calculé les moyennes, nous allons les stocker dans un fichier texte avec l'heure correspondante. Nous avons mis en abscisse toutes les heures et en ordonnée les températures.

II.6 Résultat obtenue

- Apparition du site web sur l'application
- Les données du site web sont stockés dans un fichier (selon l'action de l'utilisateur)
- Affichage des moyennes de la température sur l'application.
- Représentation courbure des variations de la température.

III.L'architecture générale

Comme indiqué dans la figure ci-dessous, nous avons créé un logiciel nommé « C.V.T » (Courbe de Variation de Température). Ce logiciel permet de décoder et convertir les données METAR du site www.ogimet.com pour faciliter les traitements statistiques et permet d'afficher les courbe de variation diurne de température. On collecte des données depuis le site OGIMET, puis le logiciel traitera la variation de température et enfin il affiche la courbe de variation diurne d température selon le besoin de l'utilisateur.



Les données
METAR
venant du
site OGIMET

On peut le télécharger depuis
cette application les données
METAR, le logiciel C.V.T fait
les traitements des données,
les études statistiques, les
décodages du message ...

Après les traitements des
données des courbes de variation
diurne de températures s'affichera
automatiquement dont les
prévisionnistes ont besoin pour
faire des prévisions afin d'assurer
les sécurités aériennes



TROISIEME PARTIE : REALISATION DE L'APPLICATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

23 Novembre 2018

Présenté et soutenu par LOVANIRINA SANTINAH ELIE



CHAPITRE I : REALISATION DE L'APPLICATION

I. Présentation de L'interface du logiciel

La figure suivante montre l'interface de l'application

The screenshot shows the main interface of the application. It features a header bar with 'Station: IVATO', 'Code OMM: 67093', and 'Code OACI: FMNI'. A search bar labeled 'URL:' is followed by a text input field (1) and buttons 'Parcourir', 'Valider', and 'Enregistrer'. Below this is a section titled 'Champ du site O6IMET' with a large text area (2) and a label 'champ contenant les codes METAR'. Another section titled 'Moyenne de la Temperature par heure' contains a large text area (3) and a label 'Resultats bien sûr en °C'. On the right side, there are labels for 'Moyenne Min: °C' and 'Moyenne Max: °C'. At the bottom left is an 'Initialiser' button (5), and at the bottom right is a 'Quitter' button (6) next to a user profile picture and the name 'by Elie Lomanirina'. The top left corner has 'Station: IVATO' (4) and 'Code OMM: 67093' (7).

Figure 32: Aperçu écran du page d'accueil



L'interface est composée de :

- ❖ (1) L'entree URL qui sert a recuperer les donnees depuis le site d'OGIMET
- ❖ (2) Champ du site OGIMET ou se place les donnees qui vient de recuperer
- ❖ (3) Champ qui contient le donnee traite c'est-à-dire le moyenne de la temperature par heure
- ❖ (4) Boutton de traitemnt des donnees
- ❖ (5) Boutton d'initialisation
- ❖ (6) Boutton quitter
- ❖ (7) Aide

II. Mode d'aspiration des donnees depuis ogimet

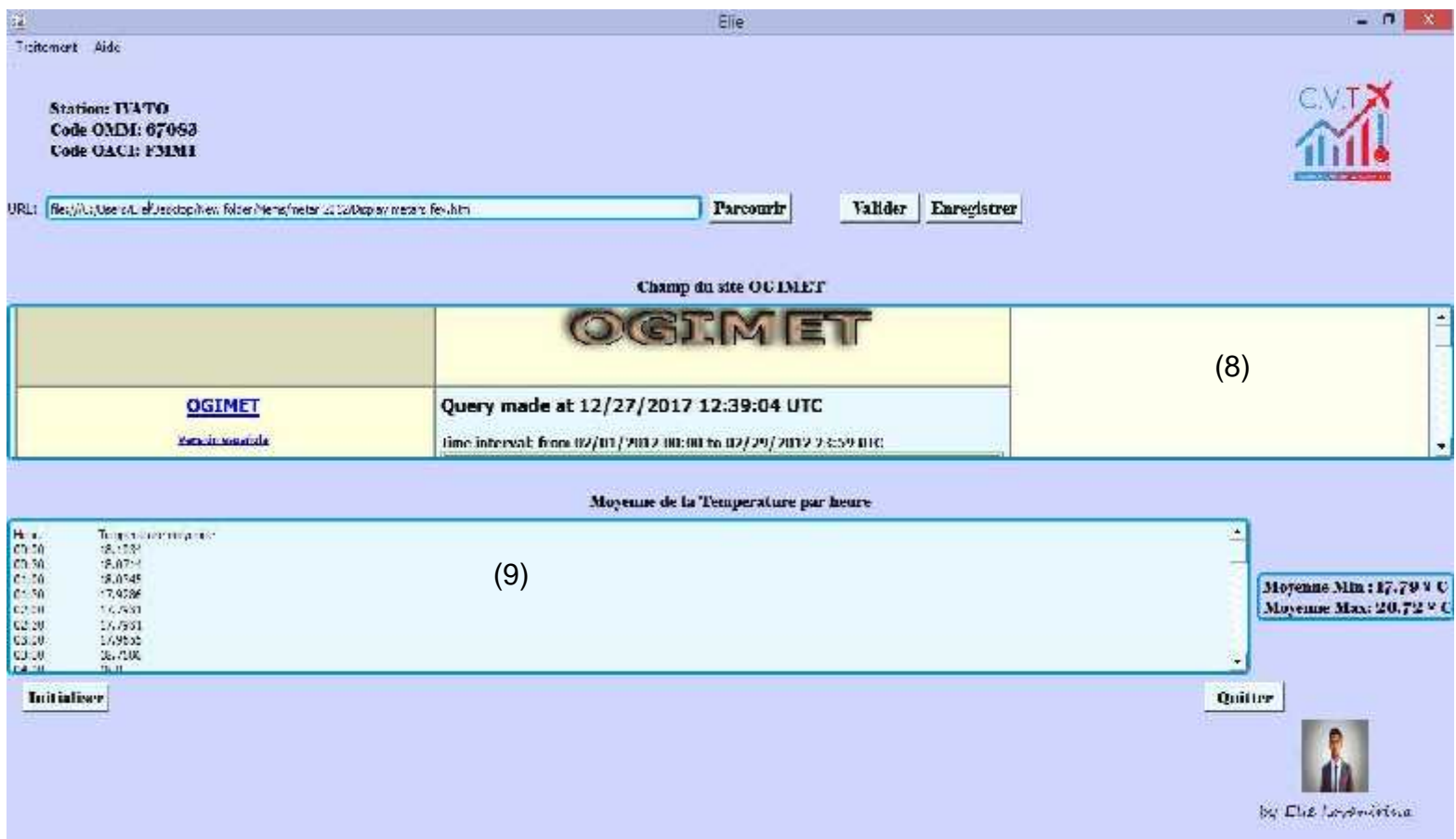


Figure 33: Aperçu écran de l'aspiration des données depuis OGIMET

Il faut entrer l'URL puis appuyer sur le bouton **Valider** puis **Enregistrer** mais si les données sont déjà enregistrées dans le machine, il suffit tous simplement de mettre dans l'URL la partition où se trouve les données.



Après, « CVT » montre dans le champ du site OGIMET les messages METAR. Ensuite, l'application affiche automatiquement les températures avec les heures provenant des données METAR à traiter (9).

La figure suivante montre l'interface de l'application avec les données de l'OGIMET (8).

III. Affichage de la courbe de variation de température

III.1. Les traitements des données

Cette fenêtre contient 2 options :

- Le traitement des données du lien : contient le bouton de compilation et le bouton d'affichage des données décodés
- Le traitement des données déjà enregistrés : c'est-à-dire les données de 10 ans (ici 2008 à 2017)
- Le traitement d'extrait des données : par mois ou par ans

Voici la fenêtre qui illustre ces traitements :



Figure 34: Aperçu de l'écran du traitement des données




III.2. L'apparition du courbe

Après les traitements du données la courbe s'affichera comme la figure suivant illustre.

On voit sur la courbe : - sur l'axe des abscisse l'Heure du message en TU ou UTC

- sur l'axe des ordonnées les valeurs de température en °C

A l'extrême droite de la courbe il y a un paramètre de l'affichage qui permet de modifier l'échelle dont le besoin de l'utilisateur.

Il y a aussi un bouton  pour retourner à la page précédente ou pour quitter l'affichage de la courbe

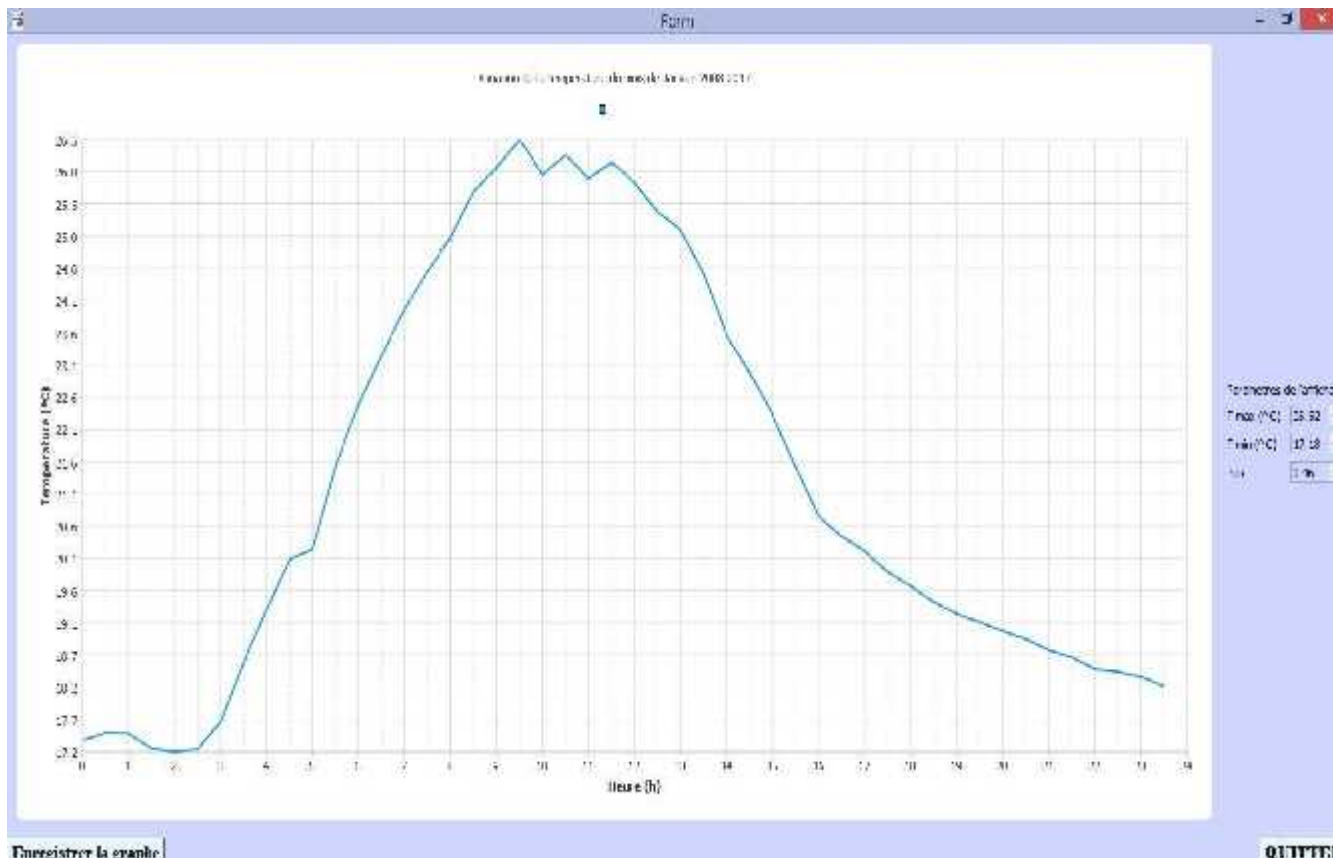


Figure 35: exemple d'affichage de courbe issue de l'application « CVT »



CHAPITRE II : INTERPRETATION DES RESULTATS

I. Présentation des résultats

A l'issue de notre étude nous avons obtenu les résultats suivants.

I.1 Mois de janvier 2008-2017

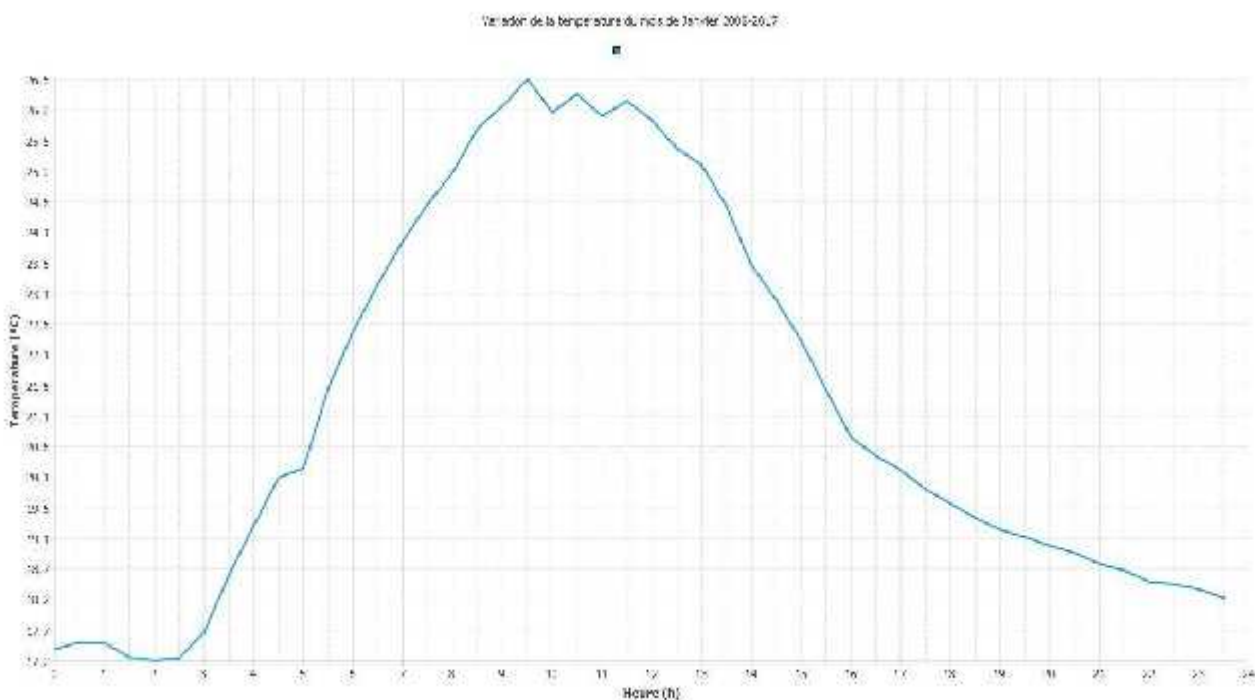


Figure 36: Variation diurne de température d'IVATO en janvier 2008-2017

La valeur moyenne mensuelle minimale durant le mois de janvier pour cette période est de 17°00 C observée autour de 02 heure TU et une maximale mensuelle de 26°52 C observée autour de 10 heure TU. Sur la courbe, il y a une augmentation de température à partir de la troisième heure jusqu'à la dixième heure et il y a une diminution de température dès la treizième heure jusqu'à 00 heure. Le mois de janvier fait partie de la saison fraîche à Madagascar, on peut l'expliquer par le développement des centres d'action dans l'Océan Indien.



1.2 Mois de février 2008-2017

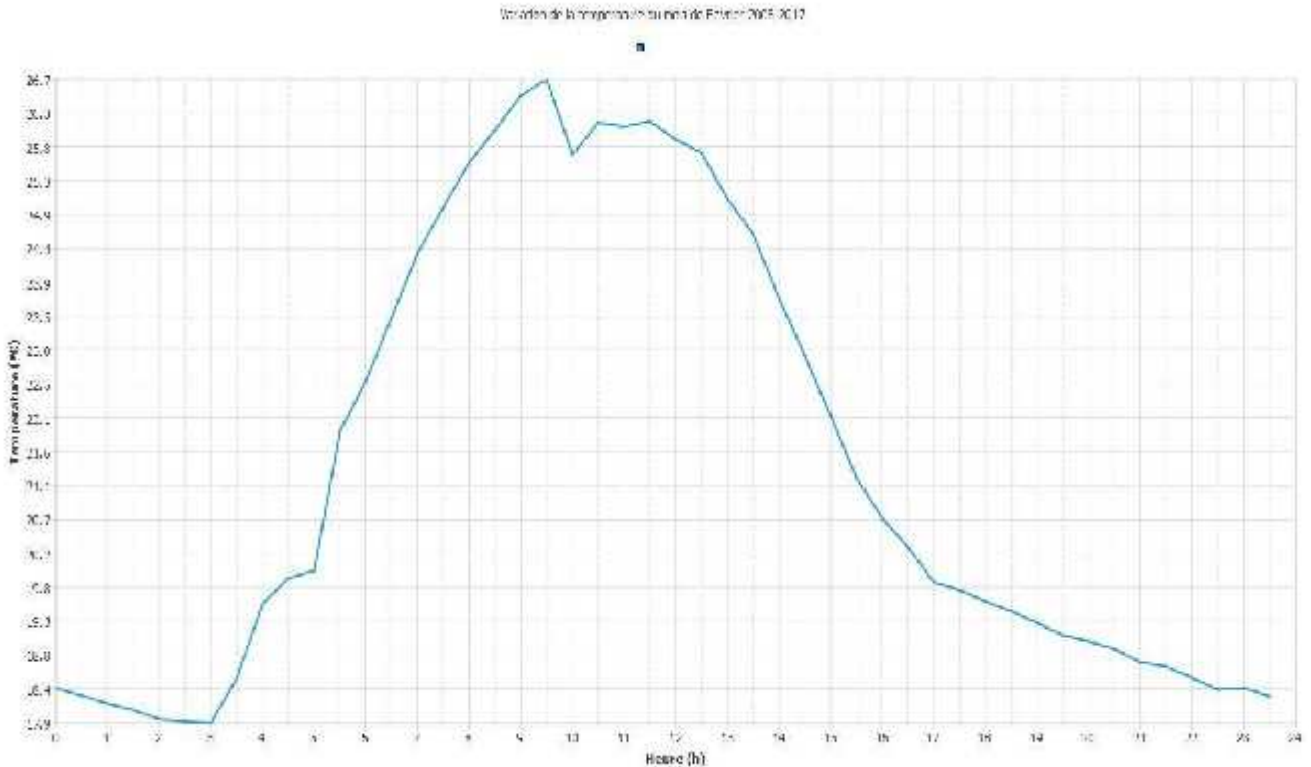


Figure 37: Variation diurne de température en mois de février 2008-2017

D'après la courbe montrant la variation moyenne de température, nous avons vues qu'une valeur maximale moyenne de 26°7 C atteinte aux environs de 10 heure TU et une minimale de 17°00 C correspondant à 03 heure TU. Puis, à partir de cette heure il y a une montée de température vers le maximale du journée équivalent à 10heure et après la température diminue avec la disparition du soleil et pendant la nuit. La hausse de température pendant le mois de février entraîne aussi le réchauffement qui contribue à la formation des cyclones. Donc pendant ce mois la condition de formation des dépressions est très favorables.



1.3. Mois de mars 2008-2017

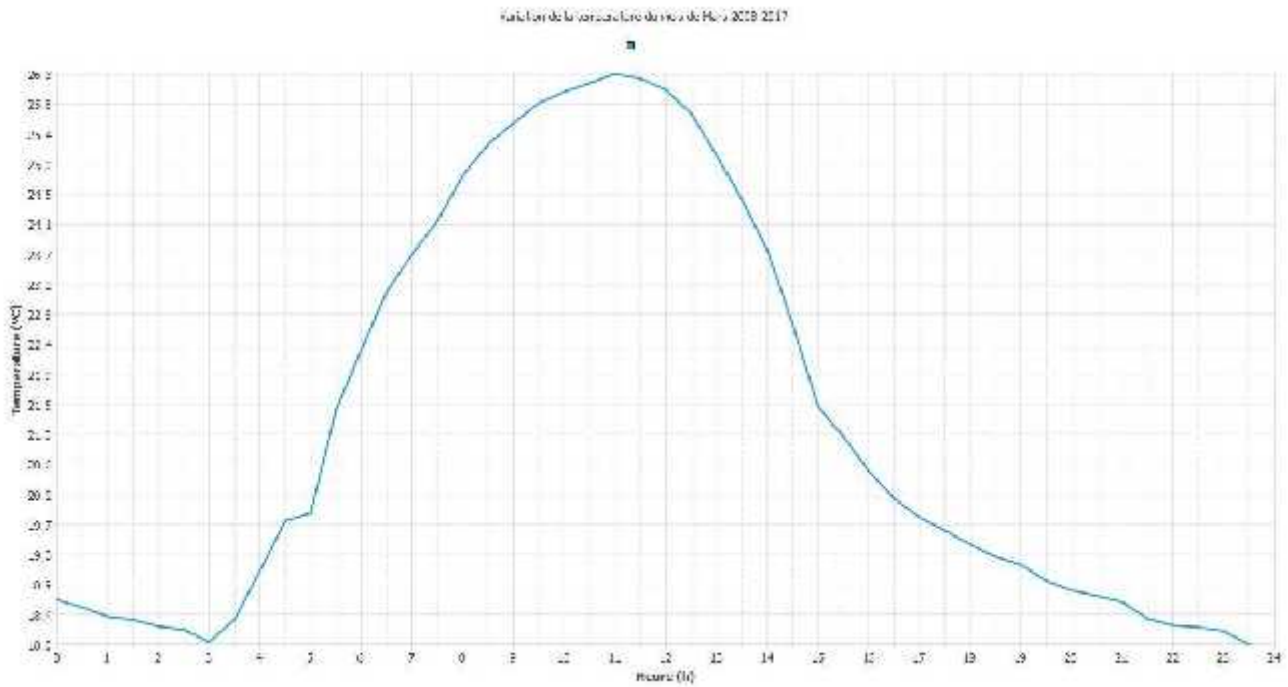


Figure 38 : Variation diurne de température en mois de mars 2008-2017

Pendant le mois de mars, la température augmente après la levée du soleil c'est-à-dire à 3 heures TU, au commencement de l'après-midi la température décroît. La courbe en dessus montre que la valeur moyenne maximale de température pour ce mois est 26°28 C atteinte vers 11 heure TU, tandis que celle minimale est 17°00C atteinte vers 03 TU.

A la fin de mars, le refroidissement de l'atmosphère s'amorce. Au cœur du centre d'action de l'anticyclone, les phénomènes de subsidence s'intensifient au fur et à mesure que le refroidissement s'accroît ; ce qui entraîne un renforcement des pressions au cœur de l'anticyclone, au rythme du refroidissement. La fin du mois de mars est la fin de la période cyclonique à Madagascar ce qui signifie le début d'une intersaison, donc on peut l'expliquer pendant cette période on remarque la diminution de la moyenne de températures.



I.4 Mois d'avril 2008-2017

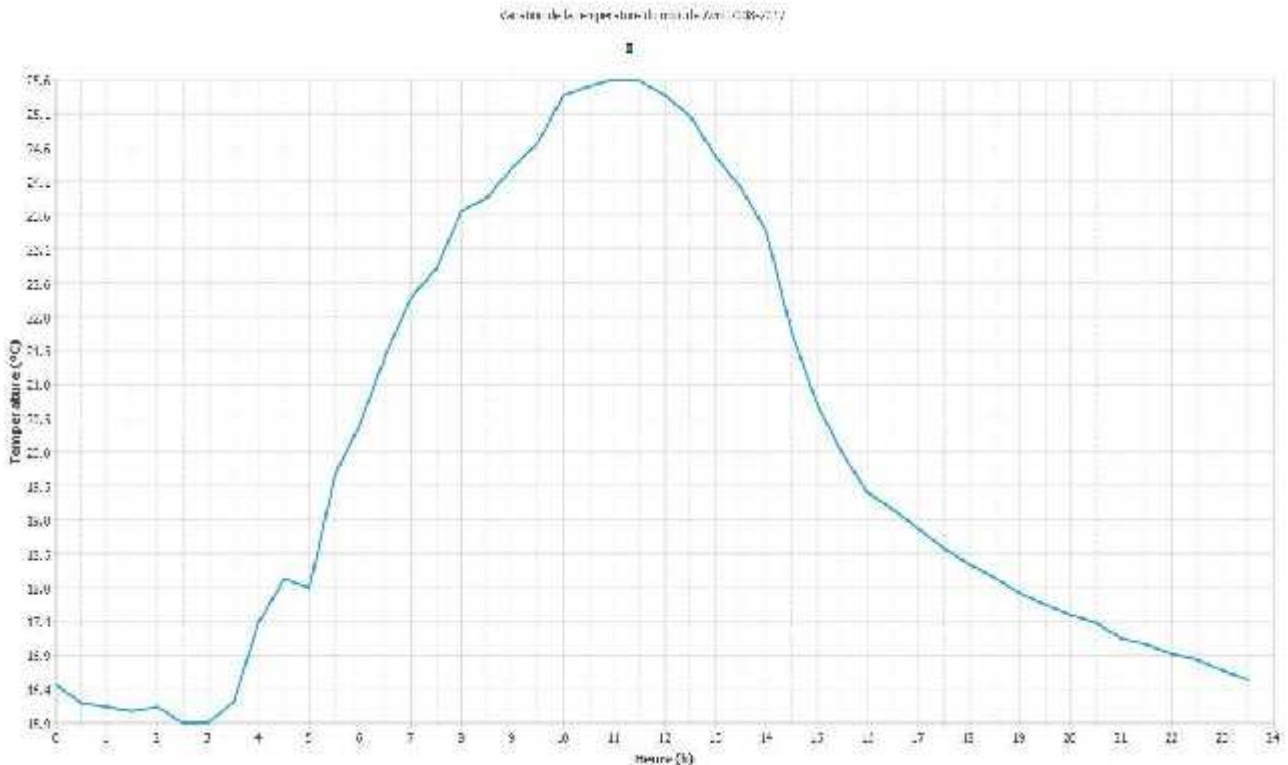


Figure 39: Variation diurne de température en mois d'Avril 2008-2017

Durant cette période, il y a une hausse de température de l'air pendant toute la journée jusqu'à la onzième heure. La température moyenne maximale en mois d'Avril pour cette période est de 25°63 C observée à 11 heures TU et une minimale de 15°00C à 03 heures TU. On dit que le mois d'avril est une intersaison qui passe vers la saison froide parce que la température pendant ce temps commence à diminuer. Cette sensation est expliquée par la diminution petit à petit de la température à cause de la disparition des centres dépressionnaires contribuant à la mise en place de l'anticyclone.



1.5. Mois de Mai 2008-2017

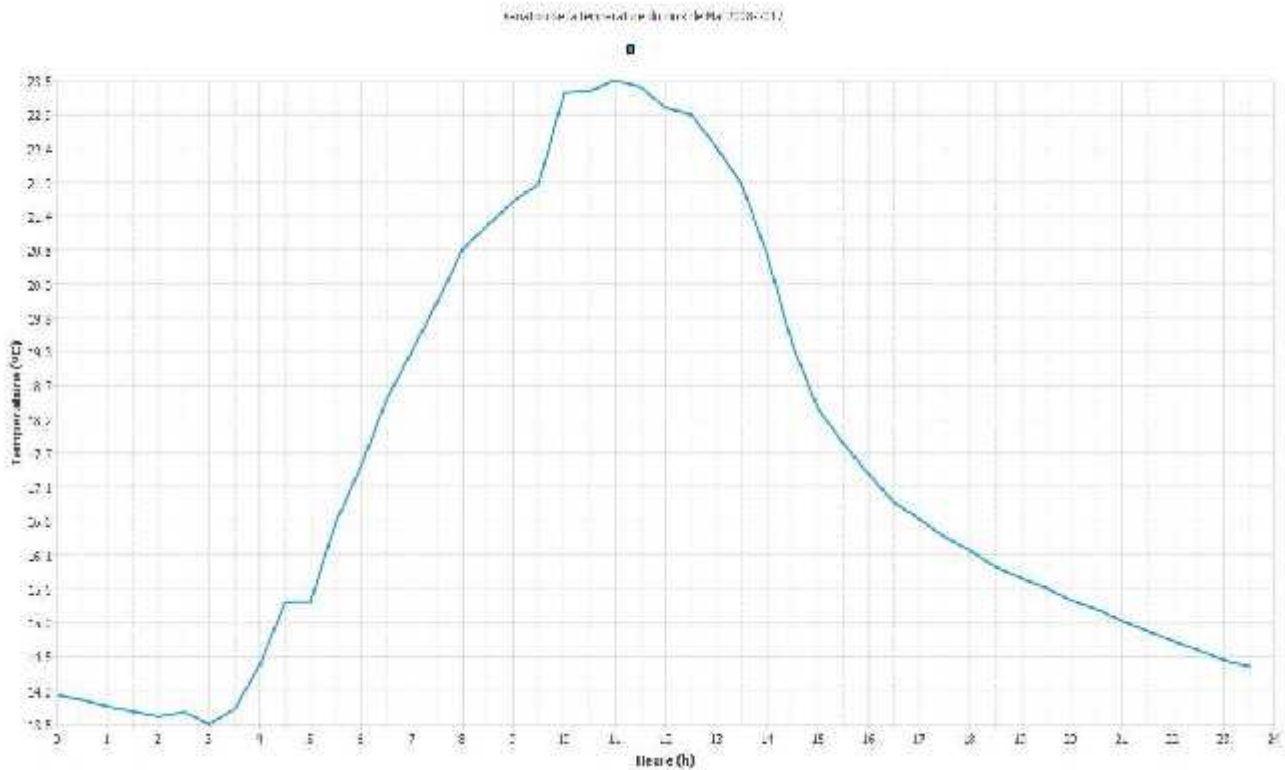


Figure 40: Variation diurne de température mois de mai 2008-2017

La température moyenne maximale observée est de $23^{\circ}47$ C que l'on observe autour de 11 heure TU et celle minimale de $13^{\circ}00$ C s'observe autour de 03 heure TU. Le mois de juin fait partie encore de la phase intersaison cela peut justifier par la courbe précédente, on remarque que les températures que ce soit maximale ou minimale ne dépasse pas loin des valeurs de température de référence. Malgré tout, on commence déjà à sentir la sensation dans l'hiver le long de ce mois.



1.6. Mois de juin 2008-2017

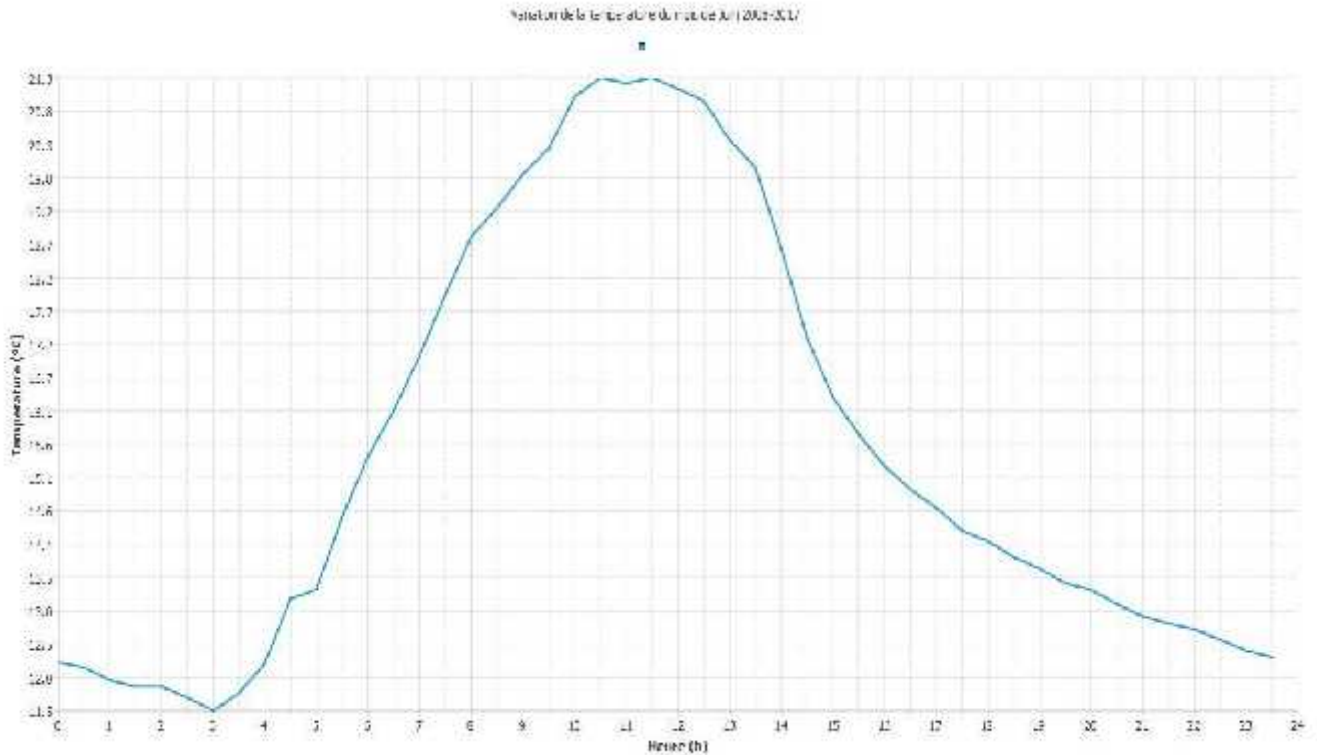


Figure 41: Variation diurne de température en mois de juin 2008-2017

Pendant le mois de juin, on observe un maximum de 21°31 C autour de 11 heure TU et un minimum de 11°00 C vers 03 heure TU.

Le ciel clair et les brouillards tôt le matin du 03 TU a conduit à une forte baisse de la température à 11°C. Durant la journée, le ciel est resté bien dégagé après dissipation des brouillards et causait la hausse de la température maximale de cette journée vers une valeur supérieure à celle de la précédente. Il est donc logique que cette maximale ne descendra pas vers une valeur très faible étant donné que le vent n'était plus calme. De plus, la nébulosité contribue au freinage de la baisse de la température nocturne. Le mois de juin marque l'entrée dans la saison fraîche. En plus, l'anticyclone s'amplifie et qui provoque des soufflés d'Alizés entraînant la diminution de la température de l'air.



1.7 Mois de juillet 2008-2017

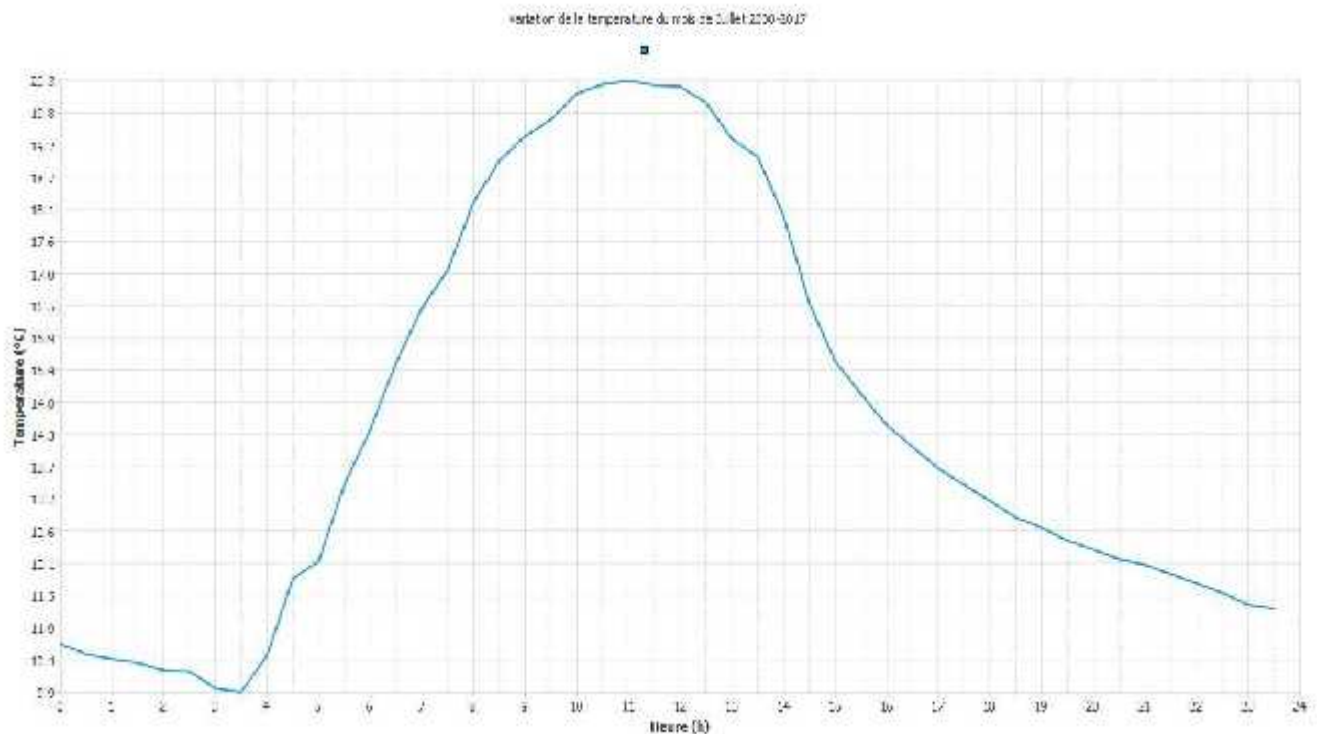


Figure 42: Variation diurne de température du mois de juillet 2008-2017

Pour le mois de juillet, la valeur moyenne de la température est maximale vers 11 heure TU avec une valeur moyenne de 20°32 C et est minimale vers 03 heure TU avec une valeur moyenne de 09°c .

La hausse de température est importante en juillet par rapport aux autres mois. Elle est relativement pareille en juin et en aout. Cette hausse en juillet peut s'expliquer par la couverture nuageuse importante et la fréquence élevée des phénomènes de basse couche en plein de cœur de la saison hivernale à Madagascar. En effet, l'anticyclone du Sud-Ouest de l'Océan Indien est normalement à son pic d'intensité et peut exceptionnellement causer de couverture nuageuse persistante durant la journée qu'en nuit. Cette une période pleine hiver, favorable à la formation des centres d'actions anticycloniques provoquant les rafales du vent et le refroidissement de la température de l'air.



1.8. Mois d'août 2008-2017

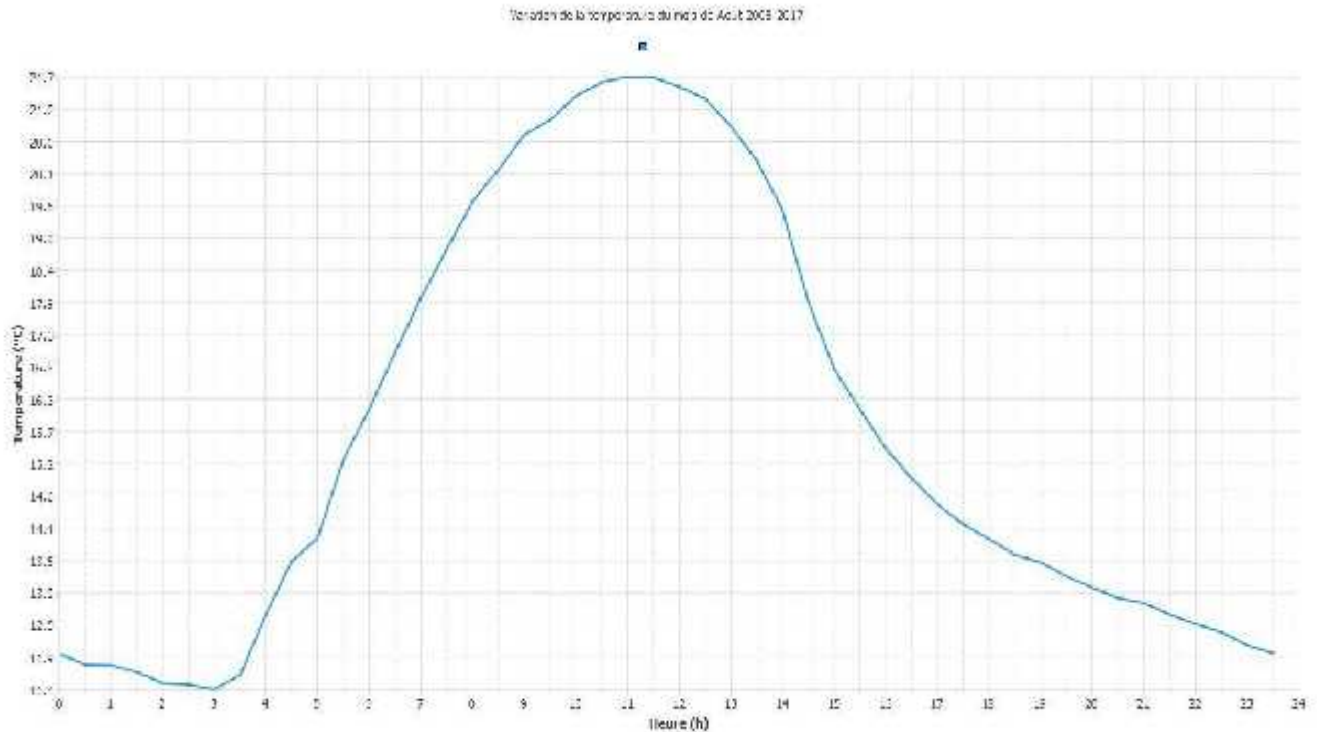


Figure 43: Variation diurne de température en mois d'août 2008-2017

En ce qui concerne ce mois, la température atteint sa valeur maximale de 21,70°C, en moyenne, dans une journée vers 11 heure TU et sa valeur minimale de 11°C vers 03 heure TU. Le fait que les conditions météorologiques durant la nuit précédente étaient dominées par de temps très nuageux, cela a modifié la valeur de départ de la variation diurne de la température du jour suivant par rapport à la veille. On peut aussi raisonner par rapport à l'influence des phénomènes observés en début de matinée. Thermodynamiquement parlant, la précipitation injecte de la chaleur latente de condensation dans l'atmosphère environnante et contribue au maintien de la tendance de la température.



1.9 Mois de septembre 2008-2017

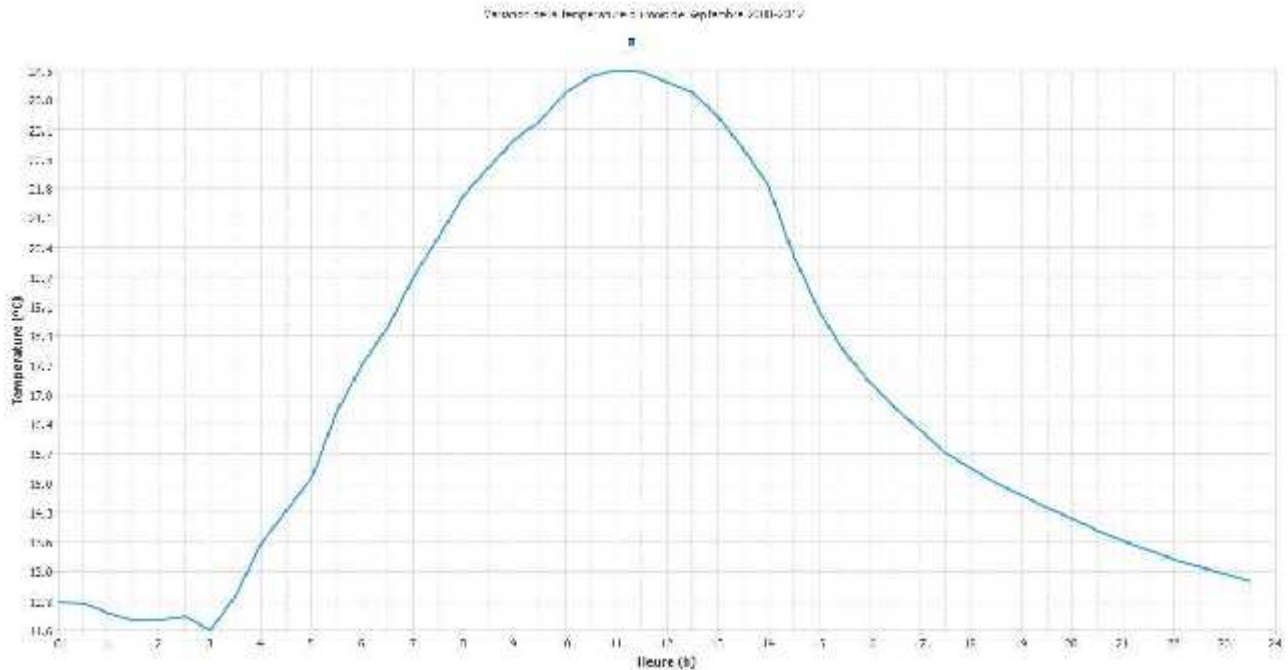


Figure 44: Variation diurne de température mois de septembre 2008-2017

Pour le mois de Septembre, la température maximale moyenne dans une journée est de 24,49°C atteinte vers 11 heure TU et celle du minimale est de 11°C atteinte vers 03 heure TU.

La diminution brusque de la nébulosité suggère que des nuages migrants ont influençaient passagèrement le temps local et ralentissait la tendance à la baisse de la température en nuit. Après cela et avec l'affaiblissement de vent a permis à la poursuite de la chute vers une valeur minimale. Vers la fin du mois de Septembre, sous l'effet d'un début de réchauffement de l'atmosphère, les pressions commencent par se dégrader, ce qui entraine l'augmentation de la température, de Septembre à Décembre. Lorsque les pressions au cœur de l'Anticyclone se réduisent à leurs plus faibles valeurs et le centre d'action éloigné le plus possible de l'équateur.



I.10. Mois d'octobre 2008-2017

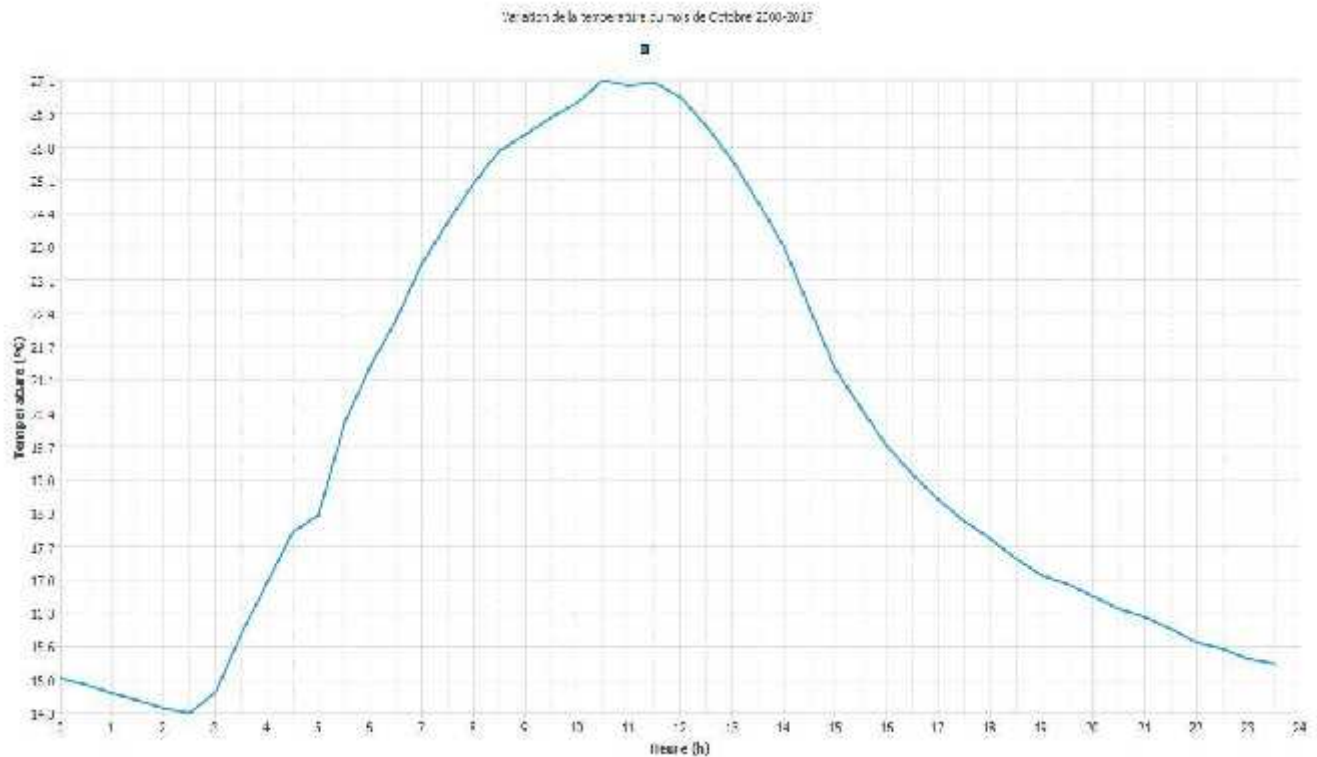


Figure 45: Variation diurne de température mois d'octobre 2008-2017

D'après la courbe montrant la variation moyenne de température, nous avons vu qu'une valeur maximale moyenne de 27,14° C atteinte aux environs de 11 heure TU et une minimale de 14°C correspondant à 03 heure TU. A ce moment, des flux d'air secs se font ressentir sur les hautes terres. Par contre la formation des dépressions est incluse dans ce mois, donc il se peut que le passage de cette phénomène naturel pourrait être remarquable avec l'apport d'une variation de températures. On remarque que pendant cette période la température commence à augmenter. Cela peut expliquer par la présence des centres d'action dans le bassin de sud-ouest de l'Océan-Indien.



I.11. Mois de novembre 2008-2017

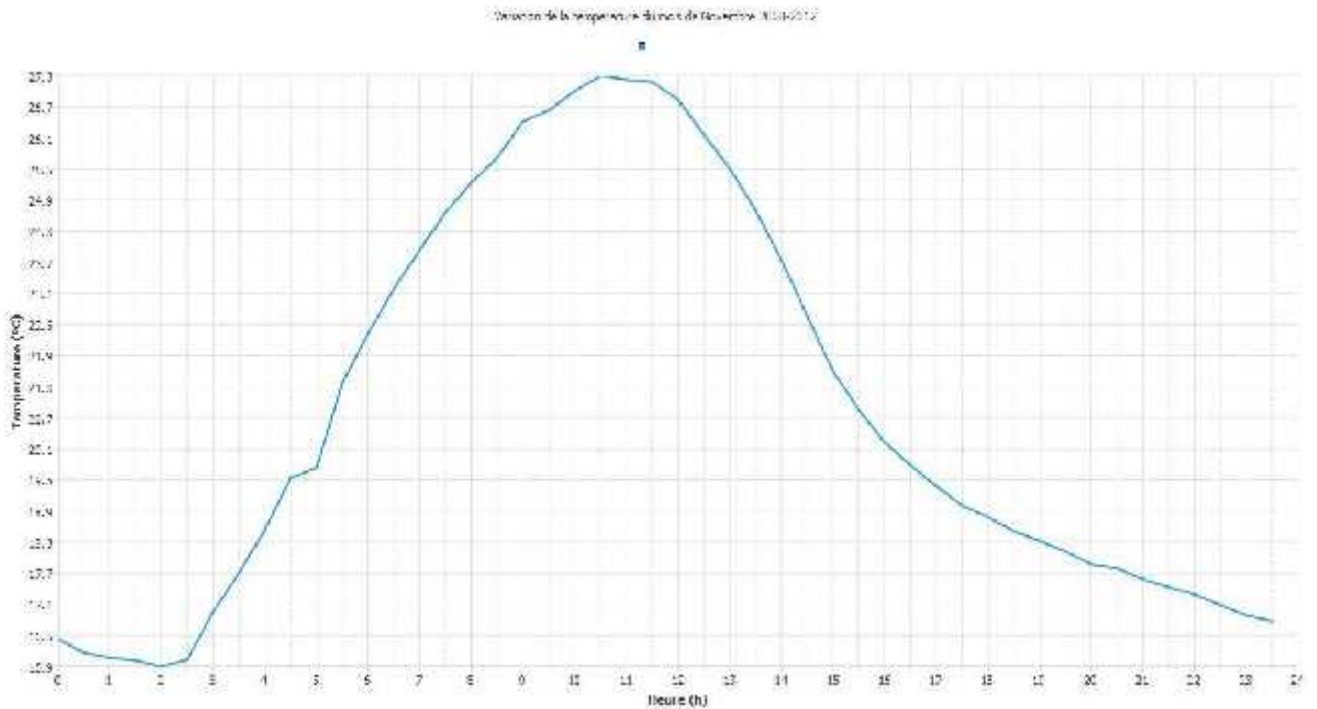


Figure 46: Variation diurne de température en mois de novembre 2008-2017

La température pour ce mois dans une journée est maximale vers 11 heure TU et sa valeur moyenne est de 27,32°C tandis qu'elle est minimale vers 02 heure TU et sa valeur est de 15°C. Le période cyclonique commence le début du mois de novembres. La hausse de température pendant le mois de novembre entraîne aussi le réchauffement qui contribue à la formation des cyclones. Donc pendant ce mois la condition de formation des dépressions est très favorables. Donc il y a eu des conséquences sur la température diurne durant ces mois de novembre.



I.12. Mois de décembre 2008-2017

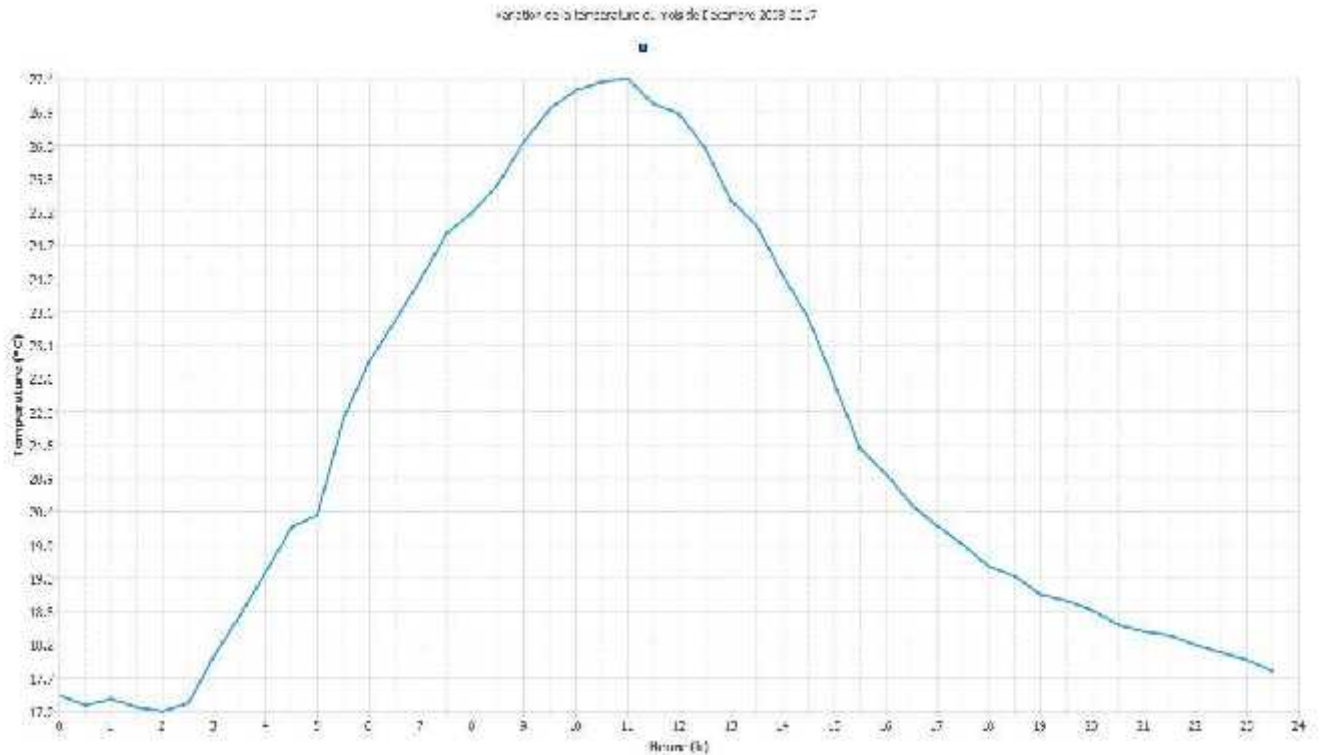


Figure 47: Variation diurne de température en mois de décembre 2008-2017

La température pour le mois de Décembre est maximale vers 11 heure TU avec une valeur moyenne de 27,41°C et la T° minimale ayant une valeur moyenne de 17,12°C vers 02 heure TU. C'est l'une des périodes cycloniques pour Madagascar. Le mois de décembre fait partie de la saison fraîche à Madagascar, on peut l'expliquer par le développement des centres d'action dans l'Océan Indien. Cette fin a beaucoup d'influence sur les températures journalières.



II. Synthèses générales

Les résultats trouvés précédemment reflètent les variations diurnes de la Température, qui ont été développées dans cette partie. En effet, on constate d'après cette étude que la température varie dans une journée de la manière suivante : elle présente une valeur maximale vers 11 heure TU tandis que sa valeur minimale est généralement observée vers 03 heure TU. L'énergie reçue du soleil est la source de la chaleur dans l'atmosphère, et par conséquent, le solde des échanges de chaleur entre l'émission de la terre et de son environnement, ce qui se reflète dans les variations de la température de l'air, devrait varier en fonction de la position du soleil dans le ciel. C'est, il y aura des variations de la température de l'air de temps en temps. La surface de la terre sur les pentes avant l'aube, en l'absence de nuages, la possibilité de perte de chaleur dans le ciel noir de la nuit. En conséquence, généralement, à croire que la basse température, il faut environ une heure avant le lever du soleil. Dès que le soleil se lève, le soleil commence à réchauffer la surface de la terre comme la température de la terre augmente la chaleur à partir de la surface des couches de l'air directement au-dessus d'elle. Il y a donc une augmentation progressive de la température de l'air et le soleil continue de croître, et aussi un peu de temps après qu'il a passé le Zénith, en raison du fait qu'une partie de la chaleur reçue par la terre du soleil et stockée dans les couches supérieures de l'ensemble de la matinée s'exécute et perdue par convection en début d'après-midi.

III. Avantages et limites de l'application

III.1 Avantages de l'application « CVT »

Cette application est un grand OUTIL facilitateur pour les prévisionnistes :

- Les usagers n'ont plus besoin de saisir les données à utilisées
- On peut gagner plus de temps au lieu de faire traditionnellement
- C'est une application informatisée, donc les résultats obtenus sont souples, manipulables et facile à obtenir, et de plus nous pouvons utiliser n'importe quand et n'importe où.



- Obtention automatiques des données depuis le site **OGIMET** si le machine est connectée à l'internet.
- Les données METAR peuvent être enregistrer sous classeurs Excel
- Obtention automatiques des courbes de variations de températures : journalière, hebdomadaire, mensuel, annuel, dizaine d'années.
- Les courbes obtenues peuvent enregistrer sous forme : PNG, JPG

III.2 limite de l'application « CVT »

Malgré ses avantages, elle a quelques inconvénients :

- Si les données téléchargées ou déjà existées contiennent des erreurs, ne les détecte pas, donc ces erreurs peuvent changer ou erroné les variations de température
- Pour le téléchargement des données depuis le site OGIMET, puisque ce site ne peut fournir que des données seulement un mois pour un téléchargement, par conséquent l'application « CVT » ne peut télécharger plus d'un mois
- La durée du calcul de variation diurne de température peut prendre de minute ou quelque minute pour la variation des décades d'années.



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le transport aérien est devenu indispensable. Ainsi, il a une importance capitale pour le développement car de lui dépend en grande partie les activités économiques et commerciales du pays. Ce moyen de transport, aussi efficace soit-il, présente de risques dont une partie dépend de la météorologie. Dans cette étude, on a mis en valeur l'importance qu'à la température dans l'aviation en général et particulièrement au moment du décollage elle influe sur la masse volumique de l'air et de cette manière sur la longueur de piste à utiliser et la pente de décollage.

L'utilisation des outils informatiques comme le C++ le logiciel QT Creator nous permet de faire une conception de l'application, pour faire le calcul et donner des courbes de variations de température. L'application C.V.T. qui vient de développer nous a permis de calculer la moyenne de température et qui donne les variations diurne températures. Elle est très utile pour les prévisionnistes pour faire les prévisions pour les rendre régulières et efficace pour les navigations aériennes.

La température de l'air varie principalement avec l'ensoleillement. Par une belle journée d'été, la température culmine vers 15 h TU solaire. Puis elle décroît, d'abord rapidement puis plus lentement. Elle est minimale peu après le lever du soleil. Par temps couvert, le cycle est le même mais l'amplitude (différence entre la température maximale et la température minimale) est moindre.

On peut encore améliorer cette application on utilise QT Creator et C++ comme les calculs des variations de tous les paramètres météorologiques qu'on peut trouver dans un message METAR avec les besoins des utilisateurs, on peut aussi faire des calculs de prévisions de température et tous les autres paramètres avec l'évolution du monde de l'informatique qui est devenu indispensable dans notre ère.



Bibliographie

- [1] T. du PUY de GOYNE, Y. PLAYS, P. LEPOURRY, J. BESSE :
Météorologie, Brevet d'Initiation Aéronautique. (30 juin 2018)
- [2] Cours de météorologie générale avec Mr Rivo RANDRIANARISON
en 2emes années (2016-2017)
- [3] Frédéric WILLOT et Didier VANDERPERRE : Brevet d'initiation
Aéronautique. (3aout 2018)
- [4] ASECNA, AEROMET-002-2014 METAR-SPECI/SLH, édition
Novembre 2013. (1 juillet 2018)
- [5] AIP ASECNA, édition 23 Juillet 2015. (11 aout 2018)
- [6] Cours de météorologie aéronautiques EAMAC (7 juillet 2018)
- [7] Cours de Climatologie par Mme RAKOTONIRINA Miora, en 2017,
filière Météorologie, 2016-2017.
- [8] Cours Météorologie dynamique par Mr RAKOTOARINOSY
Andrianiana Tahiana, en 2015, filière Météorologie, 2016-2017.
- [9] Iliona & Marine : décollage des aéronefs (méthode de décollage) .
(28 aout 2018)
- [10] Cours d'Informatique(c++ : les base) O.Marguin 2003 / 2004
(9 mars 2018)



Webographie

- [I] <http://www.w3.org/>, Mars 2018.
- [II] <http://www.ogimet.com/>, 24 février 2018, .
- [III] <http://www.wikipedia.org/>, 4 Mars 2018
- [IV] <http://www.meteofrance.fr/>, juin 2018
- [V] <https://www.asecna.aero/>, février 2018
- [VI] <https://www.meteorlogic.net/>, juillet 2018
- [VII] <https://www.prepavol.fr/>, juillet 2018



Annexes



Annexes 1 : lexiques

« Alizés » : Les alizés et les vents polaires d'Est soufflent donc à une altitude relativement basse, et sont remplacés par les vents d'Ouest à une altitude de quelques milliers de mètres.

« Chaleur latente » : Lorsque l'unité de masse d'un corps change d'état, une quantité de chaleur doit lui être fournie ou ôtée, même à température constante. C'est ce qu'on appelle chaleur latente.

« Anticyclone » : Ce sont des zones de haute pression que l'on note A ou H. Ces zones sont caractérisées par un vent et une nébulosité faible, de rares précipitations et un beau temps. Le vent tourne autour d'un anticyclone en s'éloignant du centre.

« Dépression » : Ce sont des zones de basse pression que l'on note D ou L caractérisées par une forte nébulosité, des précipitations abondantes, une humidité élevée et un mauvais temps.

Annexes 2 : Qualificateurs de description du phénomène météorologique dans un METAR

Abréviation	Description
VC	Au voisinage (in ViCinity)
MI	Mince (Mince)
PR	Partiel (PaRtiel)
DR	Chasse basse (low DRifting)
BL	Chasse haute (BLowing)
FZ	Se congelant (FreeZing)
RE	Récent (REcent)
BC	Bancs (BanCs)
SH	Averse (SHower)
XX	Violent

**Annexes 3** : Qualificateurs du type de phénomène dans le cas de précipitations atteignant le

Code METAR	Signification	Origine de l'abréviation
RA	Pluie	RAin
SN	Neige	SNow
GR	Grêle	GRêle
DZ	Bruine	DriZzle
PL	Granules de glace	Ice PeLlets
GS	Neige roulée (ou grésil)	Grésil
SG	Neige en grains	Snow Grains
IC	Cristaux de glace	Ice Crystals
UP	Précipitation inconnue (Stations automatiques)	Unkonown Precipitation

Annexes 4 : Qualificateurs du type de phénomène dans le cas d'obstacles en vue

Code METAR	Signification	Origine de l'abréviation
BR	Brume	Brume
FG	Brouillard	FoG
HZ	Brume sèche	HaZe
FU	Fumée	FUmee
SA	Sable	SAnd
DU	Poussière	DUst
VA	Cendres Volcaniques	Volcanic Ash

Annexes 5 : Qualificateurs pour d'autre types de phénomènes

Code METAR	Signification	Origine de l'abréviation
PO	Tourbillon de poussière / sable	POussière
SS	Tempête de sable	SandStorm
DS	Tempête de poussière	DustStorm
SQ	Lignes de grains	SQUalls
+FC	Tornado ou trombe marine	+Funnel Cloud
FC	Trombe	Funnel Cloud
TS	Orage	ThunderStorm



Annexes 6: extrait de la recommandation de l'annexe 3 de l'OACI- Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale pour les renseignements climatologiques Aéronautiques

CHAPITRE 8. RENSEIGNEMENTS CLIMATOLOGIQUES AÉRONAUTIQUES

Note.— Les spécifications techniques et les critères détaillés se rapportant à ce chapitre figurent à l'Appendice 7.

8.1 Dispositions générales

Note.— Lorsqu'il n'est pas possible dans la pratique de satisfaire les besoins de renseignements climatologiques aéronautiques à l'échelon national, la collecte, le traitement et le stockage des observations pourront être accomplis au moyen d'installations informatiques disponibles pour usage international, et le soin d'élaborer les renseignements climatologiques aéronautiques nécessaires pourra être délégué par accord entre les administrations météorologiques intéressées.

8.1.1 Les renseignements climatologiques aéronautiques nécessaires à la planification des vols seront établis sous la forme de tableaux climatologiques d'aérodrome et de résumés climatologiques d'aérodrome. Ces renseignements seront fournis aux usagers aéronautiques conformément aux accords conclus entre l'administration météorologique et ces usagers.

Note.— Les données climatologiques nécessaires à la planification des aérodromes sont indiquées dans l'Annexe 14, Volume 1, § 3.1.4, et dans le Supplément A.

8.1.2 **Recommandation.**— Il est recommandé que les renseignements climatologiques aéronautiques soient normalement fondés sur des observations réalisées pendant une période d'au moins cinq ans et que cette période soit indiquée dans les renseignements fournis.

8.1.3 **Recommandation.**— Il est recommandé de commencer à recueillir des renseignements climatologiques se rapportant aux emplacements de nouveaux aérodromes et de pistes supplémentaires aux aérodromes existants aussitôt que possible avant que ces aérodromes et pistes ne soient mis en service.

8.2 Tableaux climatologiques d'aérodrome

Recommandation.— Il est recommandé que chaque État contractant prenne des dispositions pour que les données d'observation nécessaires soient recueillies et conservées, et qu'il soit en mesure :

- d'établir des tableaux climatologiques d'aérodrome pour chaque aérodrome international régulier et de dégagement situé sur son territoire ;
- de mettre à la disposition de l'utilisateur aéronautique ces tableaux climatologiques dans des délais convenus entre l'administration météorologique et ledit usager.

8.3 Résumés climatologiques d'aérodrome

Recommandation.— Il est recommandé d'élaborer des résumés climatologiques d'aérodrome en se conformant aux procédures prescrites par l'Organisation météorologique mondiale. Lorsqu'il existe des moyens informatiques de stockage, de traitement et d'extraction de l'information, ces résumés devraient être soit publiés, soit mis à la disposition des usagers.



Annexes 7: le site OGIMET avec des extraits du code METAR

OGIMET

Process and information about meteorological conditions in the world

OGIMET
Version: 2017.01.01

Query made at 11/29/2017 12:29:22 UTC
Time interval: from 08/01/2017 12:00 to 08/30/2017 12:59 UTC

184901, Antananarivo / Ivato (Madagascar).
WHO index: 67083. Latitude 18-48S. Longitude 047-29E. Altitude 1279 m.

METAR/SPECI from FMFI, Antananarivo / Ivato (Madagascar).

18/01/2017 12:00	FMFI ALPHNL 301220Z 0900/K1 320000 9999 080021 22/21 Q1019 40510-
SA 30/08/2017 12:00	FMFI ALPHNL 301220Z 0900/K1 320000 9999 080021 22/21 Q1019 40510-
18/01/2017 12:00	FMFI ALPHNL 301220Z 0900/K1 320000 9999 080021 22/21 Q1019 40510-
18/01/2017 12:00	FMFI ALPHNL 301220Z 0900/K1 320000 9999 080021 22/21 Q1019 40510-
SA 30/08/2017 12:00	FMFI ALPHNL 301220Z 0900/K1 320000 9999 080021 22/21 Q1019 40510-
18/01/2017 12:00	FMFI ALPHNL 301220Z 0900/K1 320000 9999 080021 22/21 Q1019 40510-

**Annexe 9 : L'extrait du code correspondant à l'algorithme**

```
//la variable tout contient tout les données du site
//la variable code est un séparateur virgule
if(!tout->isEmpty()){

    tout->replace("SA\n",*code);//mettre SA et SP en séparateur de tableau
    tout->replace("SP\n",*code);
    *listeCode=tout->split(*code,QString::SkipEmptyParts);
    int i;
    for(i=0;i<listeCode->length();i++)
    {
        *drapeau=listeCode->at(i);
        drapeau->replace("\n ", " ");
        drapeau->remove("FMMI");
        drapeau->remove("COR");
        *pondList=drapeau->split(" ",QString::SkipEmptyParts);

        if(!pondList->isEmpty())
        {
            int j;
            elt1=" , ";
            elt2=" , ";

            for(j=0;j<pondList->length();j++)
            {
                if(pondList->at(j).contains("0Z")||pondList->at(j).contains("1Z")
||pondList->at(j).contains("2Z")||pondList->at(j).contains("3Z")
||pondList->at(j).contains("4Z")||pondList->at(j).contains("5Z")
||pondList->at(j).contains("6Z")||pondList->at(j).contains("7Z")
||pondList->at(j).contains("8Z")||pondList->at(j).contains("9Z"))
```



```
        {
            elt1=pondList->at(j);
            if(elt1.length()==8)
                elt1.remove(6,8);
            elt1.remove('Z');
            elt1.insert(2,code);
            elt1.insert(5,':');
            //recuperation d'heure et jour
        }

        if(pondList->at(j).contains('/')&&(pondList->at(j).length()<=6))
        {
            elt2=pondList->at(j);
            elt2.replace('/',',');
            //recuperation de la température
        }

    }
    pondList->clear();
    if(elt1 !=" , ")
    {
        pondList->clear();
    pondList->append("\n");
        pondList->append(elt1);
        pondList->append(elt2);
    }

}

*drapeau=pondList->join(',');

listeCode->replace(i,*drapeau);
```



```
*motTemperature=drapeau->split(",",QString::SkipEmptyParts);  
//temp=motTemperature.at(2)+","+motTemperature.at(3);  
if(!motTemperature->isEmpty())  
{  
    t1=motTemperature->at(2);  
    t2=motTemperature->at(9);  
    *temp=temp->append(t1);  
    *temp=temp->append(',');  
    *temp=temp->append(t2);  
    donneTemperature->append(*temp);  
    temp->clear();  
}  
  
}
```

//En fin, tous les données jour, heure et température sont stockés dans le variable tableau à double indice mot température



Annexes 10 : Extrait des données décodées enregistrer sous classeur Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Date	Heure	Direction	Force	rafal	var direction visibilité	Ics présent	ID	Pression							
1																
2																
3	29	09:00	VBR		1		9999		18	18	1019					
4	29	21:00	VBR		1		9999		18	18	1010					
5	29	21:30	VBR		1		9999		18	18	1010					
6	29	22:00	100	1			9999		18	18	1010					
7	29	21:30	90	4			9999 RA		18	18	1011					
8	29	21:00	80	4	050/170		9999 RA		18	18	1011					
9	29	20:30	50	8			9999 RA		17	17	1011					
10	29	20:00	40	8			9999 RA		17	17	1012					
11	29	19:30	30	7			9999 Ue		18	18	1012					
12	29	19:00	30	5			9999 D2		18	18	1012					
13	29	18:30	30	5			9999 D2		19	19	1017					
14	29	18:00	100	7			9999		10	10	1011					
15	29	17:30	110	5			9999		18	18	1011					
16	29	17:00	90	3			9999		19	19	1011					
17	29	16:30	110	4			9999 RA		18	18	1011					
18	29	16:00	100	4			9999 RA		18	18	1010					
19	29	15:30	80	4			9999 RA		18	18	1010					
20	29	15:00	70	7			9999 RA		18	18	1010					
21	29	14:30	60	7			9999 RA		18	18	1011					
22	29	14:00	60	7			4000 RA		18	18	1012					
23	29	14:18	60	10			3000 RA		18	18	1011					



TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRES	ii
LISTE DES FIGURES LISTE	iii
DES TABLEAUX LISTE	v
DES ABREVIATIONS LISTE	vi
DES ANNEXES	ix
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU SITE D'ETUDE	2
I.Généralités	2
I.1.Caractéristiques de l'aérodrome d'IVATO	2
I.2.Climatologie d'IVATO	5
II.Présentation de l'ASECNA	7
II.1. Généralité	7
II.2. MISSIONS	8
II.3. Représentation de l'ASECNA à Madagascar	8
III.Prévision météorologique :	11
III.1 Prévision	11
III.2 Protection	12
III.3 Pointage	12
III.4 Veille Météorologique d'aérodrome	13
Chapitre II : GENERALITES SUR LA TEMPERATURE	14
I.Définitions	14
I.1.Méthode d'observation de la température minimale	14
I.2.Méthode d'observation de la température maximale	15
I.3.Utilité de la température en aéronautique	16
II.Les instruments de mesure de la température	19
III.Les variations de la température	24
III. 1 Variation temporelle de la température	24



III.2 Variation spatial de la température	28
IV. LES CAUSES DE LA VARIATION DE LA TEMPERATURE	31
IV. 1. L'effet des paramètres météorologiques sur la température	31
IV.2. L'effet des phénomènes sur la température	37
IV.3. L'effet des nuages sur la température	38
IV.4. Les échanges de chaleur	39
DEUXIEME PARTIE : CONCEPTION DE L'APPLICATION	
CHAPITRE I : ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT	40
I.Langage C++	41
II.Présentation générale de QT	42
III.Le site OGIMET	43
III.1 Description	43
III.2 Utilités	44
CHAPITRE II : LES MESSAGES D'OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES AERONAUTIQUES	46
I .Les OPMET	46
I.1 Définition	46
1.2. Message de prévision	46
1.3. Messages d'observations météorologiques aéronautiques	46
II .Le METAR	47
II.1. Forme symbolique du METAR et SPECI	47
II.2. Description des groupes du message	48
III.Exemple d'un METAR décodé	58
CHAPITRE III : CONCEPTION DE L'APPLICATION	59
I.Les outils utilisés	59
II.Le traitement-programmation	59
II. 1 Création de l'interface graphique	60
II.2 Récupération du site web	60
II.3 Mise en place des données du site web OGIMET	60
II.4 Calcul des moyennes de la température à chaque 30 min	62
II.5 Programmation pour l'affichage de la courbe	63



II.6 Résultat obtenue	63
III.L'architecture générale :	63
TROISIEME PARTIE : REALISATION DE L'APPLICATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS	
CHAPITRE I : REALISATION DE L'APPLICATION	65
I.Présentation de L'interface du logiciel	65
II.Mode d'aspiration des donnees depuis ogimet	66
III.Affichage de la courbe de variation de température	67
III.1. Les traitements des données	67
III.2. L'apparition du courbe	68
CHAPITRE II : INTERPRETATION DES RESULTATS	69
I.Présentation des résultats	70
I.1.Mois de janvier 2008-2017	71
I.2.Mois de février 2008-2017	72
I.3.Mois de mars 2008-2017	73
I.4.Mois d'avril 2008-2017	74
I.5.Mois de Mai 2008-2017	75
I.6.Mois de juin 2008-2017	76
I.7.Mois de juillet 2008-2017	77
I.8.Mois d'aout 2008-2017	78
I.9.Mois de septembre 2008-2017	79
I.10.Mois d'octobre 2008-2017	80
I.11.Mois de novembre 2008-2017	81
I.12.Mois de décembre 2008-2017	81
II.Synthèses générales	81
III.Avantages et limites de l'application	82
III.1 Avantages de l'application « CVT »	82
III.2 limite de l'application « CVT »	82
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	83
Bibliographie	84
Webographie	85



Annexes	0
Titre	xi

Titre : « CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION POUR DETERMINER LA VARIATION DIURNE DE TEMPERATURE A L'AERODROME D'IVATO A PARTIR DES DONNEES OGIMET PERIODE DE 2008-2017 ».

Auteur : LOVANIRINA Santinah Elie

Nombre de pages : 85

Nombre de figures : 47

Nombre de tableaux : 4

Nombre des annexes : 10



Résumé :

Dans la vie quotidienne, la réalisation de plusieurs tâches auxquelles nous sommes conviés est tributaire des conditions météorologiques. Ainsi, des domaines aussi variés que l'agriculture, le commerce, le sport, les loisirs, le transport... exigent l'étude et la prévision de certains paramètres météorologiques dont la température. En effet, paramètre dont la qualité affecte grandement le transport, la température est d'une importance capitale dans l'aviation, car malgré les progrès technologiques jusqu'ici réalisés, tous les aéronefs ont des valeurs seuils en deçà desquelles ils ne peuvent ni décoller, ni atterrir, ni effectuer un vol à vue. Ce logiciel conçu à la détermination de la variation diurne de température à la station d'IVATO pour pouvoir justifier et la régularité des prévisions météorologique afin d'assurer la sécurité de la navigation aérienne.

Mots clés : « prévision de températures ; variation diurne »

Abstract:

In everyday life, the accomplishment of several tasks to which we are invited depends on the meteorological conditions. Thus, fields as varied as agriculture, commerce, sport, recreation, transport ... require the study and the forecast of certain meteorological parameters including temperature. Indeed, a parameter whose quality greatly affects transport, temperature is of paramount importance in aviation, because despite the technological progress so far achieved, all aircraft have threshold values below which they cannot take off neither land nor fly. This software designed to the determination of the diurnal variation of temperature at the station of IVATO, to be able to justify and the regularity weather forecasts to ensure the safety of air navigation.

Keywords: «temperatures forecast; diurnal variation »

Directeur de mémoire : Ingénieur en Météorologie, M. RANDRIAMPARANY Solohery

**Adresse de l'auteur : LOT IPA 227 Bis B Anosimasina
+261332477880
santinelielova@gmail.com**