



Rapport
de Stage

- PFE
- SI
- SIP

Sujet:

Méthodes d'observation météorologique et climat de la ville Essaouira

résumé :

Dans ce rapport, nous allons apercevoir l'histoire et le climat d'Essaouira puis représenter le CPM d'Essaouira et les différents instruments dont il dispose. Ensuite nous parlerons de principales activités du CPM- à savoir l'observation synoptique, la climatologie et l'assistance aéronautique et maritime, ainsi que les différents supports informatiques utilisés pour les effectuer. Nous terminerons par notre sujet d'étude qui s'intéresse au vent de la ville et ses particularités, et par SynopApp, l'application conçue en collaboration avec l'autre binôme.



RAPPORT

DE STAGE D'INITIATION PROFESSIONNELLE

ENCADRE PAR

Mr Redouane Boula

LIEU

Au centre provincial météorologique
d'Essaouira

REALISE PAR

Chaqdid Abdelaziz et Oubahha Assâad

1^{ère} année Météo

Du 2 Juillet au 2 août 2019



ECOLE HASSANIA
DES TRAVAUX PUBLICS



Remerciement

D'abord nous profitons de cette occasion pour adresser nos sincères remerciements à l'administration de l'école Hassania des travaux publics et aux professeurs de la première année Météorologie pour leur gestion sage et les bonnes conditions d'études qu'ils nous ont procurées.

Nous tenons également à remercier la DMN pour nous donner la chance de faire ce stage au sein du centre provincial météorologique Essaouira.

Nous ne trouvons pas les mots pour exprimer notre gratitude envers Mr.Redouane BOULAL, chef du centre provincial météorologique d'Essaouira et notre encadrant de stage. Ses conseils et ses encouragements ont permis à ce travail d'aboutir. Ses capacités scientifiques et ses compétences étaient notre grand support. Faire notre stage sous son encadrement était pour nous un grand honneur et un immense honneur.

Nos remerciements vont aussi à tout le personnel du centre provincial d'Essaouira pour leur accueil. Nous remercions particulièrement Mme.Sara Rochdi, observatrice au sein du CPM Essaouira, pour sa disponibilité et sa bonne humeur.

Finalement, nous voudrons exprimer notre reconnaissance à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réussite de notre stage.



Sommaire

Remerciement

Introduction	1
I . Essaouira ville et climat.....	2
1. Histoire de la ville	2
2. Climat de la ville	3
II . Monographie du centre provincial météorologique d'Essaouira	3
1. Historique	3
2. Personnels	4
3. Fiche technique du centre	4
4. Usagers	4
5. Infrastructures	5
6. Equipements du parc	5
6.1. abri météorologique	5
6.2. Pluviomètre	6
6.3. Pluviographe à augets basculeurs	6
6.4. Anémomètre	6
6.5. Girouette	6
6.6. Héliographe	6
7. Equipements à l'extérieur du parc	7
7-1. Baromètre	7
8. Station automatique	7
III. Observation	8
1. Définition de l'observation	8
2. Système d'observation dans la station	8
2-1. observation synoptique	8
2-2. observation maritime	8
3. Le rôle d'observation	8
4. Activités quotidiennes	8
5. Equations psychrométriques	9
6. Activité du centre provincial	10
7. Carnet d'observation	10
8. Les messages météorologiques.....	10

8.1. Les messages SYNOP	11
8.2. Les messages METAR	12
IV. Climatologie	13
1. Définition de la climatologie	13
2. Mission du climatologue	13
3. Documents climatologiques	13
4. Archivage des données	14
5. Saisie des données	14
6. L'envoie des documents climatologiques	15
V . Sujet d'étude "Le Vent de la ville".....	16
VI . Assistance météorologique.....	18
1. Assistance aéronautique	18
2. Assistance maritime	20
2.1. Documents reçu par la station	20
2.2. Bulletins météorologiques spéciaux (BMS)	20
2.3. Marée à Essaouira	20
3. Station de mesure de la qualité d'air	21
3.1. Moyens de mesure de la qualité de l'air.....	22
3.2. Principe de fonctionnement	22
3.3. Les polluants mesurés et leurs impacts sur la santé	22
VII . Outils informatiques employés au sein du CPM	24
1. SKYMET	24
2. CLIMSTAT	24
3. MESSIR	25
VIII. Maintenance	26
1. Maintenance des instruments classiques	26
2. Maintenance informatique	26
3. Maintenance dans la station automatique MICROSTEP	27
IX. SynopApp	28
X. Apport personnel et travail effectué.....	29
Conclusion	30
Bibliographie	31

Introduction

Dans le cadre de la formation des ingénieurs, l'Ecole HASSANIA des Travaux Publics exige à ses élèves ingénieurs d'effectuer un stage d'initiation professionnel (SIP) à la fin de leur première année. Ce SIP permet aux élèves ingénieurs d'agrémenter leurs notions théoriques par la pratique, de s'accoutumer et se familiariser avec le monde professionnel et d'enrichir le savoir-faire et l'esprit technique.

Durant ce stage, l'élève ingénieur est appelé à mettre en œuvre les capacités acquises pendant sa formation, à combler ses lacunes et à approfondir ses connaissances, tout ceci en tant que futur ingénieur et la responsabilité que ce poste exige en termes de décision, de créativité et de développement.

En effet, L'élève ingénieur ne peut faire une approche réelle de la météorologie sans avoir contemplé les nuages, manipuler les instruments, sentir la fraîcheur de la rosée et les caresses du vent.

De ce fait, nous avons choisi de faire notre stage au sein du centre provincial de la météorologie d'Essaouira sous l'encadrement de M.Redouane Boulal.

Dans ce qui suit, nous allons apercevoir l'histoire et le climat d'Essaouira puis représenter le CPM d'Essaouira et les différents instruments dont il dispose. Ensuite nous parlerons de principales activités du CPM- à savoir l'observation synoptique, la climatologie et l'assistance aéronautique et maritime- Ainsi que les différents supports informatiques utilisés pour les effectuer. Nous terminerons par notre sujet d'étude qui s'intéresse au vent de la ville et ses particularités, et par SynopApp, l'application conçue en collaboration avec l'autre binôme.

I.Essaouira ville et climat

Mogador ou Essaouira ($31^{\circ} 30' 47''$ nord, $9^{\circ} 46' 11''$ ouest) est une ville portuaire du Maroc, sur la côte atlantique comptant environ 78000 habitants. Sa médina est inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

1.Histoire de la ville

Bien que la région d'Essaouira soit habitée dès l'Antiquité par les indigènes berbères, les Phéniciens puis les Romains, ce n'est qu'à partir du XVI^e siècle que le site est véritablement occupé par les Portugais, qui édifient en 1506 une forteresse et des remparts rapidement abandonnés devant la résistance acharnée de la population locale.

La fondation de la ville d'Essaouira proprement dite sera le fait du sultan Mohammed ben Abdellah, qui lance sa construction à partir de 1760 et fait une expérience originale en confiant celle-ci à plusieurs architectes de renom, notamment Théodore Cornut, qui trace le plan de la ville, et avec pour mission d'édifier une cité adaptée aux besoins des marchands étrangers. Une fois bâtie, elle ne cesse de croître et connaît un âge d'or et un développement exceptionnel, devenant le plus important port commercial du pays mais aussi sa capitale diplomatique entre la fin du XVIII^e siècle et la première moitié du XIX^e siècle. Elle devient également une ville multiculturelle et artistique.



La situation de la ville se dégrade considérablement entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle à la suite du bombardement qu'elle subit en 1844 puis avec l'installation du protectorat français. Elle perd de son importance et n'est plus le port international et la capitale diplomatique du pays. Après l'indépendance, le départ de la communauté juive cause également des dommages économiques très importants à la ville.

Toutefois, depuis la fin du XX^e siècle, Essaouira connaît une renaissance spectaculaire due essentiellement au tourisme, mais aussi à sa vocation culturelle. Sa médina est inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 2001.

Essaouira est aujourd'hui le chef-lieu d'une province de 500000 habitants, pour la plupart agriculteurs ; la ville est liée par une opération de coopération avec Saint-Malo, sous l'égide de l'UNESCO. Elle est aussi jumelée avec la Rochelle.

2. Climat de la ville

De point de vue climat, Essaouira bénéficie d'un climat tempéré de variété océanique caractérisé par une répartition de l'année en deux saisons, une saison sèche qui dure de Juin à Septembre en moyenne, et un autre pluvieuse d'Octobre à Mai. Le climat est aussi caractérisé par une forte hygrométrie durant toute l'année, et surtout avec une influence de la remontée des eaux froides le long de la côte et une prépondérance du vent maritime soufflant toute l'année.

Essaouira joue d'un climat doux au long de l'année. Les températures moyennes sont de 16.4°C en mois de janvier et de 22.5 °C en mois d'août, le minimum de température absolu a été enregistré le 29/01/2005 avec une valeur de 2.2 °C et le maximum absolu en 22/07/1978 avec une valeur de 44,5 °C. La pluviométrie moyenne annuelle est de 280mm, le record pluviométrique absolu a été enregistré durant l'année agricole 1995-1996 avec une valeur 624mm, alors que le vent maximum a atteint les 216 km/h en date du 29/11/1953 .

II. Monographie du centre provincial météorologique d'Essaouira

1. Historique

Le centre provincial météorologique d'ESSAOUIRA est un centre synoptique qui a été créé en 1895. Son altitude par rapport au niveau de la mer est 7.14m. Le centre est sous forme d'un monument portant sur la mer, il a été jadis un poste de surveillance créé par le sultan Sidi Mohammed Ben Abdellah en 1760 afin de contrer les portugais qui convoitaient la ville d'une part, et d'autre pour assurer la sécurité du commerce entre le sud du Maroc et l'Europe.

Au début de 1895, le Sultan Moulay Abdelaziz autorisa la Société Deutsche Seeware de Hambourg à ouvrir et à exploiter un observatoire à l'intérieur du port c'est la station météorologique d'Essaouira où commencèrent les premières observations synoptiques.

En 1913, les allemands furent remplacés par des militaires français qui ont continué à relever les données météorologique jusqu'en 1919, puis ce fut le tour du ministère des Eaux et Forêt pour ensuite léguer place en 1924 au service d'accouillage du port sous les directives de l'Institution Scientifique Chérifienne de la physique du globe et météorologie.

Actuellement la station fait partie du réseau météorologique de la Direction de Météorologie Nationale sous directive du secrétariat d'état du ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement.

La station détient ainsi la plus grande et plus ancienne base de données météorologique au Maroc.

figure 2: Le CPM d'Essaouira



2. Personnel

Nom et prénom	Tâche
Mr.BOULAL Redouane	Chef du CPM
Mr.El Bnine Abdelmoiula	Observateur
Mr.Aïnarah Oussama	Observateur
Mr.JENHI Mustapha	Observateur
Mr.Ben Rafia Abdelkader	Observateur
Mme.Sara Rochdi	Observatrice
Mme.Debbagh Halima	Observatrice

Tableau 1 : Personnel du CPM d'Essaouira

3. Fiche technique du centre

Station à vocatoin	Synoptique maritime
Code OMM	60220
Code OACI	GMMI
Altitude	7.14m
Position géographique	31°31' N 9°46' W
Horaires de travail	Permanent le jour intermittent la nuit de 06h00 à 21h00
Emplacement	Port d'Essaouira

Tableau 2 : fiche technique du CPM d'Essaouira

4. Usagers

Les usagers du centre provincial d'Essaouira sont comme suit :

- ✓ ANP : Agence Nationale de Ports
- ✓ ONDA : Office National Des Aéroports (Aéroport d'Essaouira)
- ✓ Protection civile
- ✓ Autorités locales
- ✓ Agriculture, Travaux publics

5. Infrastructures

Le centre provincial dispose d'un parc météorologique installé sur le toit de la tour du bâtiment, ainsi qu'un local comportant les salles suivantes :

- ✓ Le bureau du chef de la station
- ✓ Une salle d'exploitation pour l'observation et la transmission.
- ✓ Des salles de veille
- ✓ Le parc météorologique sur le toit de la tour

6. Equipements du parc

6.1. Abri météorologique

C'est un abri en bois grand modèle de nature G.M ANGLAIS, qui ne conduit pas la chaleur, placé à 1.5 mètre au sol, orienté vers le nord pour éviter les rayons du soleil au moment de son couverture, il permet aussi de protéger les instruments de mesure (thermomètre à mercure, thermomètre à minimum et thermomètre à maximum, etc.) contre les précipitations, les accidents et intempéries L'abri contient les instruments



figure 3: L'abri météorologique

1 Le thermomètre à maxima à mercure : Mesure le maximum de température dans la journée, la lecture est faite quotidiennement à 18h et confirmée à 06h juste avant l'amorçage du thermomètre.

4 Le thermographe à bilame : Il permet d'enregistrer les variations de la température sur un diagramme à l'aide d'une plume, la lecture est effectuée chaque trois heures. Les observateurs changent les enregistreurs, de façon hebdomadaire.

2 Le thermomètre à minima à alcool : Mesure le minimum de température dans la journée, la lecture est faite quotidiennement à 06h et confirmée à 18h juste avant l'amorçage du thermomètre.

5 L'hygrographe : c'est un instrument de mesure ayant pour élément sensible une mèche de cheveux qui interagit avec la vapeur d'eau, cet instrument permet un enregistrement continu du pourcentage d'humidité. La lecture et le changement du diagramme est effectué de la même façon que le thermographe.

3 Le psychromètre : C'est la composition de deux thermomètres de même type, mais l'un recouvert d'une fine mousseline humectée d'eau capillaire ; donc on mesure la température du thermomètre sec T (température de l'air) et la température du thermomètre mouillé T', à but de déterminer l'humidité relative, la température du point de rosé et la tension de vapeur d'eau par la lecture sur la table psychrométrique.

6 L'évaporomètre : c'est une éprouvette fermée à l'extrémité par un bout de papier spécial appelé buvard, il permet de calculer la quantité d'eau évaporé. La lecture est faite quotidiennement à 06h et 18h.

6.2. Pluviomètre

Il mesure la quantité des précipitations stockée dans un récipient, la lecture du cumul est faite régulièrement chaque heure en étudiant une éprouvette graduée, la transmission est effectuée durant les heures principales (le cumul de 6 heures).

6.3. Pluviographe à augets basculeurs

Il permet l'enregistrement continu des précipitations sur un diagramme que l'on change quotidiennement, il permet de donner une idée sur la nature des précipitations (continues ou intermittentes).

6.4. Anémomètre

C'est instrument qui déterminer la vitesse du vent. Celui qui est illustré ici à droite possède trois coupelles en forme de demi-sphères orientées dans le même sens et qui sont libres de tourner. Il y a aussi un petit écran pour nous indiquer la vitesse du vent. Pour éviter la turbulence de l'air causée par la présence des bâtiments et de la végétation, on doit placer l'anémomètre dans un endroit bien dégagé et assez haut (10 m).

6.5. Girouette

La girouette sert à connaître la direction du vent. C'est un pointeur (généralement une flèche) qui tourne selon la direction du vent. Il est important de noter que la pointe de la flèche montre la direction d'où provient le vent. Souvent, les quatre points cardinaux sont indiqués par les lettres N, S, E et O et nous servent de repère. Unités de mesure Degrés par rapport au nord géographique ou les points cardinaux.

figure 4 : Girouette



6.6. Héliographe

Cet appareil est utilisé pour mesurer le nombre d'heures d'ensoleillement dans une journée. Une boule en cristal maintenue par un support amovible (qui peut bouger) constitue la base de l'héliographe. Derrière la boule en cristal est placé un diagramme Campbell sur lequel les mesures s'inscriront. L'appareil est fixé sur un support d'une hauteur approximative de 1,5 m, la boule de cristal exposée vers le Sud.

figure 5 : Héliographe

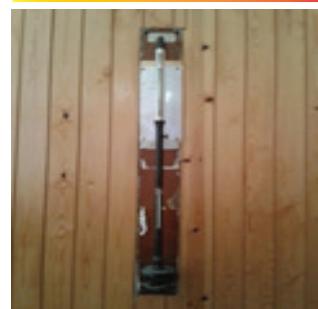


7. Equipements à l'extérieur du parc

7.1. Baromètre

Le baromètre à mercure mesure la pression au niveau de la salle d'observation en hPa que l'observateur devrait convertir en mm de mercure, cet instrument contient un thermomètre pour calculer la température du mercure. L'ensemble est lu quotidiennement d'une façon horaire.

figure 6: Baromètre



7.1. Baromètre

figure 7: Barographe



C'est un instrument qui permet l'enregistrement continu de la pression.

8. station automatique

Une station météorologique automatique est une station où des instruments effectuent et transmettent ou enregistrent des observations automatiquement, le chiffrement des messages d'observation étant fait, si nécessaire, soit directement, à la station, soit dans une station de mise en forme.

La station automatique regroupe un ensemble d'instruments situés au milieu du parc, elle permet de mesurer les paramètres météorologiques comme la température, les précipitations, l'humidité, les radiations solaire, le vent... Les mesures de visibilité et de nébulosité ne se font pas.

La station est aussi dotée d'un panneau solaire qui lui assure une alimentation continue.

La station automatique lié avec un logiciel SKYMET qui permet de prendre les mesures d'une manière automatique chaque pas de temps étant déterminé selon le besoin. Il permet aussi de stocker ces paramètres dans une base de données pendant une durée allant jusqu'à 6 mois.

Parmi les objectifs de la station automatique on site :

- ✓ Accroître la fiabilité des mesures par l'utilisation de nouvelles techniques.
- ✓ Assurer l'homogénéité des réseaux en normalisant les techniques de mesure.
- ✓ Répondre à de nouveaux besoins et prescriptions en matière d'observation.
- ✓ Réduire les erreurs humaines.
- ✓ Réduire le coût d'exploitation en limitant le nombre d'observateur.

figure 8: la station automatique



III. Observation

1. Définition de l'observation

L'observation météorologique est l'observation du temps sensible ou des événements climatiques et la mesure de leurs paramètres météorologiques. Elle constitue la base de toute activité en météorologie, notamment, en matière de veille, de prévision du temps, de climatologie et de météorologie appliquée. Il s'agit, en fait, de fournir d'une manière régulière et continue les valeurs de paramètres météorologiques en altitude et/ou en surface.

L'observation peut être sensorielle ou instrumentale. La première est effectuée sans recourir aux instruments de mesures. L'observateur fait appel à ses capacités et son expérience pour estimer certains paramètres dont la valeur ne peut être obtenue via instruments. La seconde, par contre, est élaborée à partir d'instruments de mesures installés selon des normes et dans des conditions recommandées. La valeur des paramètres peut être enregistrée grâce à des instruments à enregistreurs, comme elle peut être lue directement ou encore calculée.

2. Système d'observation dans la station

2.1. Observation synoptique

Consiste à observer et mesurer les différents paramètres météorologiques estimés et mesurés tel que la température sous abri, la pression, la direction et vitesse du vent, l'humidité, la nébulosité, la visibilité et autres paramètres à l'échelle synoptique et c'est à l'aide des instruments d'observation.

2.1. Observation synoptique

Observation maritime, son but de suivre, mesurer et évaluer quantitativement et qualitativement d'état de la mer, la houle et la marée.

3. Le rôle de l'observateur

Les observations précises des conditions météorologiques actuelles forment la base d'une bonne prévision météorologique, la qualité des résultats basés sur ces observations dépend donc directement de

4. Activités quotidiennes

L'ouverture de la station d'Essaouira se fait à 05h30 et sa fermeture à 21h00. Les observateurs débutent alors leur travail à 5h45 et le finissent à 21h. A chaque H-10min, l'observateur effectue le tour d'horizon (visibilité, phénomènes et nuages), en vérifiant en parallèle les instruments selon que l'observation soit horaire, intermédiaire, effectue les calculs nécessaires, enregistre les valeurs des paramètres dans le carnet d'observation puis envoie les messages adéquats à l'heure de l'observation.

Mr.BOULAL le chef du centre provincial d'Essaouira a eu l'idée d'informatiser les calculs psychrométriques usuels, tel qu'il a développé une application sous Excel, ce qui facilite largement le travail quotidien de l'observateur sans devoir se référer aux tables. Cette application sert beaucoup plus comme moyen de vérification que de calcul, puisque le logiciel CLIMSTAT remplit cette tâche parfaitement.

5. Equations psychrométriques

L'application des calculs psychrométriques utilise se porte sur les paramètres suivant comme suit :

- T : Température du thermomètre sec. (°C)
- T_w : Température du thermomètre mouillé. (°C)
- Tb : Température du baromètre. (°C)
- Hb : Hauteur barométrique (en mmHg).
- Alt : Altitude de la cuvette barométrique. (Mètre)
- Cf (correction fixe)= Cg (correction de gravité)+ Ci (correction instrumentale)
- La pression réduite à 0°C : P_{red} (hPa)
- Ct : Correction de la température.

$$Ct = (1.636 \times Tb \times Hb) / (1 + 1.82 \times 10^{-4} \times Tb)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } Tb \geq 0 \text{ alors} \quad & correction = Ct - Cf \\ \text{Sinon} \quad & correction = -Ct - Cf \end{aligned}$$

Donc la pression réduite à 0°C :

$$P_{red} = (Hb - correction) \times 1.333224$$

La tension de vapeur :

$$\begin{aligned} F(P) &= 1.0016 + P_{red} \times 3.15 \times 10^{-6} - 0.0074/P_{red} \\ E_w(T_w) &= 6.112 \times e^{(17.62 \times T_w)(243.12 + T_w)} \\ E_{wp}(T_w) &= F(P) \times E_w(T_w) \end{aligned}$$

Donc la tension de vapeur :

$$e = E_{wp}(T_w) - 7.9 \times 10^{-4} \times (1 + 9.44 \times 10^{-4} \times T_w) \times P_{red} \times (T - T_w)$$

La température du point de rosée : Td (°C)

$$T_d = 243.12 \times \ln[e / (6.112 \times F(P))] / (17.62 - \ln[e / (6.112 \times F(P))])$$

L'humidité relative U(%):

$$\begin{aligned} E_w(T) &= 6.112 \times e^{(17.62 \times T)/(243.12 + T)} \\ E_{wp}(T) &= F(P) \times E_w(T) \end{aligned}$$

$$U = (e / E_{wp}(T)) \times 100$$

La pression réduite au niveau de la mer P_{mer} (hPa) :

$$\text{Température virtuelle : } T_v = ((T + 273.15) \times (1 + 1.608 \times R) / (1 + R)) - 273.15$$

$$\text{Rapport mélange : } R = (0.622 \times e) / (P_{red} - e)$$

$$T_{vm} = T_v + 0.65 / 200 \times Alt$$

$$P_{mer} = P_{red} \times 10^{(\text{Alt}/(18429 + 67.53 \times T_v \times M + 0.003 \times \text{Alt}))}$$

6. Activité du centre provincial

Du fait du manque de personnel, les activités du centre se déroulent de 05h45 à 21h15 UTC, elle est donc continue le jour et interrompue la nuit. Les observations qui y sont effectuées sont :

✓ Les observations horaires (chaque heure de 06h à 21h UTC) : La mission d'un observateur au centre provincial météorologie d'Essaouira est de relever les mesures du psychomètre, du baromètre et le thermomètre qui lui est associé. Il calcule à partir de ces dernières les données psychométriques (la température de rosée Td, le pourcentage d'humidité U, et la tension de vapeur d'eau e). Ces calculs sont élaborés par le logiciel CLIMSTAT qui facilite largement plusieurs tâches.

✓ Les observations intermédiaires (09h-15h-21h UTC) : En plus des mesures et calculs élaborée à 12h et 00h, l'observateur relève les mesures du thermomètre à maxima et celui à minima en les amorçant (amorçage du maxi à 06h et celui du mini à 18h) et de la piche en calculant la différence entre deux niveaux lus successivement. En plus des mesures relevées de façon horaires, l'observateur calcule la tendance de pression et en détermine son caractère.

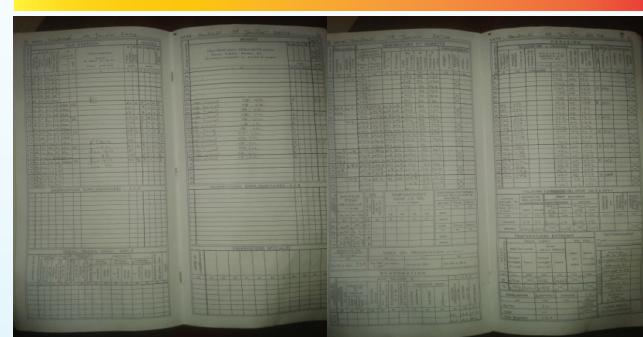
✓ Les observations principales (06h-12h-18h UTC): La mission d'un observateur est de relever les mesures les paramètres suivants : la température de l'air (données du thermomètre et du thermographe), la température mouillée du psychomètre, la température minimale (à 05h48 UTC), la température maximale (à 17h48 UTC), l'humidité de l'air et l'évaporation sont relevés dans l'abri du parc météorologique situé au toit de la tour. On y relève également la durée d'insolation (à 05h45 UTC) à l'aide de l'héliographe Campbell. On détermine ensuite l'état du ciel, la visibilité horizontale ainsi que l'état de la mer et le temps présent. On relève pour finir la hauteur barométrique donnée par le baromètre Tonnelot et la pression enregistrée par le barographe Lambrechts. Il est à noter également que le thermomètre minima doit être actionné à 17h48 UTC, tandis que le maxima doit être quant à lui actionné à 05h48 UTC.

7. Carnet d'observation

C'est le document de base pour un observateur, il y consigne régulièrement et rigoureusement toutes les observations estimées, enregistrées, lues directement et calculées sont inscrites dans le carnet d'observation. Ce document de base pour un observateur est une sorte de livret réservant pour chaque journée du mois quatre pages à remplir.

Le climatologue effectue aussi un suivi du carnet d'observation afin de corriger les erreurs et finaliser le travail de l'observateur.

figure 9: les pages du carnet d'observation



8. Les messages météorologiques

Tous les centres météorologiques du monde effectuent en même temps, à des prédéterminées, une observation complète des conditions météorologique. Ces observations, dites synoptiques, sont effectuées toutes les trois heures (H+3h TU) et reportées sur les cartes météorologiques. D'autres observations moins complètes, sont effectuées à des heures variables ; elles servent presque exclusivement à l'assistance météorologique à l'aviation.

- Le SYNOP, distinguer à l'établissement des cartes synoptiques de surface
- Le METAR, le SPECI, le TAF et le SIGMET destinés à l'aviation.

8.1. Les messages SYNOP

Le centre provincial d'Essaouira élabore différents messages SYNOP, horaires, intermédiaires et principaux :

✓ Le SYNOP horaires : C'est un message élaboré et transmis chaque heure, traduisant les informations concernant, la visibilité, la nébulosité, la vitesse et la direction du vent, la température, la température point de rosée, la pression, les phénomènes, et les nuages.

Format symbolique du SYNOP horaire :

```

SNMC40 GMMI YYhh00
AAXX YYhh4
60220 IrIxhVV Nddff 1SnTTT 2SnTdTdTd 3PPPP 4P0P0P0P0 7wwW1W2
8NhC1CmCh 9GGgg
333 6RRR5 8NsChshs 910ff 911fxfx=

```

✓ Le SYNOP intermédiaires : C'est un message élaboré et transmis toutes les trois heures, c'est-à-dire à 09h00, 15h00 et 21h00. En plus des informations communiquées dans les SYNOP horaires, ces messages traduisent celles concernant la tendance de la pression (valeur et caractéristique).

Format symbolique SYNOP intermédiaire :

```

SIMC40 GMMI YYhh00
AAXX YYhh4
60220 IrIxhVV Nddff 1SnTTT 2SnTdTdTd 3PPPP 4P0P0P0P0 5APPP
7wwW1W2 8NhC1CmCh 9GGgg
333 6RRR5 910ff 911fxfx 8NsChshs=

```

✓ Le SYNOP principal : C'est le plus important des messages SYNOP, élaboré et transmis pendant les heures principales (06h00, 12h00, 18h00). En plus des informations transmises dans les SYNOP horaires et intermédiaires, les SYNOP principaux comportent aussi :

- A 06h00 et 18h00 : précipitations, humidité, températures extrêmes et insolation (uniquement à 06h00).

- A 12h00 : précipitations et humidité.

Format symbolique du SYNOP principal (06h00) :

```

SMMC02 GMMI YY0600
AAXX YY064
60220 IrIxhVV Nddff 1SnTTT 2SnTdTdTd 3PPPP 4P0P0P0P0 5app 6RRR4
7wwW1W2 8NhC1CmCh 9GGgg
333 2SnTnTnTn 3ESnTaTa 6RRR7 8NsChshs 910ff 911fxfx=

```

```

SXMC40 GMMI YY0600
60220 555 00UUU 2SxTxTxTx 33SSS 4ESnTaTa=

```

8.2. Les messages METAR

Le METAR (météorologie à usage aéronautique), il s'agit d'une observation météorologique réalisée à une certaine heure, sur un terrain d'aviation.

Les gros aéroports diffusent des METAR toutes les demi-heures, toute la journée. D'autre aéroport moins important diffusent des messages toutes les heures et par fois seulement pendant les heures d'ouverture des services météorologiques. Le METAR est toujours constitué de deux parties une partie d'observation valable à une certaine heure exprimée en temps Universel et une partie de tendance qui peut être considérée comme une prévision valable pour les deux heures suivantes.

Dans la partie d'observation figurant les éléments traditionnels toujours donnée dans le même ordre : vent, visibilité, temps présent, nuage, températures, pression, suivis ensuite de certains éléments pouvant présenter de l'intérêt.

Pour la partie de tendance, cette prévision signale une modification significative des conditions météorologiques à l'aérodrome correspondant à des valeurs seuils spécifiées, atteintes ou dépassées, pour l'un ou plusieurs des paramètres suivant :

- ✓ Le vent
- ✓ La visibilité horizontale
- ✓ Le temps présent
- ✓ Les nuages ou la visibilité verticale

La lettre Z figurant sans espace après un groupe de six chiffres donnant la date et l'heure du METAR est là pour bien insister sur le fait que heures sont exprimée en TU.

8.3. TAF (Terminal Area Forecast)

Le TAF est un message de prévision, établi à l'avance pour une certaine tranche horaire. Les groupes de codes sont identiques dans leur rédaction au METAR et après avoir lu la date, l'heure de début et l'heure de fin de validité du TAF, on trouve le vent, la visibilité (sans les informations de portée visuelle de piste), le temps présent et les couches nuageuses.

Forme symbolique :

TAF CCCC YYGGggZ Y1Y1G1G1G2G2 dddffGfmfm VVVV Ou CAVOK WW Ou NSW
NSNSNShShShS Ou VVhShShS

Il en existe une poignée d'autres messages plus spécialisés (les sondages en altitude, etc.).

IV. Climatologie

1. Définition de la climatologie

La climatologie est la science qui étudie le climat. Selon l'Organisation Météorologique Mondiale (l'OMM) le climat est défini comme : « un ensemble d'éléments météorologiques pris sur une période donnée qui concourent à donner caractère et individualité météorologiques à un domaine spatial déterminé. ».

Elle emprunte à d'autres sciences (surtout les statistiques et l'utilisation rationnelle des données) des notions ou des résultats dont elle a besoin en faisant appel à des moyens techniques.

La climatologie a essentiellement pour but :

- i) L'analyse des éléments météorologiques qui constituent le climat,
- ii) La recherche des causes qui expliquent les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent,
- iii) L'étude de l'interaction du climat et des sols, des matériaux, des êtres vivants, des techniques et de l'activité économique et même sociale.

2. Missions d'un climatologue

Pour sa part, le Climatologue doit veiller sur la fiabilité et la disponibilité des données climatologiques, son travail vient toujours après l'Observateur Météo, il assure les tâches suivantes :

Contrôle, correction et validation des données saisies par l'Observateur météorologue dans les CRQ et le carnet d'observation.

- La saisie des données climatologiques quotidiennes. (Cumul quotidien des précipitations, température minimale quotidienne, etc...).
- Saisie, validation et transfert des données climatologiques vers la Direction Régionale de la météorologie du Centre-Ouest.
- Production des documents climatologiques périodiques à la l'aide de l'application CLIMSTAT :TCM (Tableau Climatologique Mensuel), CRQ (Compte Rendu Quotidien), RMT (Résumé Mensuel du Temps).
- Elaboration et diffusion de messages CLIMAT, METAG, Pluie Décadaire.
- Sauvegarde et archivage des documents et des données climatologiques.

3. Documents climatologiques

✓ carnet d'observation :

Il s'agit d'un document mensuel qui réserve quatre pages pour chaque journée. Sur chacune d'elle seront notées, dans des tableaux, les différentes données météorologiques prélevées lors de l'observation. Le climatologue effectue, en parallèle, un suivi afin de corriger les erreurs et finaliser le travail élaboré par l'observateur.

Ce document a subi récemment une rénovation suite au processus « observer » du SMQ adopté par la DMN.

✓ compte rendu quotidien :

Le CRQ est l'un des documents climatologiques les plus importants rédigés par le climatologue. Il contient presque toutes les données contenues dans les quatre pages du carnet d'observation en plus de la description du temps et des phénomènes particuliers. Ce document est rempli manuellement auparavant, avant qu'il soit informatisé grâce au logiciel CLIMSTAT, qui a largement facilité le travail du climatologue.

✓ **résumé mensuel du temps :**

Le résumé mensuel du temps est élaboré chaque fin du mois et contient les valeurs moyennes et les extrêmes de la température et de la vitesse du vent, la durée totale d'insolation...

✓ **tableau agrométéorologique décadaire :**

Ce document météorologique destiné à des fins agricoles et établi chaque décade (c'est-à-dire chaque 10 jours). Il contient un entête réservé au nom de la station et le numéro de la décade du mois courant. Il comprend également trois tableaux.

Le premier concerne tous les paramètres observés dans un centre provincial, avec leurs totaux et moyennes sur dix jours. Le second concerne les données relatives aux plantes cultivées dans la station et le troisième est un espace réservé aux messages codés METAG qui permettent

de consigner les moyennes des différents paramètres ainsi que les phénomènes dangereux pour l'agriculture.

✓ **relevé de pluie décadaire :**

C'est un document qui contient la quantité de pluie tombée pendant la décade ainsi que le nombre de jours pluvieux.

✓ **Diagramme d'insolation :**

Ce sont des diagrammes journaliers, retraçant la durée d'insolation quotidienne.

Ils sont tenus à jour par la climatologue qui les finalise après une vérification régulière des mesures enregistrées dans le carnet d'observation.

✓ **autres diagrammes :**

Il s'agit des diagrammes hebdomadaires de pression, température et humidité, ou encore journalière comme ceux du pluviographe.

4. Archivage des données

Cette technique afin de protéger les données météorologiques. Elle consiste à élaborer deux exemplaires des documents météorologiques dont l'un est expédié à la fin du mois à la banque de données de la direction de la météorologie nationale et l'autre conservée au centre.

5. Saisie des données

La saisie des données, au sein du centre provincial n'est plus élaborée manuellement. En effet, le logiciel CILMSTAT a réduit une grande part du travail du climatologue. Désormais, les documents climatologiques sont traitables informatiquement et mis à niveau automatiquement. Néanmoins, le climatologue est toujours amené à vérifier si toutes les données sont régulièrement saisies.

6. L'envoi des documents climatologiques

Vers la fin de chaque mois, le climatologue rassemble un ensemble de document à envoyer à direction météorologique national en vue de les archiver et les exploiter pour mener des études climatologiques.

Il s'agit en fait des documents suivants :

- ✓ Le carnet d'observation
- ✓ Les comptes rendus quotidiens
- ✓ Le tableau climatologique mensuel
- ✓ Les diagrammes du thermographe, hydrographe et barographe
- ✓ Les imprimés d'insolation.

L'envoi s'effectue de deux manières, un envoi par courrier et une transmission par réseau.

V. Sujet d'étude "Vent de la ville"

Depuis l'antiquité, la région d'Essaouira est considérée comme étant la ville la plus venteuse du Maroc. Les découvertes archéologiques de la région d'Essaouira ont toujours mis en évidence une dynamique sableuse active associée aux vents. Cette situation climatique est principalement due à l'anticyclone des Açores ; la position géographique de la ville d'Essaouira l'a classée parmi les régions où les alizés sont puissants et humides.

Cependant, d'autres facteurs tels que la morphologie de la côte et la topographie du littoral amplifient l'action du vent. En effet, la topographie locale joue un rôle très important dans le renforcement de la vitesse du vent dans la région d'Essaouira. La situation de la ville à basse altitude (7.14 m d'altitude) ainsi que la prolongation des dunes consolidées et les dunes fixées, qui datent du Quaternaire, parallèlement à la ligne de rivage tout le long du littoral d'Essaouira, permettent la création d'un couloir de vent. Ce couloir se rétrécit du Nord vers le Sud ; alors que la falaise morte est à 1 km de la mer dans la région de Jbel Chicht (20 km au nord de la ville d'Essaouira), le pied de la falaise morte n'est plus qu'à 100 m de la ligne de rivage au niveau de la ville. Cette situation topographique joue un rôle remarquable dans la canalisation du vent du nord vers le sud et dans le renforcement de sa vitesse. (Elmimouni, 2009)

Par ailleurs, sur le plan régional, la présence de Jbel Hadid et Jbel Ouamsitten avec des directions SE-SW et ENE-WSW fait que ces deux montagnes jouent le même rôle que les conditions

Station	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Safi	10,8	18,0	18,7	15,1
Essaouira	15,5	19,8	20,1	13,7
Agadir	8,6	12,2	8,6	9,4

Tableau 3 : vitesse moyenne des vents en km/h

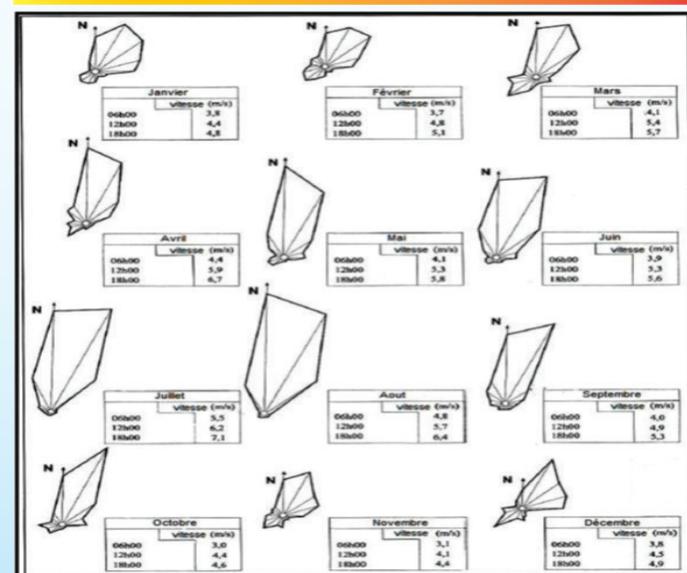
Les vitesses moyennes les plus élevées se produisent au Printemps et en Eté avec des valeurs respectives de 19,8 et 20,1 km/h (Tab.I.2), et les fréquences les plus élevées se distribuent de Mars à Septembre dans un intervalle de 60 à 92,3 % de jours venteux (Tab.I.3). L'alizé du secteur NNE est le vent dominant la plus grande partie de l'année avec une fréquence et une vitesse plus élevées au printemps, en été et en début d'automne. (Simon e, 2000)

	Nombre de jours			
	Calmes sur 10 ans	moyenne	%	% de jours venteux
Janvier	183	18,3/31	59	41 %
Février	139	13,9/28	49,5	50,5
Mars	99	9,9/31	32	68
Avril	62	6,2/30	20,6	79,4
Mai	89	8,8/31	28,8	71,2
Juin	86	8,6/30	28,6	71,4
Juillet	32	3,2/31	9,7	92,3
Août	52	5,2/31	15,9	84,1
Septembre	121	12,1/30	40	60
Octobre	146	14,6/31	47	53
Novembre	171	17,1/30	56	44
Décembre	144	14,4/31	46,5	53,5
Année		142,4/365	38	62

Tableau 4 : vitesse moyenne des vents en km/h

La fréquence et l'intensité de ces vents peuvent être visualisées par des roses de vent (fig.1.16)

figure 11: les roses de vents à Essaouira
(d'après Gentile, 1997)



D'après Elmimouni (2009) , les variations de l'intensité du vent au cours de l'année, dans la région d'Essaouira permettent de mettre en évidence une saison calme et une saison venteuse avec des saisons de transition :

- La saison calme (hiver) comprend les mois de Décembre, Janvier et Février. Suite à la remontée de l'anticyclone des Açores vers le nord, la fréquence et l'intensité du vent sont remarquablement faibles. C'est en cette saison que les vitesses les plus faibles de l'année sont enregistrées.

- La saison des vents (été) correspond à la descente de l'anticyclone des Açores vers le sud, ce qui explique la progression de la fréquence et de l'intensité des vents pendant cette période de l'année. Les directions du vent les plus dominantes en été sont NNE (48%) et NE (30%). Les vitesses enregistrées durant cette saison sont toujours supérieures à 4m.s⁻¹ et peuvent parfois dépasser les 12 m.s⁻¹. Les vitesses de 8 à 12 m.s⁻¹ représentent 35% des mesures enregistrées, alors que les vitesses comprises entre 4 et 8 m.s⁻¹ constituent 43%.

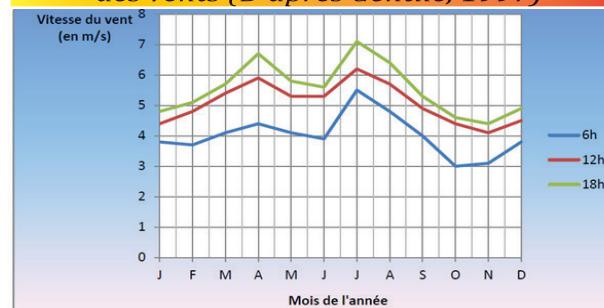
Deux saisons de transition (automne et printemps) séparent la saison calme (hiver) et la saison venteuse (été). Elles sont caractérisées par des vitesses du vent assez importantes surtout en automne, notamment le mois de Septembre, où la vitesse et l'intensité du vent sont toujours élevées.

Les variations journalières des vents :

Les relevés effectués à 6h du matin, midi et 18h (Fig.I.17) révèlent des vents gagnant en puissance tout au long de la journée, et ce, quelle que soit la saison. Cette accélération se fait surtout entre 6h et 12h, l'après midi qu'un gain modéré (en général 50% de celui du matin).

Le proche passage et la montée en latitude de l'Anticyclone (d'Avril à Juin) se traduit par une accélération journalière des vents qui est la plus marquée (gain jusqu'à 2,3m/s en Avril entre 6 et 18h). A partir d'Aout et jusqu'en Octobre, l'accélération quotidienne se fait plus modeste (entre 1,6 et 1 m/s). (Gentile , 1997)

figure 12: Vitesses moyennes mensuelles des vents (D'après Gentile, 1997)



⚠ Remarque :

En dehors des grands flux alizéens, des vents de secteur ouest, sud-ouest et sud ont été relevés. Ce ne sont que de légères brises de mer, et flux locaux au caractère saisonnier. Il s'agit principalement d'un vent pluvieux lié au flux perturbé de Sud-Ouest, s'installant lorsque l'anticyclone s'affaiblit, et permettant le passage de coulées d'air polaire d'altitude, jusqu'à ces régions méridionales. La situation est similaire en Septembre avec un flux perturbé de Nord-Ouest, retrouvant une direction Ouest en Octobre.

Ainsi, tout comme l'alizé, les flux perturbés suivent le déplacement saisonnier de l'anticyclone des Açores. Relativisons toutefois leur action : ces flux pluvieux restent secondaires. Ils sont toujours balayés par le puissant alizé, garantissant ainsi un « beau temps » sur Essaouira (Gentile, 1997)

VI. Assistance Météorologique

1. Assistance aéronautique

Les avions évoluant dans l'atmosphère, la météorologie est donc un facteur à prendre très au sérieux pour les usagers aéronautiques. Les conditions météorologiques interviennent comme un facteur aggravant dans la mesure où elles ne sont pas entièrement responsables du drame. Pour protéger les vies des personnes transportées, les différents états se sont associés pour mettre en commun leurs moyens afin de renseigner et prévoir, et ce à l'échelle planétaire puisqu'on peut connaître les conditions climatiques de n'importe quel pays du monde.

L'assistance météorologique à la navigation aéronautique a pour objet de contribuer à la sécurité, à l'efficacité de la navigation aérienne nationale et internationale.

L'aéroport Essaouira-Mogador est un aéroport international marocain se situant à 16 km de la ville d'Essaouira. Construit sur une superficie de

figure 13: Aéroport Essaouira MOGADOR



Nous avons visité l'aéroport afin de voir les différentes capteurs se situant aux alentours de la piste, le parc météorologique, la station automatique et la tour de contrôle qui joue le rôle de liaison entre la météo nationale et le pilote.

Le parc météorologique de l'aéroport est équipé des instruments nécessaires positionnés selon les instructions l'OMM.

En plus des instruments de base, la station est équipée d'un télémètre de nuages qui est un appareil servant à mesurer la hauteur du plafond nuageux grâce au retour d'un faisceau lumineux envoyé par l'instrument lui-même.

figure 14:télémètre



Vu que la visibilité est l'une des principaux paramètres météorologiques à contrôler sur une piste de vol, la station est équipée d'un diffusomètre. C'est un appareil destiné à la mesure météorologique de la portée optique, la visibilité horizontale. Il consiste en un émetteur lumineux, un laser en général, et d'un récepteur. Les deux sont placés à un angle d'autour de 35° de l'horizontale, pointant vers une direction commune. Le coefficient d'extinction de l'onde émise est mesuré à partir de la diffusion latérale. Ce coefficient variera selon l'obstruction à la visibilité, telle la brume, qui se trouve entre l'émetteur et le récepteur.

figure 15: diffusomètre



On retrouve ces appareils dans les stations météorologiques automatiques pour donner la visibilité générale, et le long des pistes des aéroports pour donner la "portée visuelle de piste" au contrôleur aérien. Le principal défaut de la mesure par cet instrument est qu'elle est faite dans un petit volume d'atmosphère, pas toujours représentatif, car la visibilité n'est pas toujours homogène autour du point d'observation.

Vu que le vent est l'un des principaux paramètres météorologiques à contrôler sur une piste de vol, un deuxième pilon de vent autre que celui du parc météorologique est installé à cent mètre de centre de la piste, afin de toujours avoir des informations sur la vitesse et la direction du vent.

figure 16: deuxième pilon de vent



La station automatique est de type MICROSTEP qui conforme aux recommandations de l'OACI et de l'OMM concernant les mesures et les rapports. Il calcule diverses données météorologiques telles que QNH, QFE et portée visuelle de piste, et génère des messages tels que METAR, SPECI et SYNOP.

figure 17: station MICROSTEP



Constitution d'un dossier de vol

Réglementairement, le dossier de vol doit être constitué :

- ✓ D'une carte le temps significatif appelée TEMSI ou Significant Weather
- ✓ De carte de vents et températures prévus en altitude
- ✓ Les messages TAF des terrains de départ, de destination, de dégagement, ainsi que de tous les terrains pouvant servir en secours pour le vol projeté.

- ✓ Les messages SIGMET intéressant le vol

Ces documents sont remis aux équipages lors de la préparation du vol. Ils sont contenus dans une chemise spéciale en carton ou papier qui résume la symbologie employée ainsi que la structure des messages.

2. Assistance maritime

L'Assistance maritime consiste à mettre à la disposition des usagers de la mer un dossier météorologique maritime permettant d'assurer la navigation, la sauvegarde de la vie humaine et des biens en mer et sur la côte.

Pour y arriver, les services météorologiques nationaux reçoivent des données d'un ensemble d'observation prises par les navires, les bouées et les satellites météorologiques, les avions survolant les mers, etc. Ces informations s'ajoutent à celles recueillies sur terre pour être analysées par les météorologues qui émettront des bulletins de prévision et d'avertissement pour les utilisateurs. Pour y arriver, les services météorologiques nationaux reçoivent des données d'un ensemble d'observation prises par les navires, les bouées et les satellites météorologiques, les avions survolant les mers, etc. Ces informations s'ajoutent à celles recueillies sur terre pour être analysées par les météorologues qui émettront des bulletins de prévision et d'avertissement pour les utilisateurs. Lorsque les données recueillies par les services météorologiques nationaux, elles sont transmises à travers le monde afin de servir à la prévision météorologique, entre autres à celle pour les intérêts maritimes. Les météorologues analysent la situation et émettent des prévisions pour leurs secteurs de responsabilités.

Le centre provincial d'Essaouira étant un centre côtière, était chargée de faire des observations sur l'état de la mer, et la vitesse du vent, tandis que la majorité des informations maritimes, telles que la direction de la houle et la prévision des coups de vent pouvant constituer un danger, parvenait à la station à travers des Bulletins Météorologiques Spéciaux (BMS), qui doivent être faxés à l'Agence Nationale des ports (ANP) le plus tôt possible.

2.1. Document reçu par la station

Ce document qui sont envoyés via partir de le DMN vers terminal du MESSIR du centre dont le personnel est chargé à son tour de consulter et/ou de les faire parvenir aux usagers concernés.

2.2. Bulletins météorologiques spéciaux (BMS)

La diffusion de bulletins réguliers, aussi parfaite soit-elle, ne peut répondre entièrement aux impératifs de sécurité. Aussi a-t-on mis en place un ensemble d'autres bulletins (BMS) la rédaction de ces bulletins découle directement de l'application de l'échelle beaufort.

- Avis de grand frais ou aux petites embarcations (force 7 à 8)
- Avis de coup de vent (force 8 à 9)
- Avis de fort coup de vent (force 9 à 10)
- Avis de tempête (force 10 à 11)
- Avis de violente tempête (force 11 à 12)
- Avis de force d'ouragan (force 12 ou plus mais pas nécessairement avec un cyclone tropical)

2.3. Marée à Essaouira

Le port d'Essaouira, situé à 9° 47' de longitude ouest et 31°30' de latitude Nord, sur la côte Atlantique Sud à environ 120km Safi et 180 km au Nord d'Agadir, est à vocation de pêche. L'observation de la marée à Essaouira est nécessitée.

Le centre provincial d'Essaouira est maintenant équipé d'un marégraphe numérique côtier fonctionnant par un principe d'émission et réception d'onde acoustiques (40-50 kHz). Un transducteur est placé au-dessus de la surface de l'eau, il émet une impulsion et capte le signal réfléchi. Le temps écoulé entre l'émission et la réception du signal est traduit en hauteur de la colonne d'eau. Le transducteur effectue plusieurs mesures périodiquement puis les mesures sont moyennées afin de limiter les effets de la houle ou du clapot.

figure 18: Marégraphe

Les informations recueillies par le marégraphe sont transmises par ondes via l'antenne de ce dernier vers un boîtier câblé à une station d'enregistrement au sein de la salle d'observation et sont ainsi enregistrées tout au long de la journée sans interruption automatique sur un poste de travail. Ces mesures ont comme principale but de déterminer le niveau de marée le plus bas possible sur la côte d'Essaouira, ceci nécessite une observation continue de la marée sur une période estimée par les scientifiques à 18 ans suivant un cycle des orbites proches de la terre et qui influent sur la marée.



figure 19: unité traitement signal et poste d'enregistrement des données



3. Station de mesure de la qualité d'air

Nom de la station	Station de mesure de la qualité de l'air d'essaouira préfecture.
Lieu de la station	Province d'Essaouira
Responsable de la station	Chef du CPM d'Essaouira : Mr Redouane Boulal.
Mission	situer le niveau de la qualité de l'air par rapport à des normes fixées par la réglementation
Genre de la station	Station fixe

3.1. Moyens de mesure de la qualité de l'air

La surveillance de la qualité de l'air consiste en un suivi spatio-temporel d'un certain nombre de paramètres indicateurs de la pollution afin de situer le niveau de la qualité de l'air par rapport à des normes fixées par la réglementation. Au niveau du réseau de la qualité de l'air, le suivi est assuré par la technique dite active et qui consiste à équiper chaque site de mesure d'un ou de plusieurs analyseurs mesurant, en continu et de manière automatique, un ou plusieurs polluant(s) spécifique(s).

3.2. Principe de fonctionnement

Chaque analyseur détermine la concentration en polluant contenue dans l'échantillon d'air. Cet air est prélevé à l'extérieur par aspiration grâce à une pompe, au niveau d'une tête de prélèvement externe à la station de mesure. L'air est ensuite acheminé à l'intérieur des analyseurs par des lignes de prélèvement en téflon. Les analyseurs détectent la concentration des polluants présents dans l'air prélevé grâce à des

méthodes basées sur les caractéristiques optiques ou physiques des polluants (chimiluminescence, fluorescence UV...). Ces informations sont transmises au poste Central, où elles sont analysées et validées et sauvegardées sur la base de données de la qualité de l'air à l'aide du logiciel Xair.

figure 20: Analyseurs mesurant la concentration des polluants de l'air



3.3. Les polluants mesurés et leurs impacts sur la santé

On ne peut pas mesurer en permanence les nombreux composés émis dans l'air. C'est pourquoi, quelques espèces chimiques, considérées comme les indicateurs de la pollution atmosphérique et ayant un impact sur la santé et sur l'environnement sont contrôlées :

Le dioxyde de soufre : provient essentiellement de la combustion des combustibles fossiles contenant du soufre (fuel et charbon). Il participe au phénomène des pluies acides, par sa transformation en acide sulfurique. Il est à l'origine d'affections respiratoires.

Les oxydes d'azote : résultent de la combinaison à haute température de l'azote présent dans l'air ou dans les combustibles et de l'oxygène. Ils interviennent dans la production de l'ozone troposphérique et contribuent aux pluies acides par transformation en acide nitrique.

Le dioxyde d'azote peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperactivité bronchique chez les sujets asthmatiques. Les particules en suspension peuvent être d'origine naturelle (volcan) ou anthropique (combustion). Leurs effets sur la santé diffèrent avec leur taille, plus elles sont fines plus elles pénètrent profondément dans l'arbre pulmonaire. Les plus fines provoquent des irritations ou des altérations de la fonction respiratoire, certaines d'entre elles peuvent s'avérer cancérogènes selon les composés absorbés à leur surface.

Le monoxyde de carbone : résulte d'une combustion incomplète, il est essentiellement émis par les véhicules essence mais aussi par des installations de chauffage mal réglé. Il participe à la formation d'ozone. Le CO conduit à un manque d'oxygénéation du système nerveux du cœur et des vaisseaux sanguins. A forte dose il peut être mortel.

Les Hydrocarbures totaux : la mesure des hydrocarbures totaux donne une indication générale sur la présence de composés hydrocarbonés dans l'atmosphère, l'oxydation de ces composés aboutit directement ou indirectement à la production de l'ozone. Du fait de leur diversité leurs effets sur la santé sont variables.

L'ozone : n'a pas de source directe. Cette molécule résulte d'une série de réactions complexes entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, initiée par le rayonnement solaire. L'ozone contribue à l'effet de serre et a un impact sur les végétaux. C'est un gaz irritant pour les muqueuses oculaires et qui peut provoquer des altérations pulmonaires.

VII. Outils informatique employés au sein du CPM

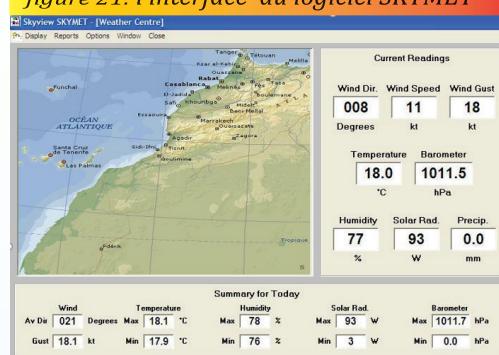
Les centres provinciaux traditionnels nécessitant une présence permanente d'un observateur, ce qui donne lieu à une importante source d'erreurs. Actuellement, les stations informatisées. Dans ces stations le recours à l'informatique a déjà vu le jour. L'outil informatique est d'une utilité majeure dans le domaine météorologique, que ça soit dans l'archivage des données, l'observation quotidienne ou la climatologie.

1. SKYMET

C'est un logiciel qui permet de prendre les mesures des différent paramètre météorologique d'une manière automatique chaque pas de temps étant déterminé selon le besoin. Il permet aussi de stocker ces paramètres dans une base de données pendant une durée allant jusqu'à 6 mois.

SKYMET donne accès aux tracés des diagrammes de température, pression, humidité et de vent. Ces permettent de déterminer les valeurs maximale et minimale de chaque paramètre avec leurs heures d'apparition.

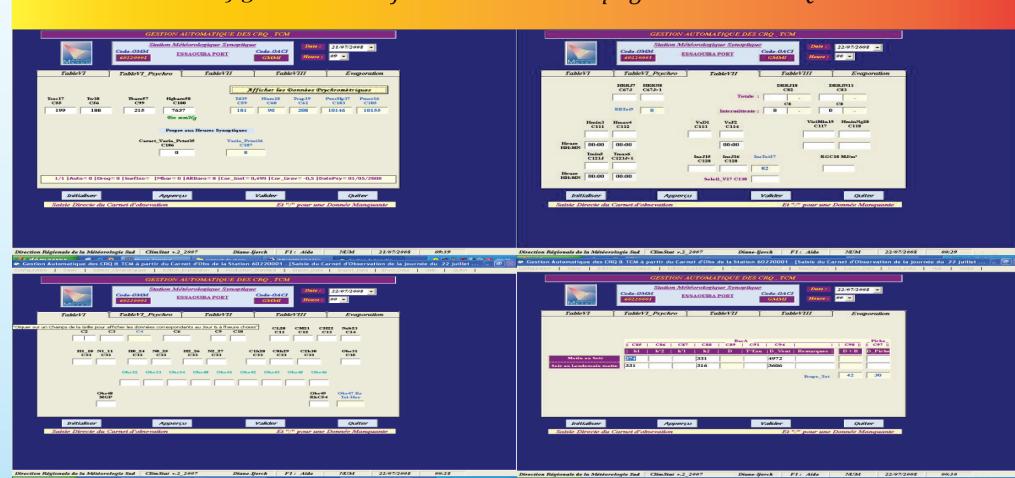
figure 21: l'interface du logiciel SKYMET



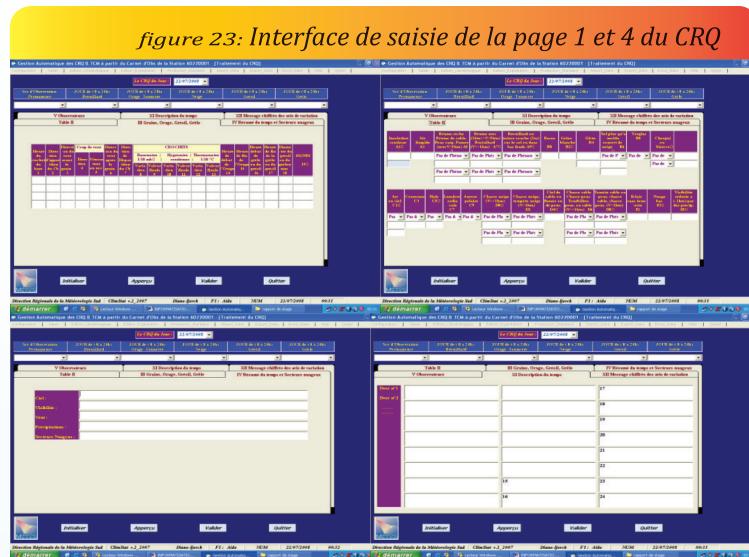
2. CLIMSTAT

C'est un gestionnaire de la Climatologie à la Station. Il permet d'automatiser les Calculs et d'éditer les CRQ, TCM, RMT et METAG en optimisant les efforts demandés pour le traitement et la saisie. CLIMSTAT est une application développée par des ingénieurs météorologistes marocains sous Excel et Visual Basic. C'est une application sécurisée, à laquelle seuls les membres de la station ont accès.

figure 22: Interface de saisie de la page 2 et 3 du CRQ



En effet, CLIMSTAT pour le calcul et la saisie des données psychrométriques dans les pages 2 et 3 du CRQ, on lui donne seulement la température sèche et mouillée ainsi que la température du baromètre et sa hauteur pour qu'il nous affiche la température du point de rosée, l'humidité, la tension de vapeur, la pression au niveau de la station et la pression au niveau de la mer, puis on saisit les cases concernant la direction et la vitesse du vent, la visibilité et les codes Cl, Cm et Ch des nuages avec leur hauteur et leur nébulosité ainsi que toutes les données du carnet d'observation. Toutes ces opérations sont faites grâce à des interfaces facilitant la saisie de ces données. Parmi ces interfaces on distingue : - Interface saisie : cette interface donne la possibilité de faire le traitement des pages du CRQ, TCM, METAG et RMT. - Interface de la page 2 et 3 du CRQ : Cette interface permet de faire les calculs psychrométriques, de saisir les données relatives aux vents, visibilité, temps présent et passé, nuages, de saisir les extrêmes de l'humidité, de température, du vent et la durée d'insolation et saisir les données d'évaporation piche et bac A, pour le cas d'Essaouira la station ne contient pas bac A, alors on saisie juste les données de la piche.



3.MESSIR

Grâce aux récents progrès de la technologie, les télécommunications dans service météorologique.

La Direction de la Météorologie Nationale a instauré un système de transmission des messages par réseau intranet nommé MESSIR. MESSIR est dédié à la production de dossiers de vols pour briefer les pilotes et les utilisateurs aéronautique. Il fournit des outils pour recevoir, traiter, stoker, imprimer, afficher tous les données météorologiques, tels les messages urgent comme les avis de cyclones, les fumées volcaniques les données textes comme les METAR, SYNOP, TAF et d'autres genres, les cartes codées GRIB (humidité, vent/température...), les T4 et TEMSI codés BUFR. Le logiciel comporte cinq interfaces à savoir :

- ✓ Interface saisir : cette interface permet de saisir les messages météorologiques et de les transmettre au serveur régional. Parmi les messages transmis, on distingue SYNOP, METAR, TAF, etc.
- ✓ Interface messages reçus : il permet de visualiser les messages reçus du serveur à destination de la station.
- ✓ interface base de données météorologiques : Elle permet de chercher des renseignements des autres stations et de les visualiser.
- ✓ interface base messages
- ✓ interface configuration : Permet de configurer le logiciel selon les besoins de la station.

figure 24: Interface de saisie de la page 1 et 4 du CRQ



VIII. Maintenance

Les capteurs de mesure, les postes d'observation et les logiciels informatiques devraient être entretenus régulièrement de manière que la qualité des observations ne se détériore pas sensiblement entre deux inspections du centre. De ce fait, les techniciens de la maintenance sont amenés à bien remplir leurs tâches, en vérifiant

1. Maintenance des instruments de base

Au sein du centre provincial d'Essaouira les actions de maintenance sont effectuées régulièrement de façon hebdomadaire pour chaque Lundi à 5h00 :

- ✓ Nettoyer l'abri
- ✓ Dépoussiérer les instruments
- ✓ Réparer les thermomètres fractionnés
- ✓ Procéder au réglage des enregistreurs
- ✓ Dégraissier l'anémomètre et la girouette

2. Maintenance informatique

Au cours de mon stage j'ai assisté à la maintenance du matériel informatique au sein du centre provincial qui consiste à :

- ✓ Mettre à jour la base virale de l'antivirus
- ✓ Mettre à jour la banque de données
- ✓ Supprimer les fichiers temporaires
- ✓ Vérifier la bonne marche des logiciels
- ✓ Défragmenter le disque dur en cas de nécessité.

3. Maintenance dans la station automatique MICROSTEP

Au sein de l'aéroport les tâches de maintenance effectuées sont le nettoyage et dépoussiérage des capteurs suivant :

- Télémètre
- Diffusomètre
- Caméra d'observation des nuages
- Capteur température, humidité, précipitation, rayonnement, direction et la vitesse du vent

Genre d'opérations de maintenance qui peuvent être effectuées au centre :

- ✓ Changement de la plume et de l'organe sensible (cheveux) de l'hygrographe
 - ✓ Réglage de la plume blazy du barographe LAMBRECHT
 - ✓ Changement du capteur de température de la station automatique au port suite à un disfonctionnement dû aux effets de corrosion
 - ✓ Défractionnement du thermomètre à maxima
 - ✓ Maintenance premier grade du télémètre et camera de la station automatique à l'aéroport
 - ✓ Changement du psychromètre suite à une altération des graduations
- Lavage et réglage hebdomadaire des instruments et appareils enregistreurs.

IX. SynopApp

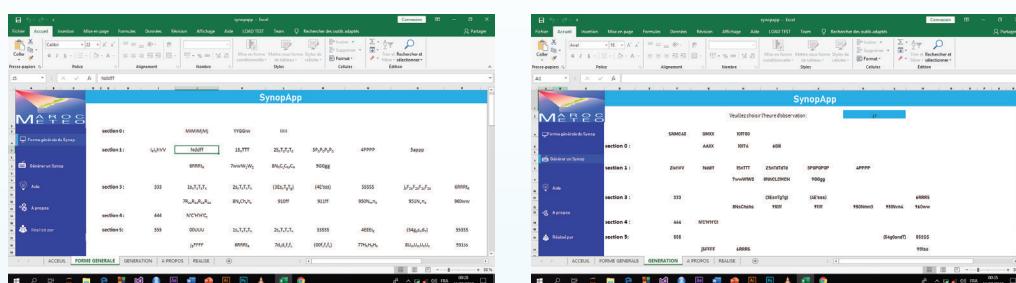
Le code SYNOP, ou synoptique, est un codage de données adopté par l'Organisation météorologique mondiale et employé pour diffuser par radiotélétype (Deutscher Wetterdienst), ou autre moyen, les observations d'une station météorologique terrestre. Le code est formé par des groupes de cinq chiffres et transmis internationalement. Environ trente-mille stations météorologiques échangent des données par ce format.

1. Problématique et solutions proposées

Observer le ciel, mesurer la température et la pression, récupérer le reste des paramètres météorologiques à partir de la station automatique, coder toutes ces informations en utilisant des tableaux et des listes et finalement envoyer le synop. C'est la recette à suivre pour faire un synop, mais le plus important c'est le temps. En effet, tout le travail précédent doit être fait en moins de 10 minutes. Pour un ancien observateur cela veut dire 7 minutes pour déguster son café et 3 pour faire le synop, mais pour les débutants ou les gens qui oublient, seul le codage des informations peut prendre dix minutes. C'est la raison pour laquelle M.r Redouane Boulal nous a chargé de développer une application qui remplacera les documents papier, ce qui nous aidera à économiser le temps et à faire des observations plus précises.

2. Application excel

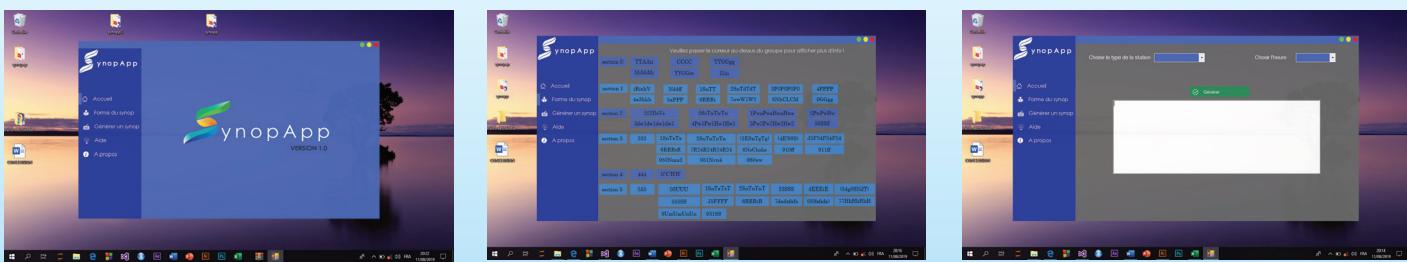
Sans aucune formation en développement des applications Windows, la première solution à laquelle nous pensâmes c'était Microsoft excel, le résultat qu'on a pu obtenir est le suivant, une application excel simple et interactive :



3. Application windows

Dans le cadre d'amélioration de SynopApp, l'un de nos collègues nous proposa de refaire l'application en utilisant Visual basic ou Visual studio (C#), pour qu'elle soit installable sur Windows. certes c'est facile à dire, mais pour quelqu'un qui n'a jamais eu l'occasion d'étudier C# ou VB c'est vraiment difficile.

Difficile mais faisable, à l'aide des cours sur YouTube et l'expérience de notre encadrant en développement, nous avons pu développer notre première application Windows.



X. Apport personnel et travail effectué

ASSAAD OUBAHHA

Observation journalière

Nous alternons avec l'autre binôme pour effectuer l'observation journalière des paramètres météorologiques, ainsi remplir le carnet d'observation du mois Juillet

TCM de l'aéroport d'Essaouira du mois juin

Notre encadrant Mr.Redouane Boulal nous a communiqué le carnet d'observation de l'aéroport du mois Juin et nous a demandé d'établir le TCM. Nous commençâmes d'abord par la rectification des données d'observation du mois six avant que nous les saisissions dans CLIMSTAT. Après la saisie nous avons effectué une nouvelle rectification pour assurer la cohérence des données et pour remplir les données manquantes. Par la suite nous avons établi le document demandé à l'aide de CLIMSTAT qui a été envoyé après au service de la climatologie à CASABLANCA par Mr.Boulal.

SynopApp

J'étais chargé de programmer la partie de génération du synop au niveau de la version excel, j'ai assisté aussi à la création de la version windows.

ABDELAZIZ CHAQDID

Le travail à la station commence à 5h45 et s'arrête à 21h00. Pour assurer ce travail, mon collègue et moi, nous travaillions en alternance avec l'autre binôme. Les premiers travaillent de 5h45 à 13h00 et les autres finissent le reste.

La routine quotidienne

A chaque H-10, je fait le tour d'horizon pour déterminer la nébulosité, la visibilité et le type des nuages qui couvrent le ciel. Il s'ensuit, la mesure de la pression et la température, la récupération des paramètres fournis par la station automatique, l'enregistrement des valeurs des paramètres dans le carnet d'observation et l'envoie des messages adéquats à l'heure de l'observation.

Visite à l'aéroport d'Essaouira

A l'aéroport, j'ai fait presque le même travail qu'au centre. Les choses qui se sont ajoutées sont la mesure du QNH et du QFE, l'observation de la piste d'atterrissage et l'envoie du Metar.

Creation de l'application SynopApp

Comme les autres collegues, j'ai participé à toutes les étapes de réalisation de SynopApp de l'algorithme au design.

Conclusion

En guise de conclusion, les quatre semaines de stage furent d'une grande importance pour notre cursus. En effet, ces semaines nous ont permis non seulement la mise en œuvre des connaissances théoriques acquises jusqu'à date, mais aussi l'apprentissage d'autres savoirs qui ne peuvent être apprises que sur le tas.

Certes, tous les métiers d'ingénierie exigent un degré de responsabilité et de précision. Mais à travers ce stage, et surtout au niveau de l'aéroport, nous avons découvert que la météorologie est la plus exigeante. En effet, une simple erreur en données météorologiques fournis au pilote peut mettre en risque la vie d'une centaine de personnes à bord d'un avion.

En plus des connaissances météorologiques, le développement de l'application SynopApp, proposé par notre encadrant MR. REDOUANE BOULAL, nous a donnée l'opportunité de découvrir plusieurs logiciels et langages de programmation (Illustrator, Photoshop, visual studio, C#, Excel ...).

Finalement la nature (l'atmosphère) est un livre ouvert pour tous et à tout moment, il faut juste apprendre la langue dans laquelle il est écrit. Nous, et par ce stage, nous venons de lire nos premières lignes.

Bibliographie

- 🌐 Site officiel de Maroc Météo www.marocmétéo.ma
- 🌐 www.wikipedia.org
- 📖 Cours d'Observation 1ère année Météorologie (Mr.Moujane)
- 📖 Cours d'instrumentation de base (Mr.Merrouchi)
- 📖 Des documents proposés par le chef du CPM d'Essaouira (M.Boulal)