

وزارة التعليم والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département : Electrotechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

INGENIORAT D'ETAT EN ELECTROTECHNIQUE

SUJET

contribution à l'étude de la
pollution des isolateurs de haute tension
dans la région électrique de ANNABA

Proposé par :

A. BOUBAKEUR

Docteur Es-Sciences Techniques

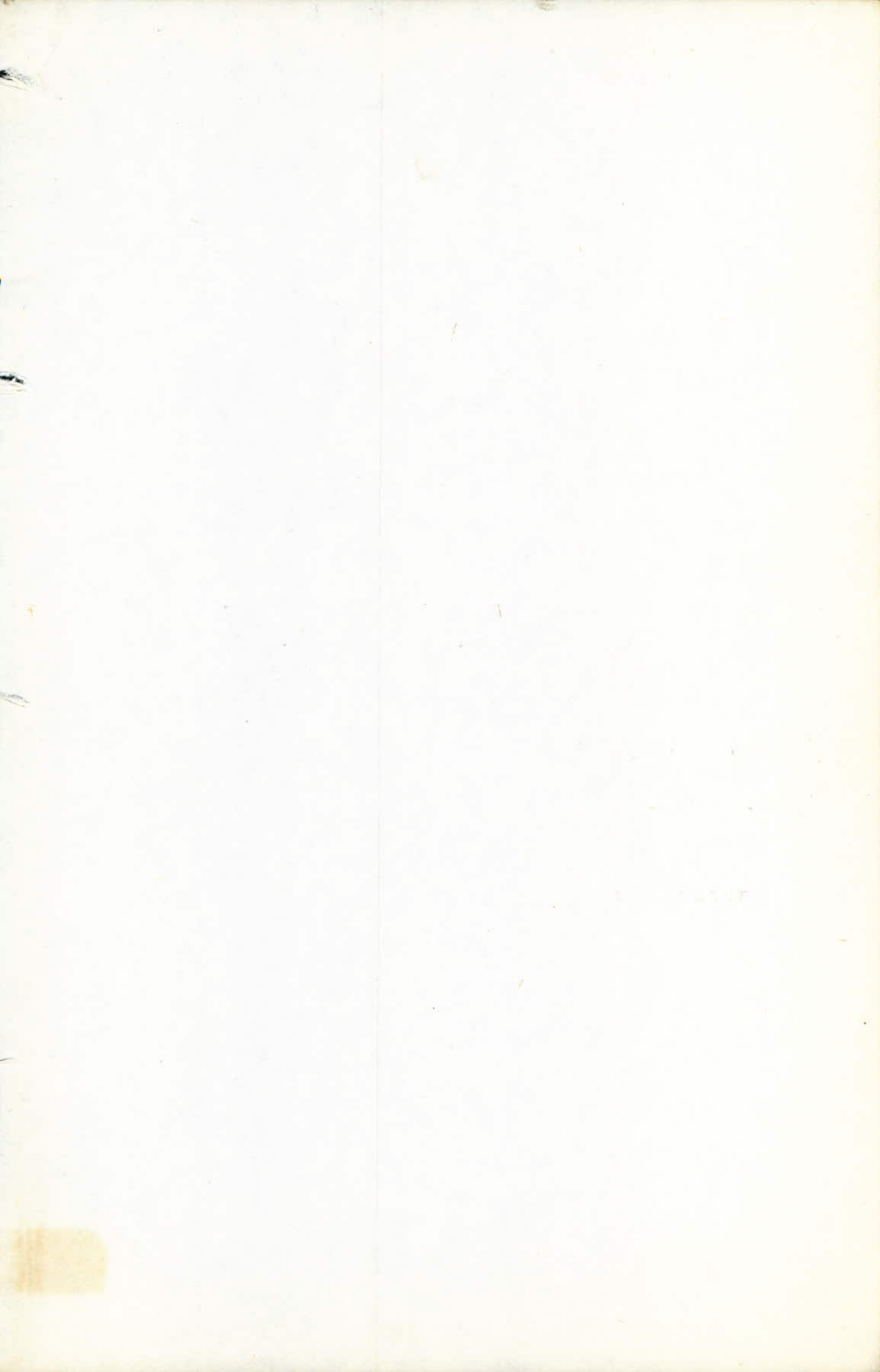
Etudié par :

Abdelouahab MEKHALDI

HENNI BOUDJELTHIA

Dirigé par :

A. BOUBAKEUR



-8- 7A) E D I C A C E S -e-
=====

A la mémoire de mon grand père Hadj Boutebel
A la mémoire de ma grande mère
A la mémoire de mon ami Benyoucef Abdelkader

Que dieu les benisse

A mes parents
A mes frères et soeurs
A toute la famille
A tous mes amis

je dedie ce modeste travail
H. BOU DJELTHIA

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

A la mémoire de mes grands parents
A mes parents
A mes frères et soeurs
A ma belle soeur
A toute la famille
A tous mes amis

je dedie cet humble travail
A.MEKHALDI

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

Avant tout , ce projet nous a permis de compléter nos connaissances dans un domaine qui nous était, auparavant, meconnu.

Le nombre d'isolateurs utilisés dans une chaîne dépend surtout de la tension de service et du degré de pollution au site d'emplacement.

- TABLE DES MATIERES -

Nous pouvons conclure que la région électrique de Annaba peut être subdivisée en trois zones de pollution: zone cotière, zone

Introduction

Chapitre 1 Généralités

1-1 Isolateurs

1-2 Pollution

1-3 Comportement des isolateurs

1-4 Facteurs contre la pollution

Chapitre 2 Identification de la région

2-1 Identification de région électrique de Annaba

2-2 Isolateurs à haute tension utilisés dans cette région

2-3 Epaisseur et granulométrie de la couche polluante

2-4 Statistique des contournements

Chapitre 3 Méthode d'essais

3-1 Essais sous pollution naturelle (in situ)

3-2 Essais sous pollution artificielle au laboratoire

3-3 Méthode utilisée dans notre étude

Chapitre 4 Essais au laboratoire

4-1 Equipement de la station d'essai à fréquence industrielle par site

4-2 Essais réalisés

4-3 Resultats de nos essais au laboratoire

4-4 Moyens à utiliser contre la pollution

Conclusion

1
2
3
5
6
1
1
40
41
46
47
50
51
51
53
56
58

I N T R O D U C T I O N

La plupart des incidents d'exploitation affectant les ouvrages de transport d'énergie électrique en haute tension sont consécutifs à des amorçages produisant le contournement d'isolateurs par une décharge électrique.

Les contournements d'isolateurs ont pour causes principales:

- Soit des surtensions de manoeuvres ou d'origine atmosphérique.

- Soit une diminution de la résistivité superficielle des isolateurs sous l'effet de la pollution atmosphérique. Le comportement des isolateurs pollués est devenu ainsi un sujet d'intérêt croissant dans de nombreux pays.

En Algérie, la Sonelgaz (Société Nationale de l'Électricité et du Gaz) est aussi confrontée à ce problème, surtout depuis la mise en service des lignes de transport à 220 kV.

La pollution des isolateurs H.T est beaucoup plus ressentie dans les régions côtières à forte concentration industrielle. Des études ont été déjà entamées dans les deux régions du centre (l'ARBA) et de l'Ouest (ARZEW).

En étudiant la région électrique de Annaba, qui nécessite une aussi grande attention que les deux autres régions déjà étudiées, on aura donné une idée globale sur le problème de la pollution des isolateurs H.T de la plus grande partie de notre réseau national.

L'objectif principal de ce projet est tout d'abord de contribuer à l'étude de la pollution des isolateurs H.T dans la région électrique de Annaba et de déterminer les performances des isolateurs sous pollution naturelle.

Ce projet a nécessité 2 stages dans la région de Annaba, le premier du 04/02/84 au 29/02/84 et le second du 14/03/84 au 30/04/84 en collaboration avec la sonelgaz (Direction de production et de transport, Région Est de Annaba) un premier chapitre traitera du phénomène de pollution des isolateurs H.T et de ses conséquences. Dans le 2ème chapitre, nous présenterons la région électrique de Annaba.

Le troisième chapitre concernera les essais des isolateurs pollués et enfin le 4^o chapitre sera consacré à la présentation de nos essais et à l'équipement qui nous a permis de les effectuer au laboratoire à H.T de l'E.N.P.A.

CHAPITRE I

Généralité

I.1 Isolateur:

L'isolateur est un matériau isolant solide présentant une très grande résistance au passage du courant électrique et dont la conductibilité est pratiquement nulle.

Il est utilisé pour isoler les conducteurs et les pièces sous tension afin d'empêcher les courts-circuits, les pertes de courant à la terre et les dangers d'électrocution.

Les isolateurs et leurs accessoires devront faciliter l'entretien et l'exploitation des lignes et en particulier être adaptés aux impératifs du travail sous tension.

I.1.1: Principaux types d'isolateurs de lignes:

On peut distinguer deux principaux types d'isolateurs les isolateurs rigides et les éléments de chaîne.

a) Isolateurs rigides: Un isolateur du type rigide est relié au support par une ferrure. Cet isolateur est principalement soumis à des efforts de flexion et de compression.

A titre d'exemple d'isolateurs rigides normalisés on peut citer les isolateurs en verre: NFC66-233 et NFC 66-234.

b) Élément de chaîne: c'est un isolateur constitué par un matériau isolant équipé de pièces métalliques de liaison, nécessaires pour le relier de façon flexible à d'autres éléments de chaîne, à la pince de suspension du conducteur au support.

Il existe deux types principaux d'éléments de chaîne:

Les isolateurs "capot et tige " et les isolateurs à long fût.

I.1.2 Le nombre d'isolateurs utilisés dans une chaîne dépend surtout de la tension de service de la ligne.

En pratique, tout isolateur doit être conçu de manière à pouvoir travailler dans des conditions défavorables. Sa tension de contournement U_c sous pluie est une grandeur importante car elle permet d'apprécier la valeur du coefficient de sécurité donnée par le rapport $\frac{U_c \text{ sous pluie}}{U \text{ nom de service}}$

I.1.3 Tensions de contournement des isolateurs:

a) Tension de contournement à sec U_{cs} :

La formule valable pour le système pointe-pointe non symétrique donne une assez bonne approximation de la tension de contournement à sec U_{cs} .

$$U_{cs} = 14 + 3,16as (kV_{eff}) \text{ as en } \bar{C}_m$$

as > 80cm

où as: la plus courte distance dans l'air entre les électrodes. Elle correspond à la ligne d'arc ou distance disrupteur.

b) Tension de contournement sous pluie artificielle U_{cm} :

Cette tension peut être calculée à partir de la formule de KOPPELMAN : $U_{cm} = 1,1 \sum a_m + 3,9 \sum a'_s (kV_{eff})$ a_m et a'_s en cm avec a_m : segment de chemin de contournement le long de la surface de l'isolateur (mouillé).

a'_s : segment de chemin de contournement dans l'air.

Pour une chaîne d'isolateurs, la tension de contournement dépend du nombre d'isolateurs qui la composent, mais elle ne lui est pas proportionnelle. Ceci provient de l'irrégularité de la répartition des potentiels le long de la chaîne.

I.2 Pollution.

Les lignes aériennes et les postes du réseau de transport installés dans les régions où règne une pollution atmosphérique notable sont sujets à des incidents graves dus aux contournements des chaînes d'isolateurs ou des colonnes isolantes polluées.

Ces incidents ont pour origine des dépôts divers qui se fixent sur les surfaces isolantes et abaissent considérablement, en présence d'humidité ou de brouillard, la résistivité superficielle des isolateurs.

I.2.1 Types de pollution: La pollution peut être de différentes origines:

- pollution naturelle: bord de mer, marais salants, poussières provenant du sol, laterite, sable, etc.....

Cette pollution peut affecter d'importants tronçons du réseau.

- pollution industrielle: cimenteries, aciéries, industries chimiques, minerais, engrais, etc.....

Ses effets sont généralement restreints à des aires peu étendues et n'intéressent que quelques traçons de lignes.

- pollution mixte: ce type de pollution est le plus nocif.

A titre d'exemple on peut citer les complexes industriels en bord de mer.

I.2.2 Severité de pollution d'un site:

Degré de pollution d'un site: La pollution d'un site est caractérisée par la résistivité moyenne de la couche superficielle polluante recouvrant les isolateurs exposés dans ce site.

La severité de la pollution peut donc être appréciée par une mesure de résistivité de la couche polluante.

Une méthode d'application simple est utilisée (1). Elle consiste à caractériser la severité de la pollution d'un site par référence à l'essai sous brouillard salin équivalent.

La severité de la pollution est alors exprimée en termes de salinité équivalente ; Elle peut être déterminée aussi, en nettoyant la surface d'un isolateur pollué à l'aide d'un coton pur imbibé d'eau distillée (3).

La conductivité de la solution contaminée par le coton permet par des mesures, d'obtenir la quantité équivalente de sel.

Une autre méthode (directe) consiste à mesurer la conductivité superficielle des isolateurs. On effectue les mesures de conductivité superficielle à l'aide d'une sonde d'essai à deux électrodes (2). La salinité équivalente ou degré de pollution est considérée comme la base de référence pour le classement des sites pollués.

Parmi les classements des sites pollués on peut citer le classement utilisé en France (VTE ?) et celui utilisé en Pologne (Norme PN - 68/ E-06303).

I.3 Contro

1.3 Contournement des isolateurs.

I.3.1 Influence des conditions météorologiques sur le contournement des isolateurs:

La majorité des contournements a été observée pour une humidité relative de l'air supérieure à 90%. Les contournements des isolateurs ont lieu le matin avant le levé du soleil et particulièrement en présence du brouillard et de bruine (4).

I.3.2 Contournement suite à la formation des couches polluantes: Nous allons décrire ce phénomène pour les différents types de pollution (3).

a) Pollution marine: Dans les ouvrages (lignes ou postes) installés en bord de mer, les embruns portés par le vent déposent progressivement sur les isolateurs une couche de sel qui plus ou moins longue échéance, recouvre toute la surface de l'isolant y compris les parties les mieux protégées. Cette couche de sel humidifiée par les embruns eux même, par un brouillard, ou simplement par condensation, devient conductrices. Un courant de fuite ^{alors} à travers la couche superficielle et des arcs peuvent prendre naissance dans certaines conditions, et de développer jusqu'à provoquer le contournement total de l'isolateur.

b) Pollution industrielle: Au voisinage des usines métallurgiques, chimiques, ou même aux abords des centrales thermiques, les isolateurs se recouvrent de poussières faiblement conductrices, mais très hygroscopique.

Dans des conditions de forte humidité (brouillard, pluie, condensation matinale, etc.....), la dissolution des sels contenus dans cette poussière provoque la formation d'une couche électrolytique.

Les Gaz présents dans les fumées absorbées par la couche liquide en augmente encore la conductivité. Comme dans le cas de la pollution marine, un courant de fuite alors dans la couche superficielle et le contournement peut parfois survenir. Quelle que soit la source de la pollution, on observe donc la formation d'une couche électrolytique due à l'humidification d'un dépôt solide accumulé progressivement à la surface des isolateurs il importe de remarquer, que par suite du lavage périodique des dépôts par la pluie on atteint après une période d'exposition plus ou moins longue une pollution limite (5)

CHAPITRE 2

Région électrique de Annaba

2.1 Identification de la région électrique de Annaba:

2.1.1 Situation géographique

La région électrique de Annaba (figure 1) est située au nord-Est de l'Algérie. Elle est délimitée au Nord par la mer méditerranéenne, à l'Est pour la frontière tunisienne, à l'Ouest par la ligne 220 kV SIKIKLA-Ain MLILA, au Sud par la ligne 220 kV Kroub - ~~Aouinet~~ - TadjEBouinec, plus les lignes 60kV AIN-MLILA-Ain el-Beida- Khenchela et les lignes 90kV l'Aouinet-Tebessa- Djebel Onk.

Elle peut être subdivisée en trois zones:

a) zone cotière: Elle est constituée d'une plaine qui s'allonge sur une centaine de kilomètres entre la baie qui domine le cap de fer, à l'extrémité Nord-Ouest du massif de l'Edough (Sraadi) jusqu'au cap Rosa, et elle se prolonge à l'Est par les collines qui entourent El-Kalla.

Elle est presque uniquement alluviale et marécageuse.

La masse principale des terrains est constituée par des couches en majorité argileuse.

b) zone des hauts plateaux. Elle est à vocation essentiellement agricole et les terrains y sont généralement plats. L'altitude de ces terrains peut atteindre 1300 M.

c) zone semi-désertique: Elle est constituée de montagnes, collines et hautes plaines de structure plissée simple. Cette zone est souvent atteinte par les tempêtes de sables, concerne la région de l'Ouenza, de Tébessa et particulièrement celle de Djebel-Onk.

La région de Annaba compte une forte concentration industrielle. Les différentes fumées dégagées par les usines, les poussières provenant du sol, surtout durant la période sèche (particulièrement les régions agricoles telles que Khroub, l'Aouinet), la pollution marine, constituent des facteurs nefastes pour une bonne exploitation du réseau H.T de la Sonelgaz.

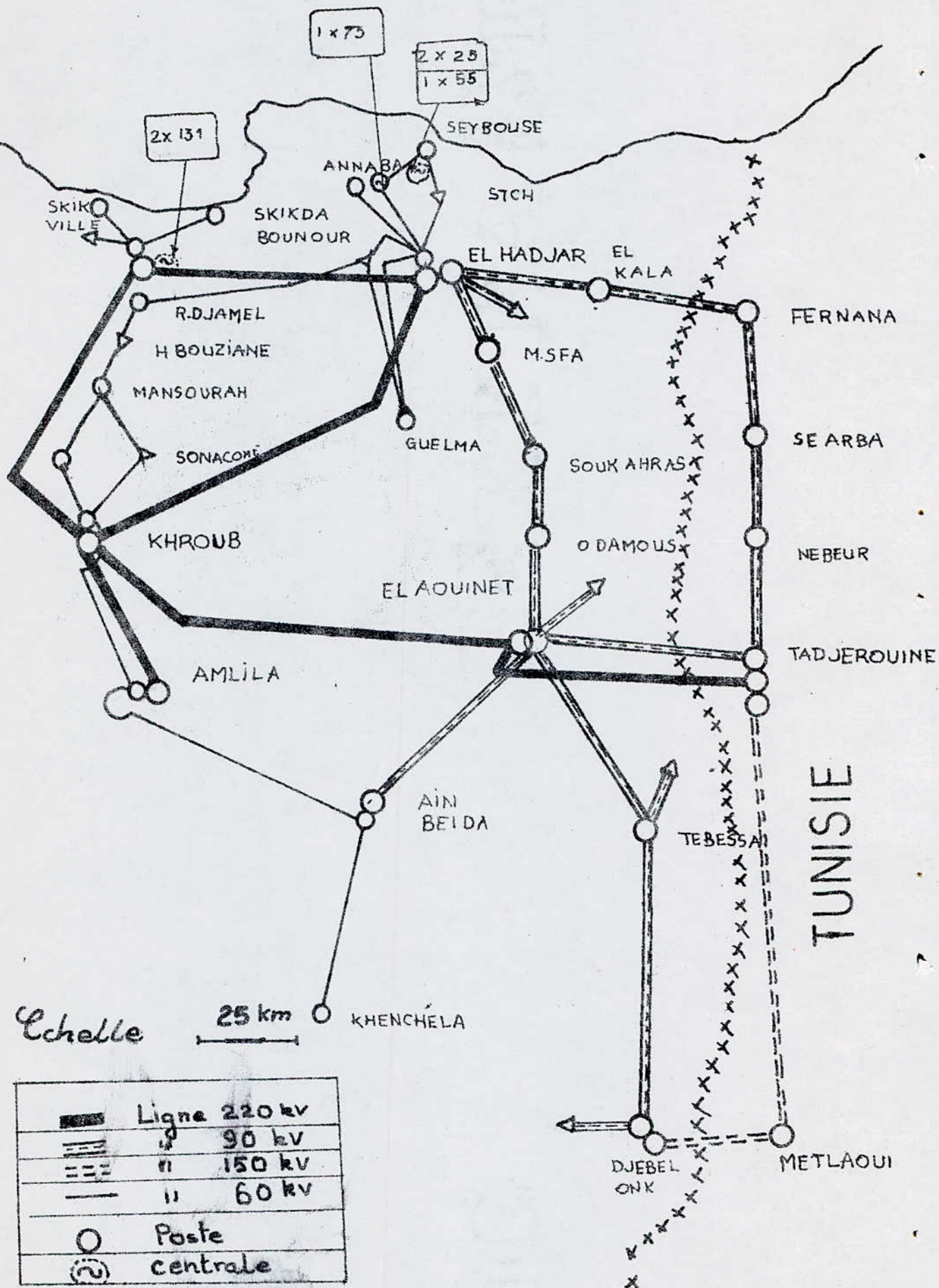


Figure 1 : Région électrique de ANNABA .: (SONELGAZ)

2.1.2 Conditions climatiques:

Les principaux facteurs climatiques rencontrés fréquemment dans la région électrique de Annaba et qui influent sur le comportement des équipement de H.T du type extérieur sont: l'humidité relative de l'air, le brouillard, la neige, la pluie, la rosée et les vents.

Ces différentes manifestations climatiques ont pour conséquences soit le nettoyage des isolateurs (vent, forte pluie) soit l'augmentation de la conductivité superficielle des couches après leur humidification (bruine, brouillard).

En utilisant les statistiques enregistrées par l'office National de Météorologie concernant les différents facteurs climatiques relatifs à la région électrique de Annaba, nous avons considéré le cas le plus défavorable aux isolateurs de H.T en prenant, dans la mesure du possible, les valeurs extrémales de ces facteurs.

Pour étudier d'une manière rigoureuse l'influence des facteurs climatiques sur le comportement de l'équipement de H.T dans la région électrique de Annaba, il est nécessaire de considérer les trois zone précitées, qui constituent notre région, séparément.

A) Zone cotière:

a) Humidité relative de l'air:

L'Humidité relative de l'air pour la zone cotière de notre région a une valeur moyenne de 72%. Elle varie suivant les saisons et les régions (SKIKDA, ANNABA) entre 66% et 95%.

Dans la région de Annaba, la valeur moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air est de 75%. L'Humidité relative de l'air est accentuée surtout en hiver et en Automne(particulièrement aux mois de Novembre et Février) . Durant cette période, elle atteint souvent la valeur de 95%.

De même, pendant plus de cinq mois de chaque année, l'humidité relative de l'air moyenne dépasse 75% (figure 2).

Dans la région de SKIKDA, la valeur moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air est de 69%. L'Humidité relative de l'air est accentuée surtout aux mois de janvier, Septembre et Decembre. Durant ces trois mois, celle-ci atteint souvent la valeur de 91% (Figure 3).

On conclue alors que la zone cotière de la région électrique de Annaba est très humide.

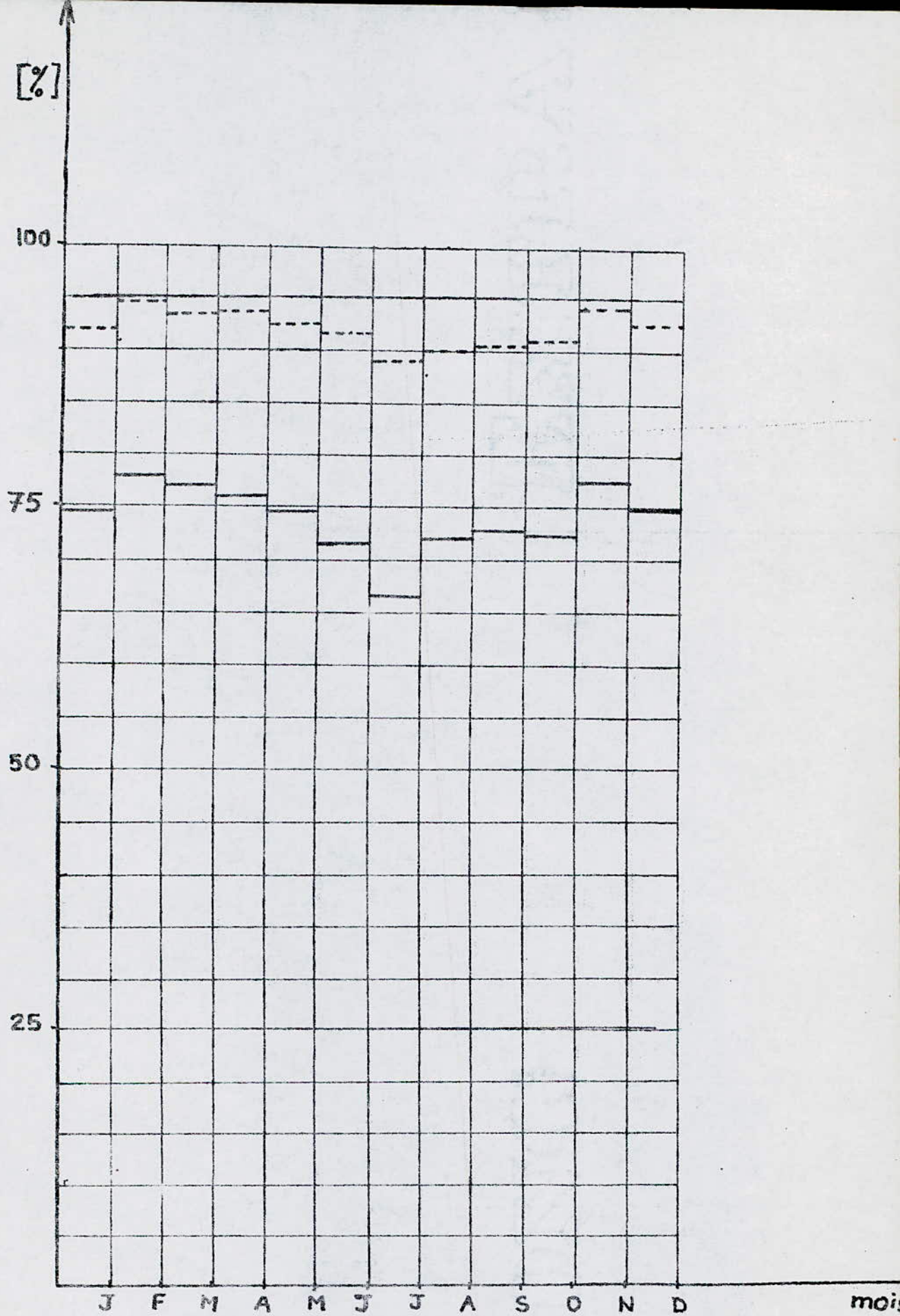


Figure 2 — Humidité relative moyenne mensuelle de 1979 à 1988
 - - - - - Humidité relative moyenne mensuelle des maximums
 - Station Annaba -

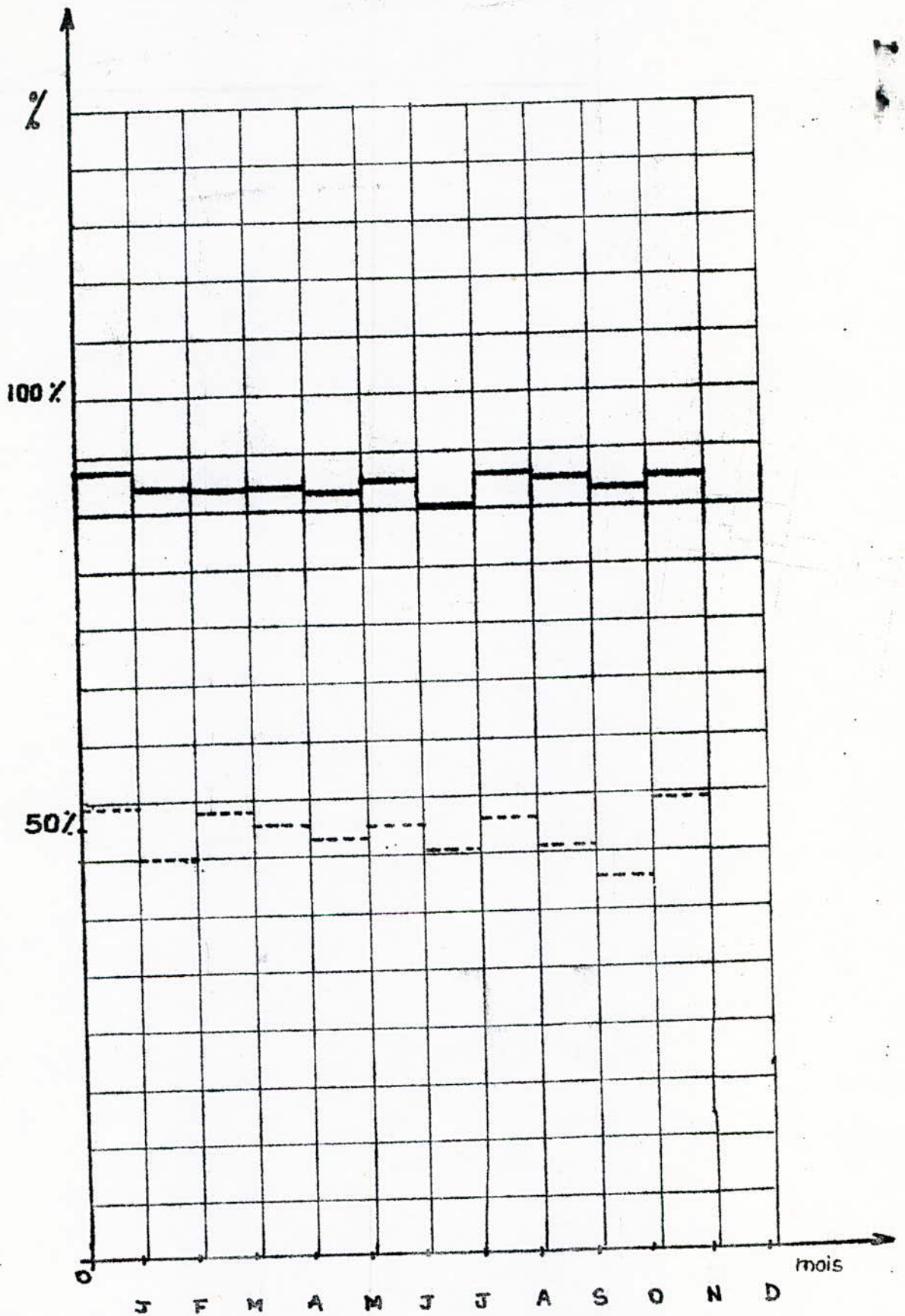


Figure 3: — Humidité mensuelle moyenne des maximums
 - - - Humidité relative mensuelle moyenne des maximum

b) Température:

Dans la région de Annaba, la température varie suivant les saisons entre 5° et 35 °C. Le plus grand écart de variation de température (mois de Juillet) est de l'ordre de 12°C (Fig 4) Dans la région de Skikda, la température varie suivant les saisons entre 7°C et 30°C. L'écart de variation de température est de l'ordre de 10°C (Fig 5).

La plus basse température (0,5°C) a été enregistrée le 12 Décembre 1980 dans la région de Annaba (pour la période 1979-1983). A Skikda, la plus basse température (0,4° C) a été enregistrée au mois de Décembre 1973.

Une baisse de température, au delà d'une certaine limite (point de rosée) dépendant de l'humidité relative, donne naissance à la rosée.

La rosée se forme quand :

- 1°) Les surfaces des isolateurs se refroidissent en dessous du point de rosée de l'air ambiant , un tel refroidissement est dû habituellement au rayonnement nocturne.
- 2°) De l'air chaud et humide entre en contact avec une surface plus froide, dont la température est inférieure à celle du point de rosée de l'air.

c) Précipitations pluviiales :

La moyenne annuelle des précipitation est de 741 mm pour la région de Annaba (figure 6) et de 740 mm pour la région de SKIKDA (figure 7).

On remarque que le climat de la zone cotière de notre région est caractérisé par des précipitations très abondantes, à l'exception des mois de Juillet et Août durant lesquels la moyenne mensuelle est respectivement de l'ordre de 1 mm et 4,5 mm pour la région de Annaba et de 1 mm et 12 mm pour la région de Skikda

d) Précipitations occultes :

- Brouillard : Dans la région de Skikda, le brouillard apparait très rarement. Durant les trois années 1971, 1972, 1973, le brouillard n'a apparu que six fois. En plus, vue l'abondance des précipitation pluviiales dans cette région, on peut conclure que le brouillard, dans la région de Skikda, n'a aucune influence sur l'équipement électrique H.T de cette région.

Dans la région de Annaba, le brouillard apparait surtout durant les mois de Février, Mars et Octobre(une moyenne mensuelle de cinq jours pour chacun des trois mois). (Figure 9).

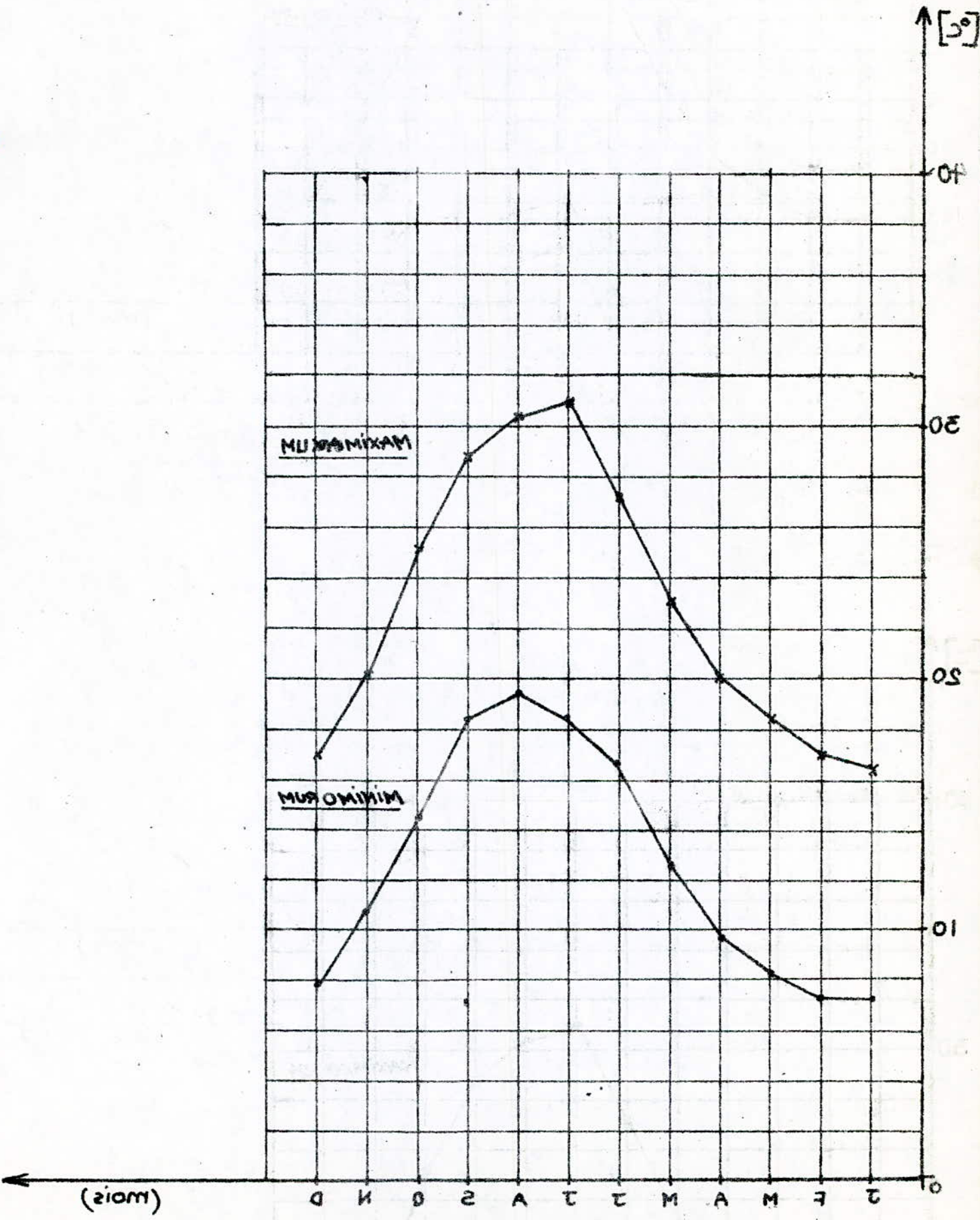


Figure 4 : Température extrêmes enregistrées dans la région de ALABIA

- Station SKIKDA -

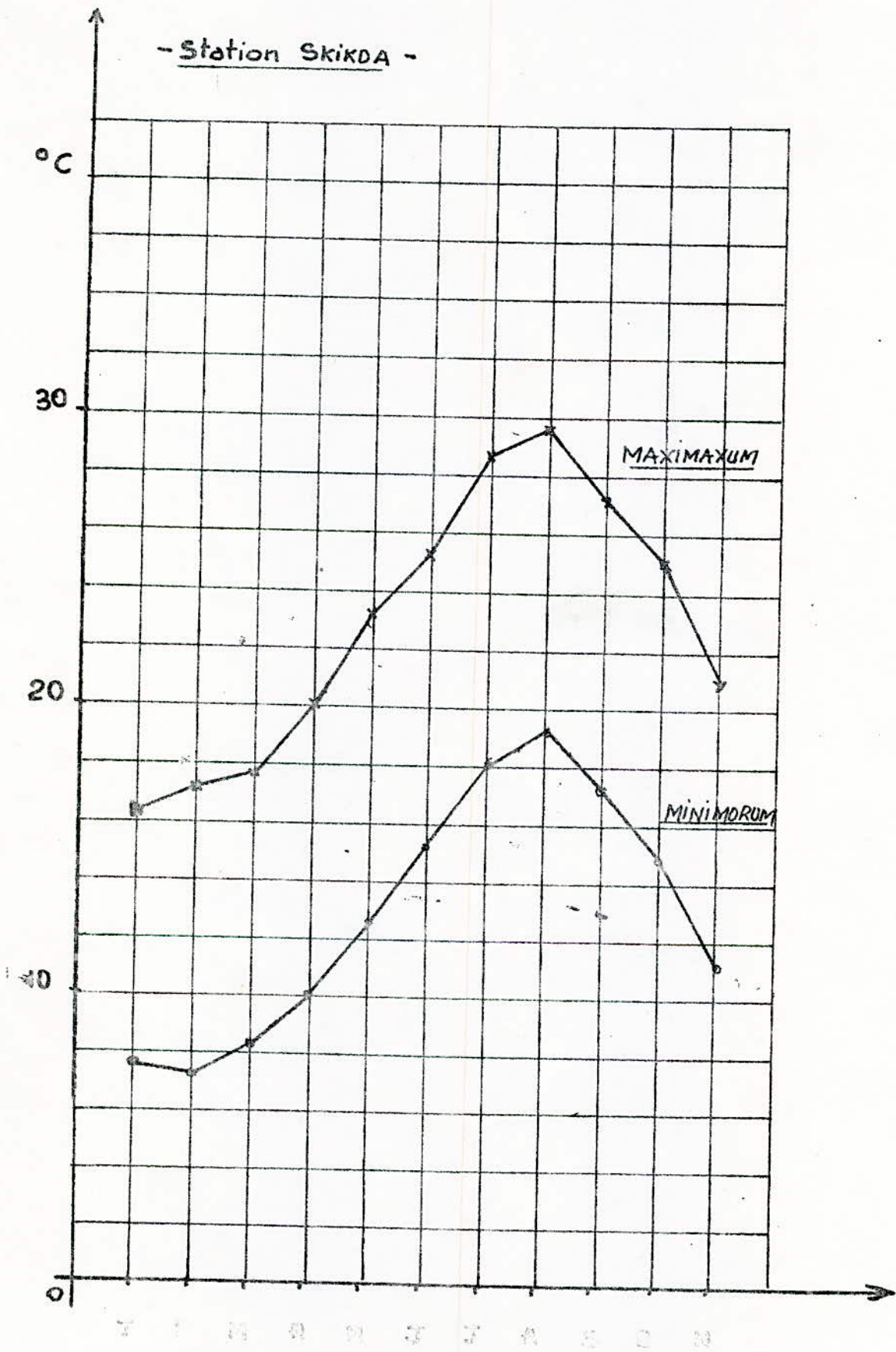


Figure 1: Temperature extremes recorded in the region of SKIKDA
1965-1970

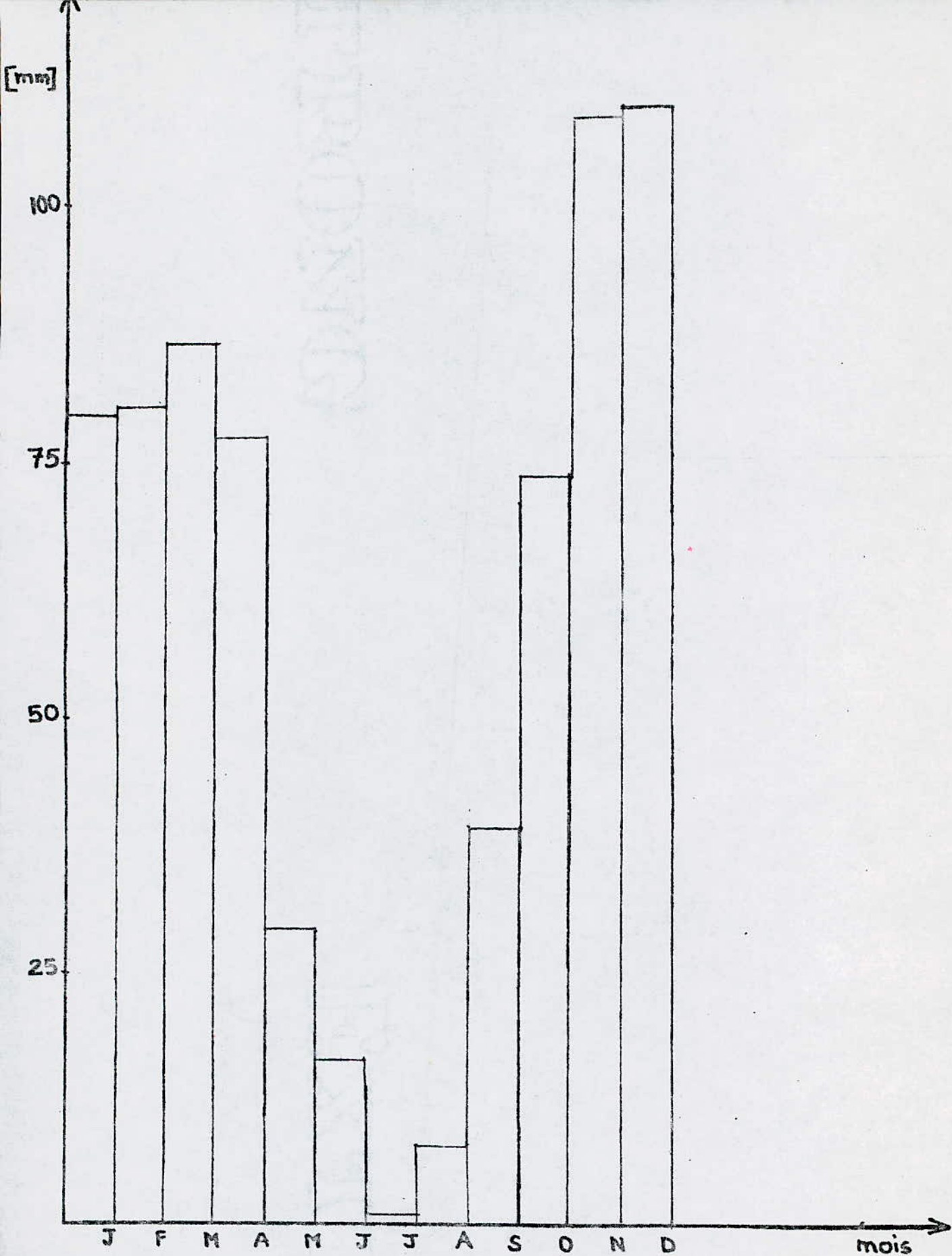


Figure 6 : Hauteur moyenne mensuelles des précipitations de 1979 à 1983 .

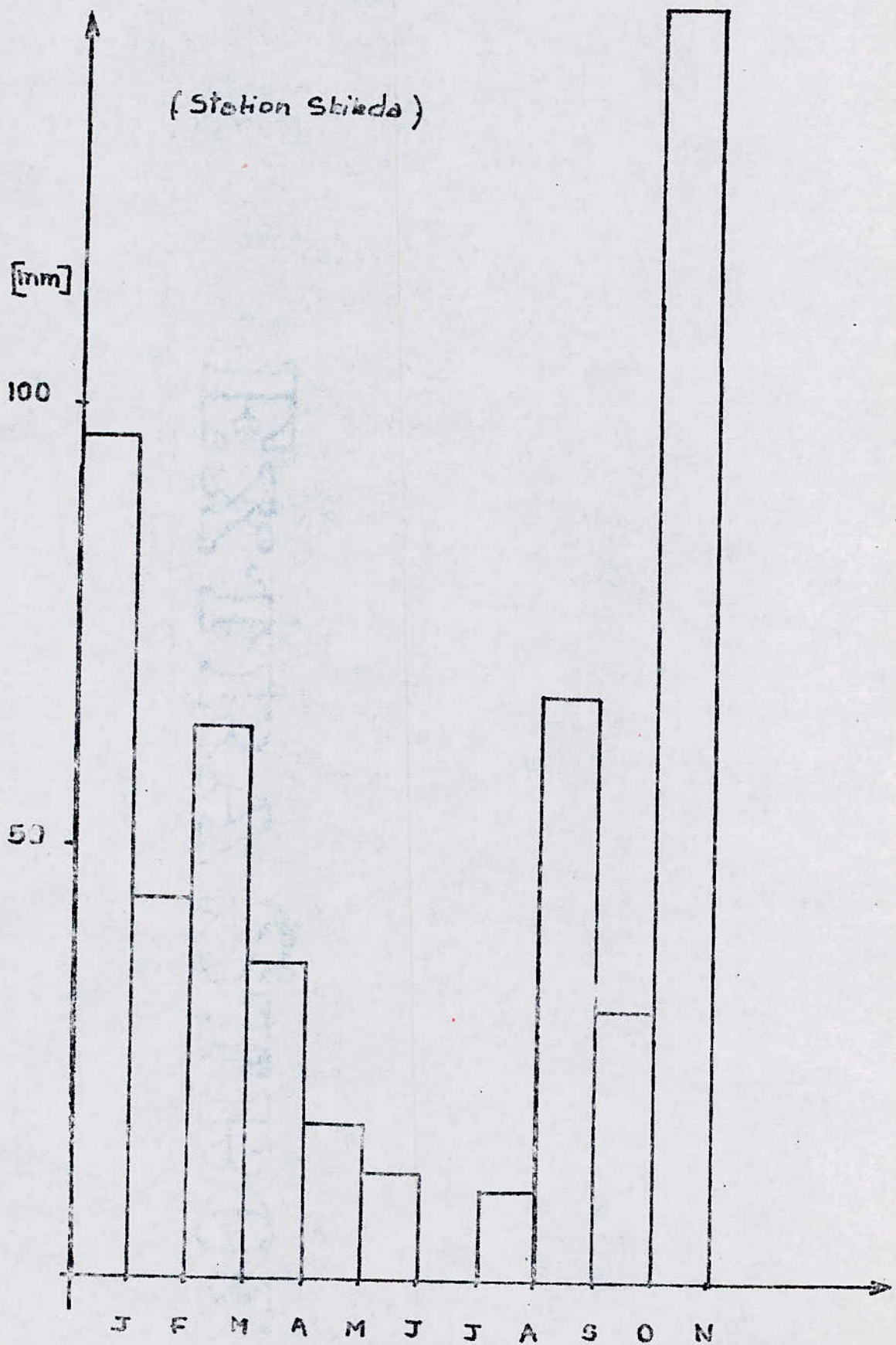


Figure 7: Précipitation moyenne mensuelle année 1965 à 1970 .

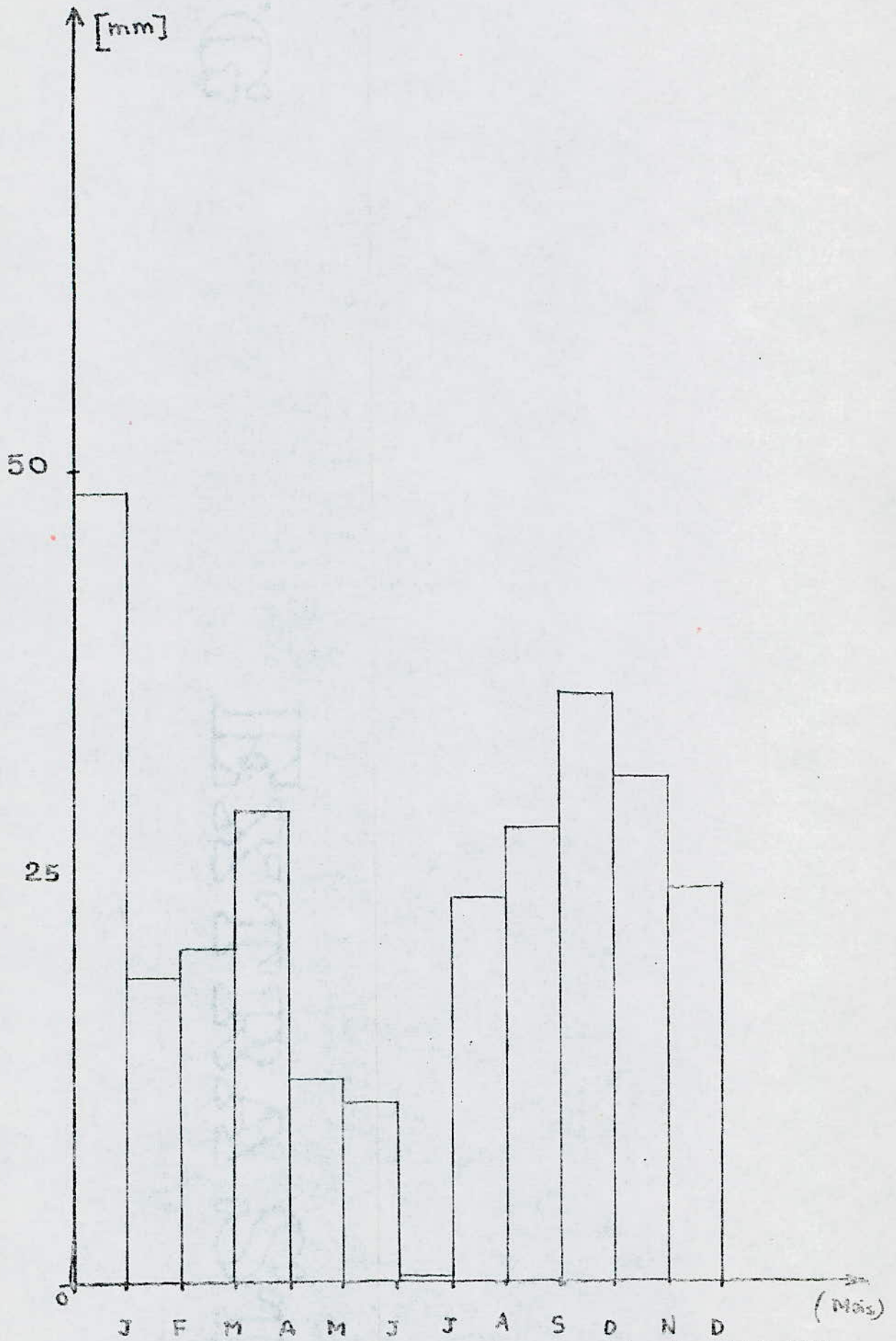


Figure 8: Moyenne des maximums de précipitation journalière de 1979 à 1983.
 Station: Anghar.

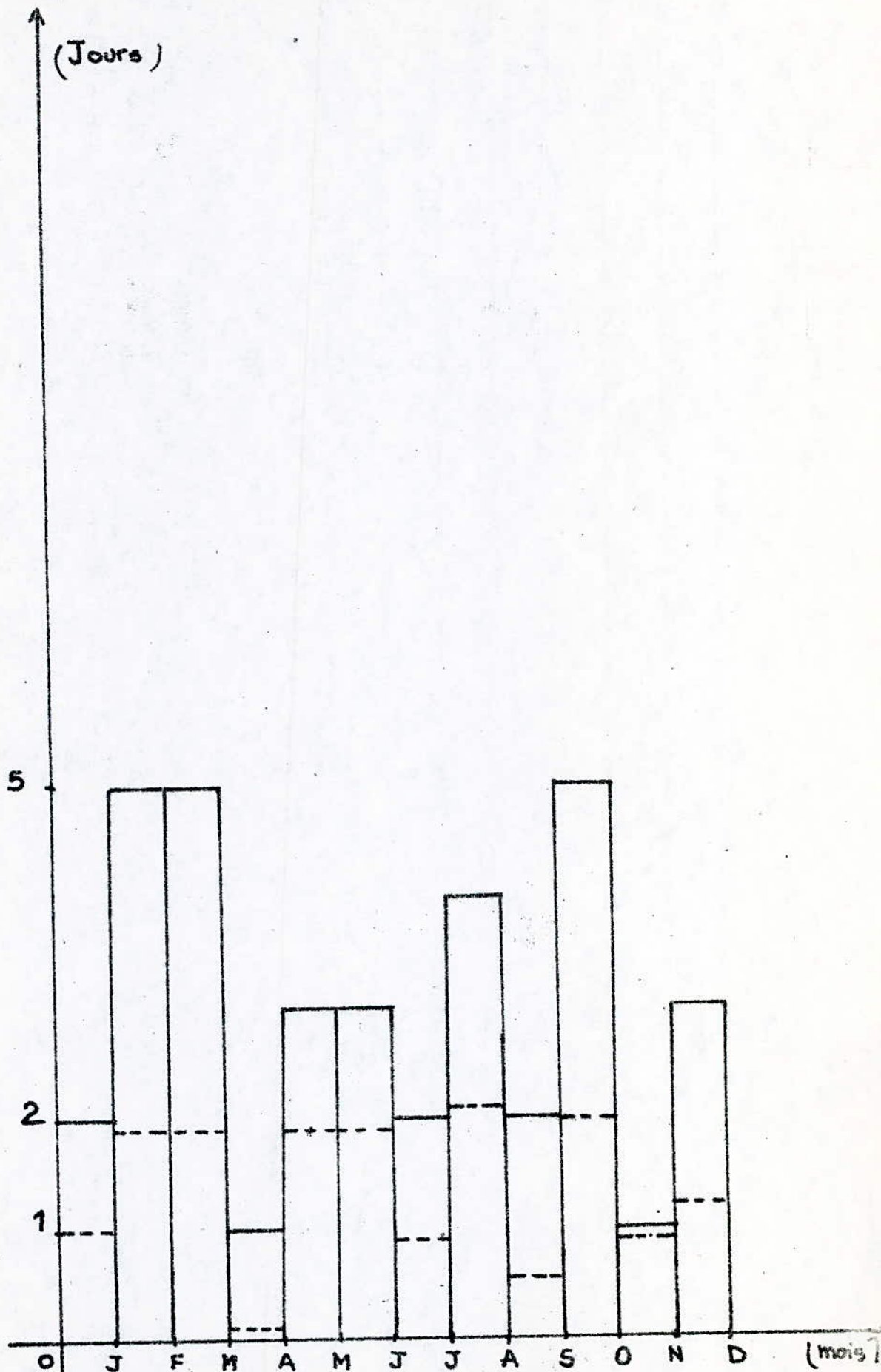


Figure 9: — Nombre maximum de jours de brouillard de 1979 à 1983 .
 - - - Moyenne mensuelle de jours de brouillard de 1979 à 1983 .
 Station Annaba -

La présence de ce brouillard durant cette période n'est pas dangereuse puisque les précipitations pluviales y sont importantes. De plus, une bonne partie des lignes H.T est protégée par la montagne Edough (Séraïdi) qui constitue ainsi un véritable obstacle pour la propagation des embruns marins (particulièrement le brouillard salin) .

- Gelée blanche: Dans la région de Annaba, on peut la considérer comme inexistante puisqu'elle n'a apparue que dix fois durant cinq années, 4 fois durant l'année 1983 (une fois en Janvier, et 3 fois en Février) et 6 fois en 1980 (1 fois en Janvier, 1 fois en Février et 4 fois en Décembre) .

Pour la région de Skikda, les renseignements concernant la gelée blanche n'étaient pas disponibles dans la station météorologique de constantine .

- Rosée : Dans cette zone cotière, le nombre moyen mensuel de jours de rosée est de 7. Ce nombre peut atteindre 20 durant le mois de Décembre et une moyenne mensuelle maximale de 12 jours pour le reste de l'année. (Figure 10).

- Neige: La neige est inexistante dans la zone cotière, du fait qu'il n'y a eu aucun jour de neige durant les cinq dernières années (1979- 1983) .

e) Orages : Le nombre de jours d'orages varie très peu d'une année à une autre dans les deux régions de Annaba et Skikda. Dans la région de Annaba, le nombre moyen annuel de jours d'orage est de 35. Ils surviennent surtout aux mois de Mars, Septembre Novembre et Décembre.

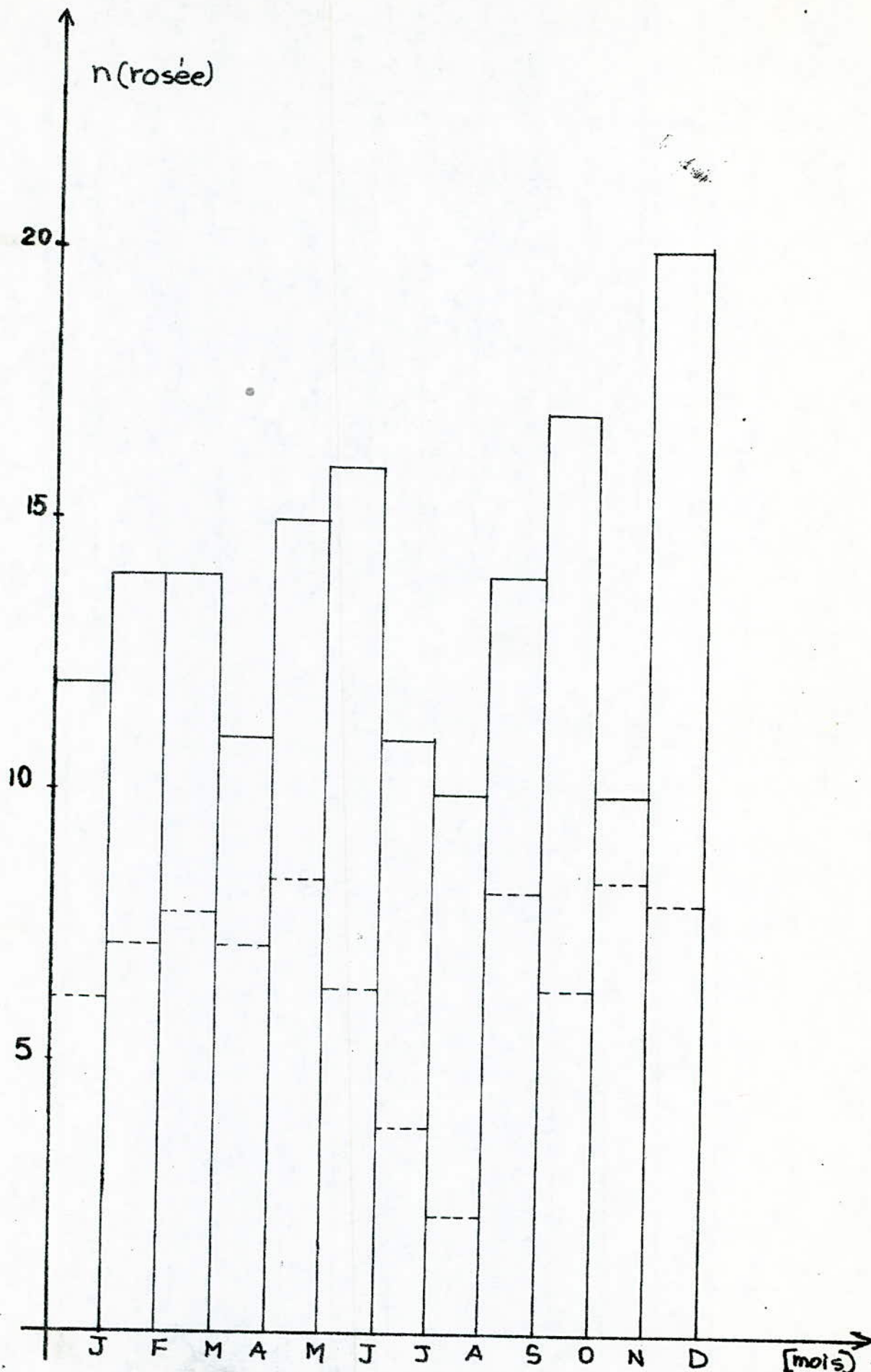
Par contre, dans la région de Skikda ce nombre n'est que de 10 Ils surviennent surtout aux mois de Février, Mars et Octobre.

f) Vents : D'après les données recueillies auprès de la station météorologique de Annaba (Besbes) , la direction habituelle des vents dans cette région est de nord Ouest (figure 11) Ces vents ont une moyenne maximale de 16,5m /s. La vitesse maximale (36m/s) a été atteinte en Janvier 1980.

Ces genres de vents sont à l'origine de la propagation de la pollution marine. Celle ci peut atteindre des distances considérables à l'intérieur du territoire.

g) Insolation et phénomène d'évaporation :

La durée d'insolation est importante dans la zone cotière. Celle-ci provoque une évaporation moyenne mensuelle de 126 mm dans la région de Annaba et de 91 mm dans la région de Skikda.



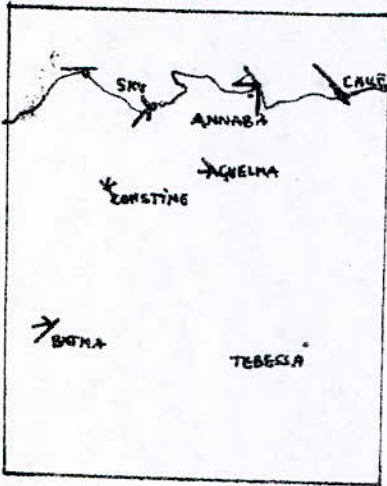
- Fig 2-10 -

— Nombre maximum de jours où la rosée a été observée (1979-1983)

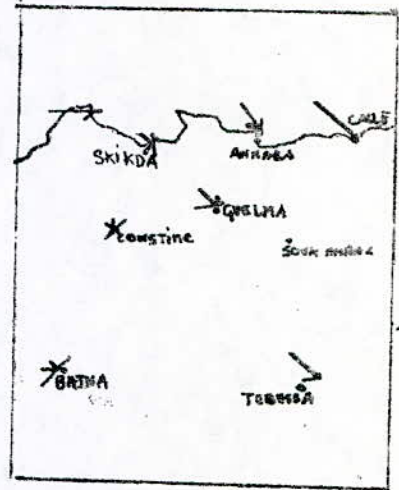
--- Moyenne mensuelle des jours où la rosée a été observée (1979-1983)

= Station Besbes ANNABA =

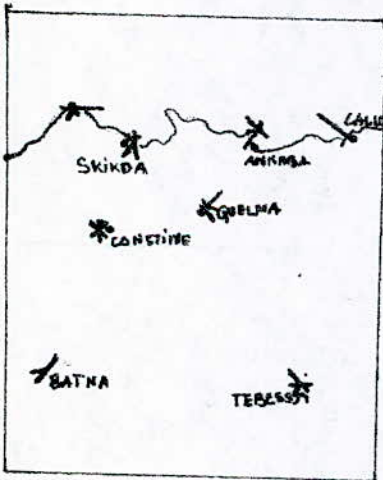
FORCES ET DIRECTIONS DES VENTS



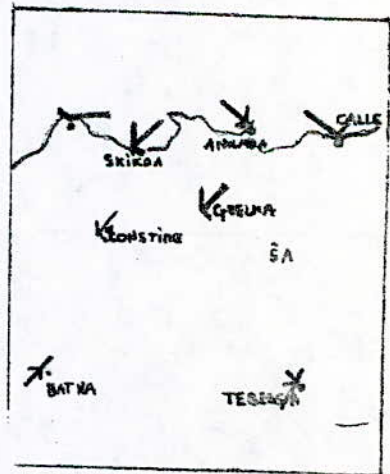
a) Fréquence des vents en janvier à 7^h
(1913 - 1938)



b) Fréquence des vents en janvier
(1913 - 1938)



c) Fréquence des vents en juillet à 7^h
(1913 - 1938)



d) Fréquence des vents en janvier
(1913 - 1938)

- fig 2-18 -

Ce phénomène d'évaporation est important pour l'élimination de l'humidité contenue dans les dépôts polluants des isolateurs H.T .

B) zone des hauts plateaux :

a) Humidité relative de l'air :

L'humidité relative de l'air pour la zone des hauts plateaux de notre région électrique de Annaba a une valeur moyenne de 60%.

Dans la région de Constantine, la valeur moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air est de 67,46% (pour la période 1979-1983). Elle varie suivant les saisons entre 40% et 77% (figure 12). En automne et en hiver, l'humidité relative de l'air varie très peu et a une valeur moyenne, durant cette période de 73%.

Dans la région de Ain El Beida, la valeur moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air est de 52,36% (figure 13).

Elle varie suivant les saisons entre 30% et 70%. En automne et en hiver, durant lesquels l'humidité relative de l'air est la plus accentuée, celle-ci atteint une valeur moyenne, durant cette période de 60,13%.

b) Température :

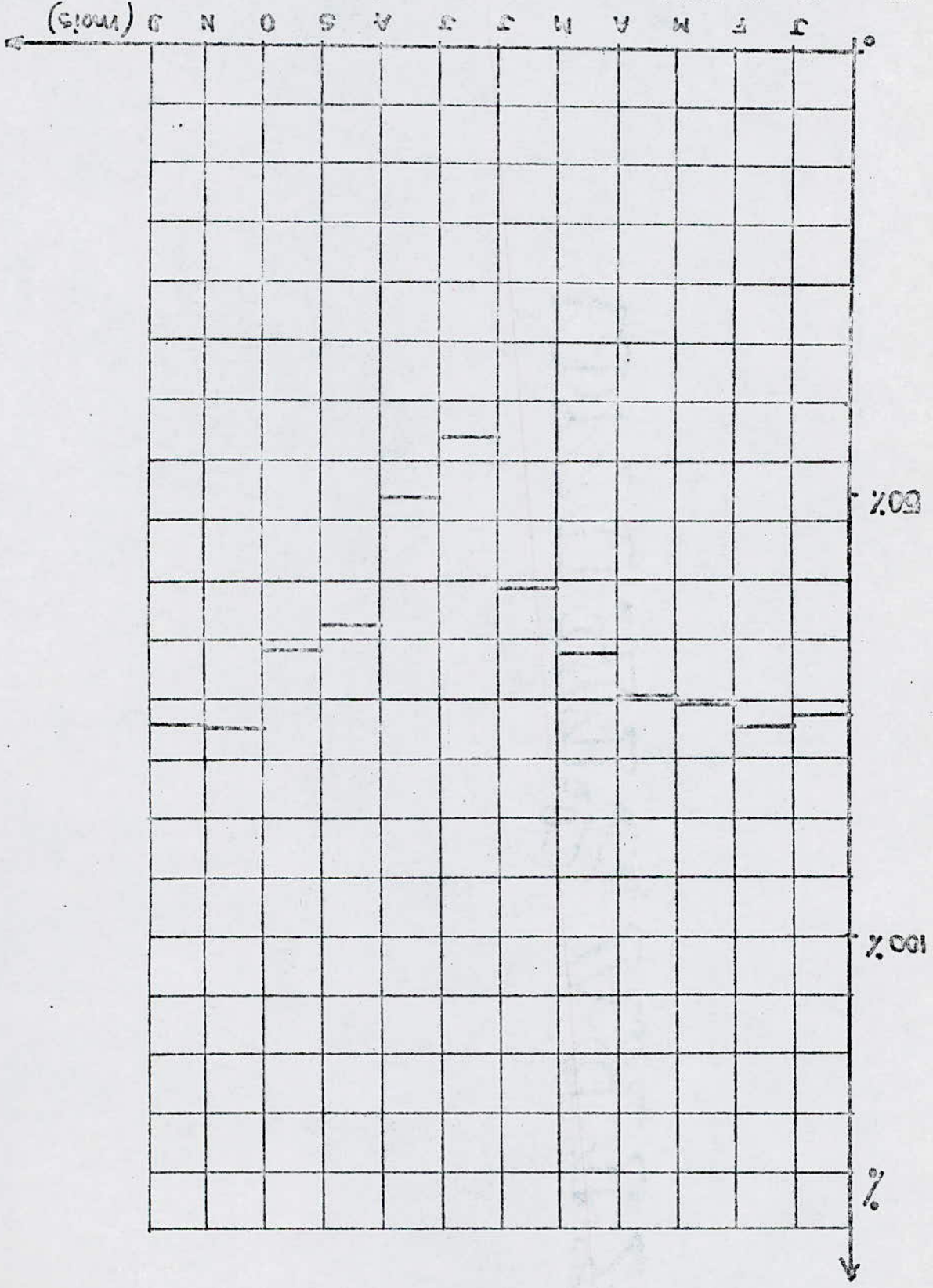
Dans la zone des hauts plateaux, la température moyenne annuelle est de 16,38 °C . Elle varie suivant les saisons entre 2°C et 34°C. La plus basse température (- 5°C) a été enregistrée au mois de Janvier 1981 à Constantine. A Ain El Beida, elle est de 1°C (Janvier 1983). Le Plus grand écart de variation de température est de 16°C (au mois de Juillet) dans la région de constantine (figure 14) et de 15°C à Ain-El Beida, au mois de Juillet aussi (figure 15)

c) Précipitations pluviales :

La moyenne annuelle des précipitations est de 374,5mm pour la région de Ain-El Beida (figure 16) et de 314 mm pour celle de Constantine (figure 17).

On remarque que la zone des hauts plateaux de la région électrique de Annaba qui reçoit moins de 400mm de pluie par an est très peu arrosée. Le climat de cette zone est caractérisé par de faibles précipitations en été (une moyenne mensuelle de 7 mm) et relativement abondantes durant le reste de l'année.

Figure 12 : Humidité moyenne mensuelle années 1979 à 1983 .
 - Station de construction -



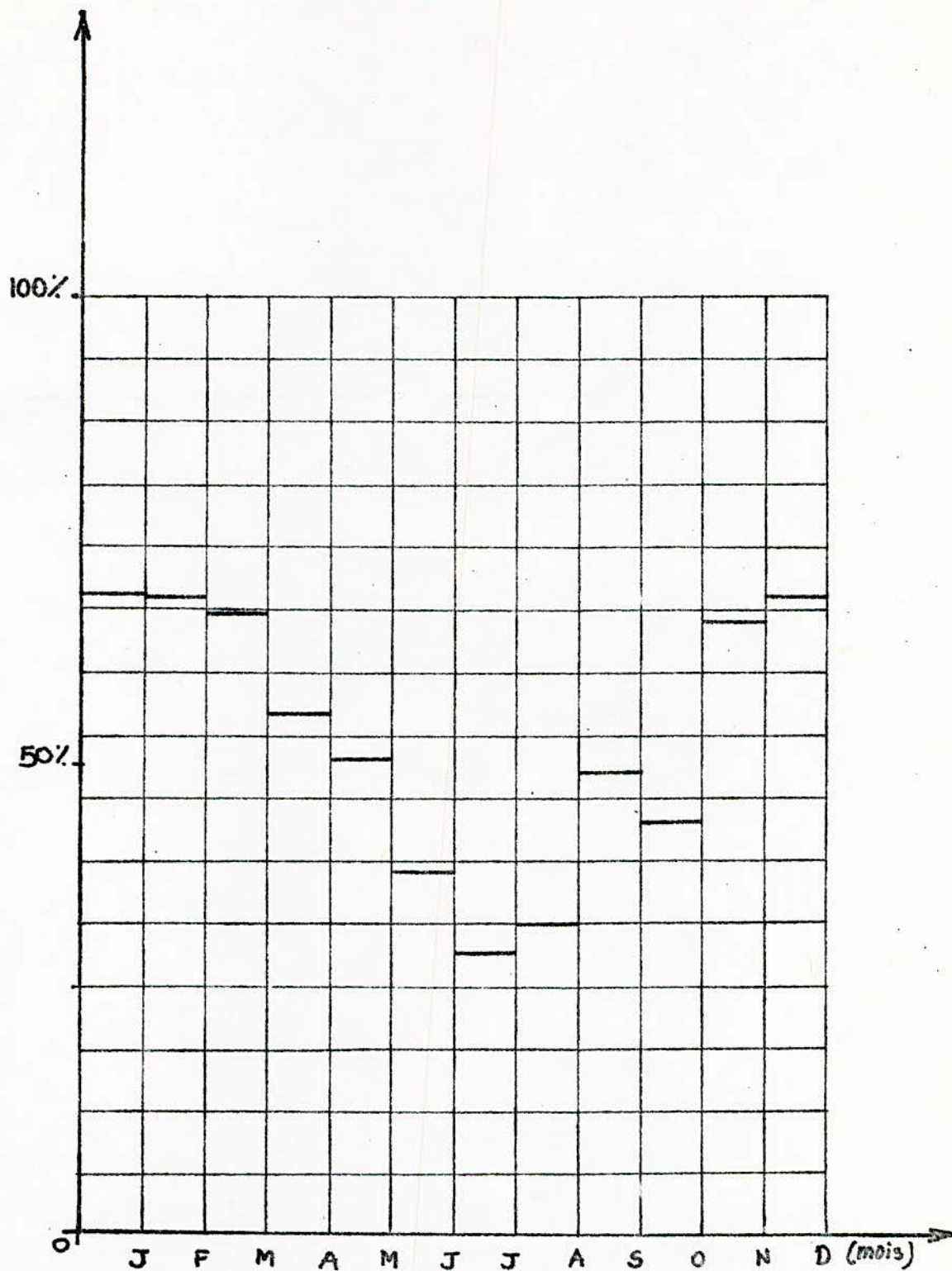


Figure 13: Humidité moyenne mensuelle année 1970 à 1983

Source - Station Ain-Beida -

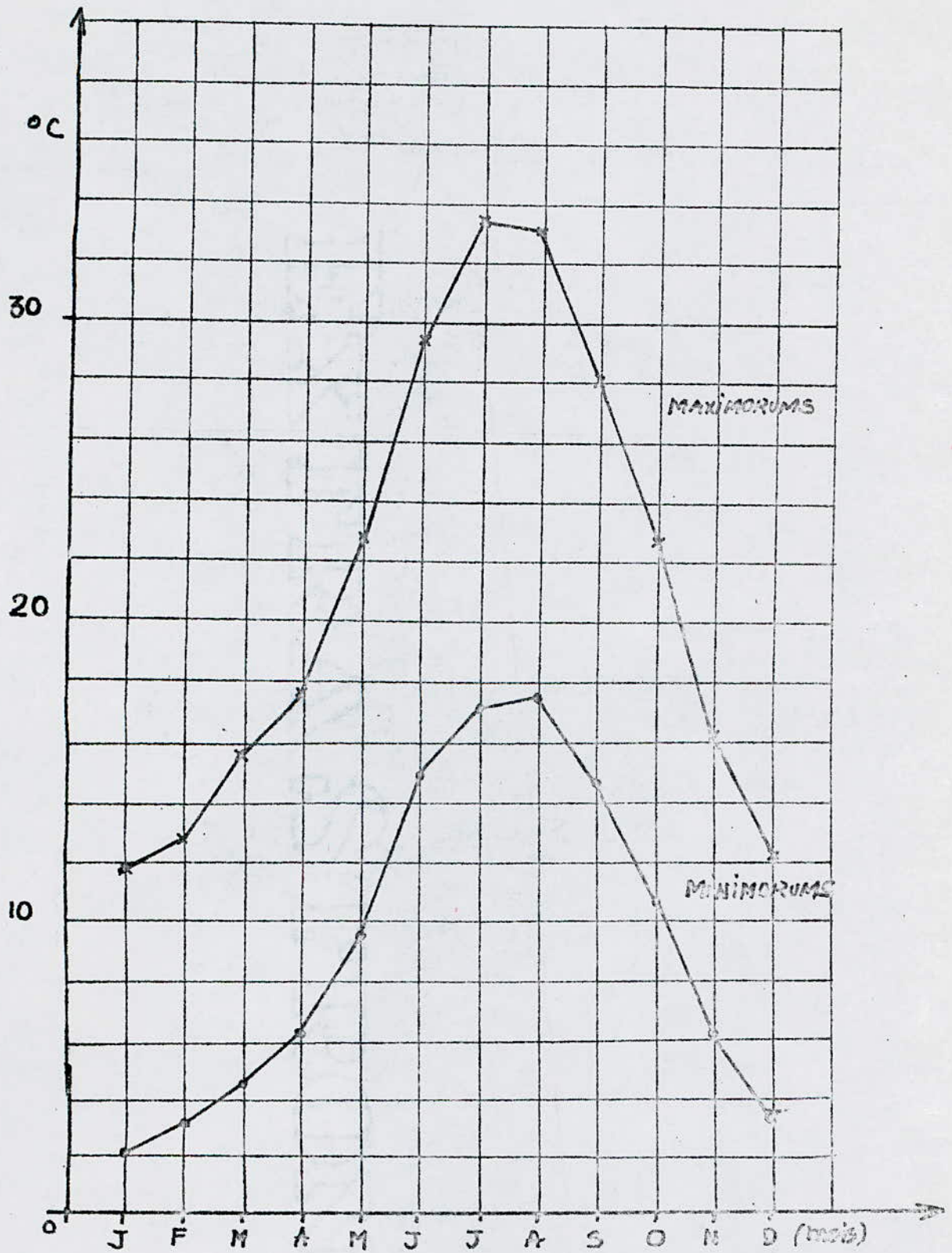


Figure 14: Température extrêmes enregistrées dans la région de CONSTANTINE
année de 1979 à 1983

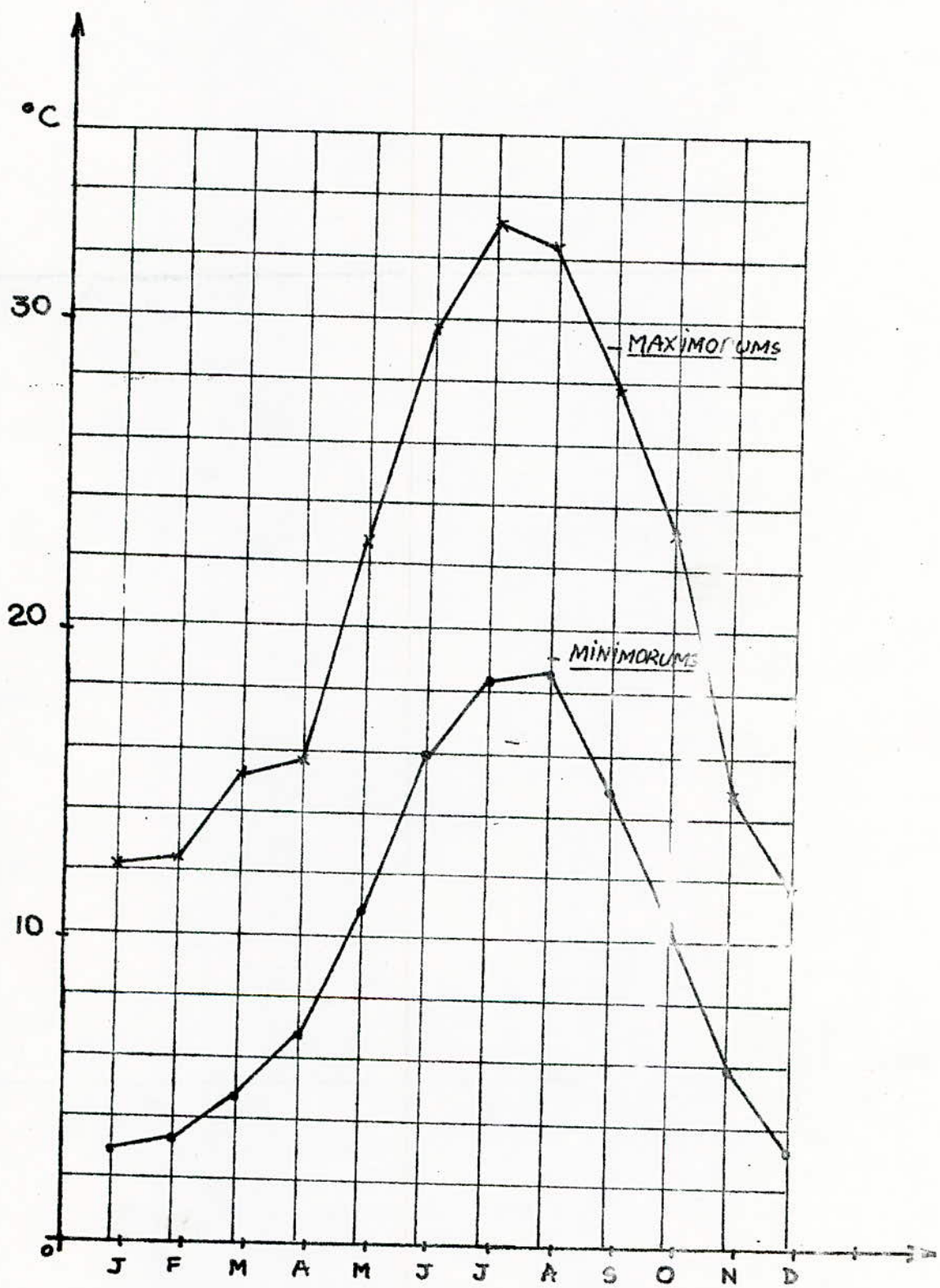


Figure 15: Température extrêmes enregistrées dans la région de AIN-BEIDA

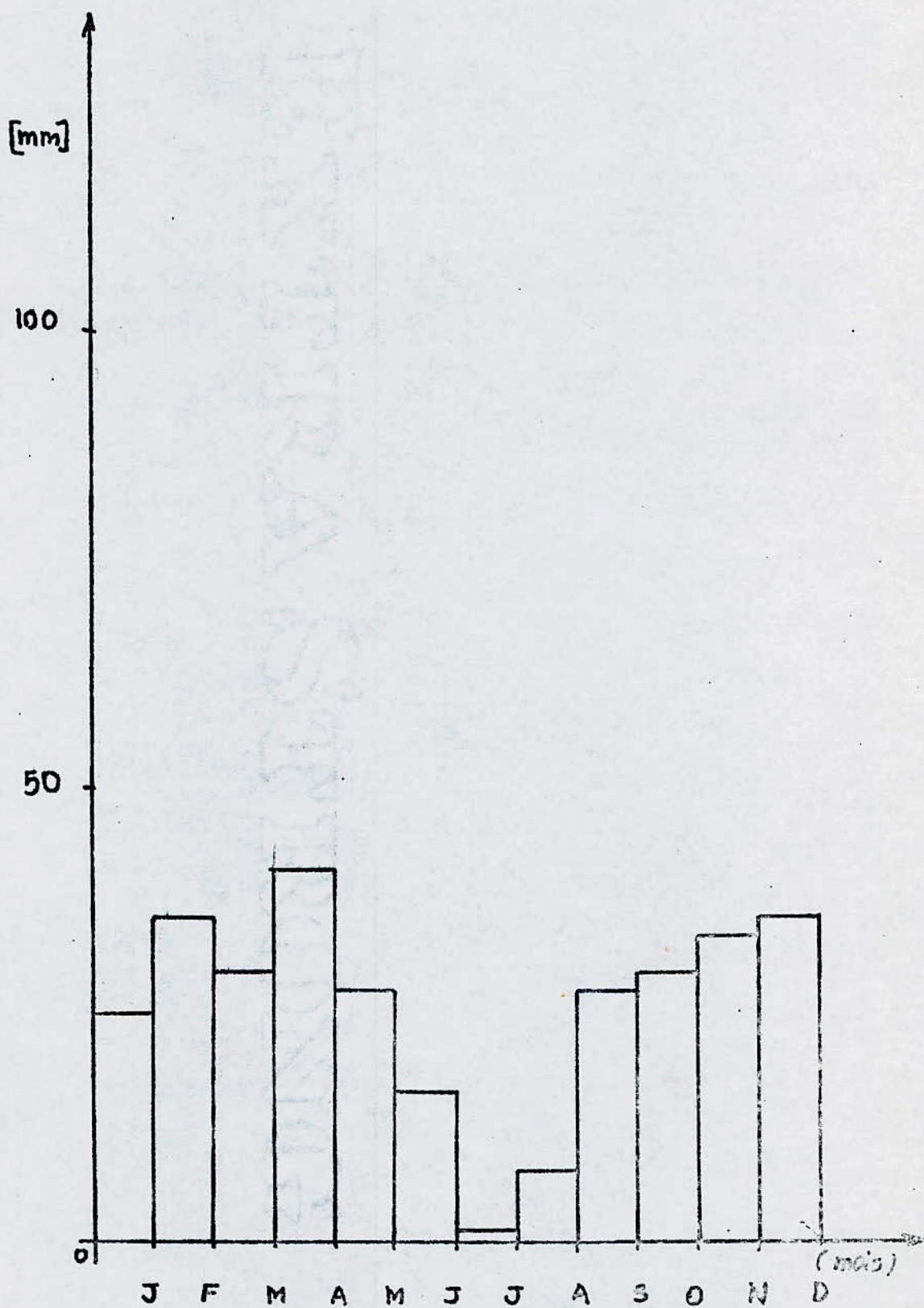
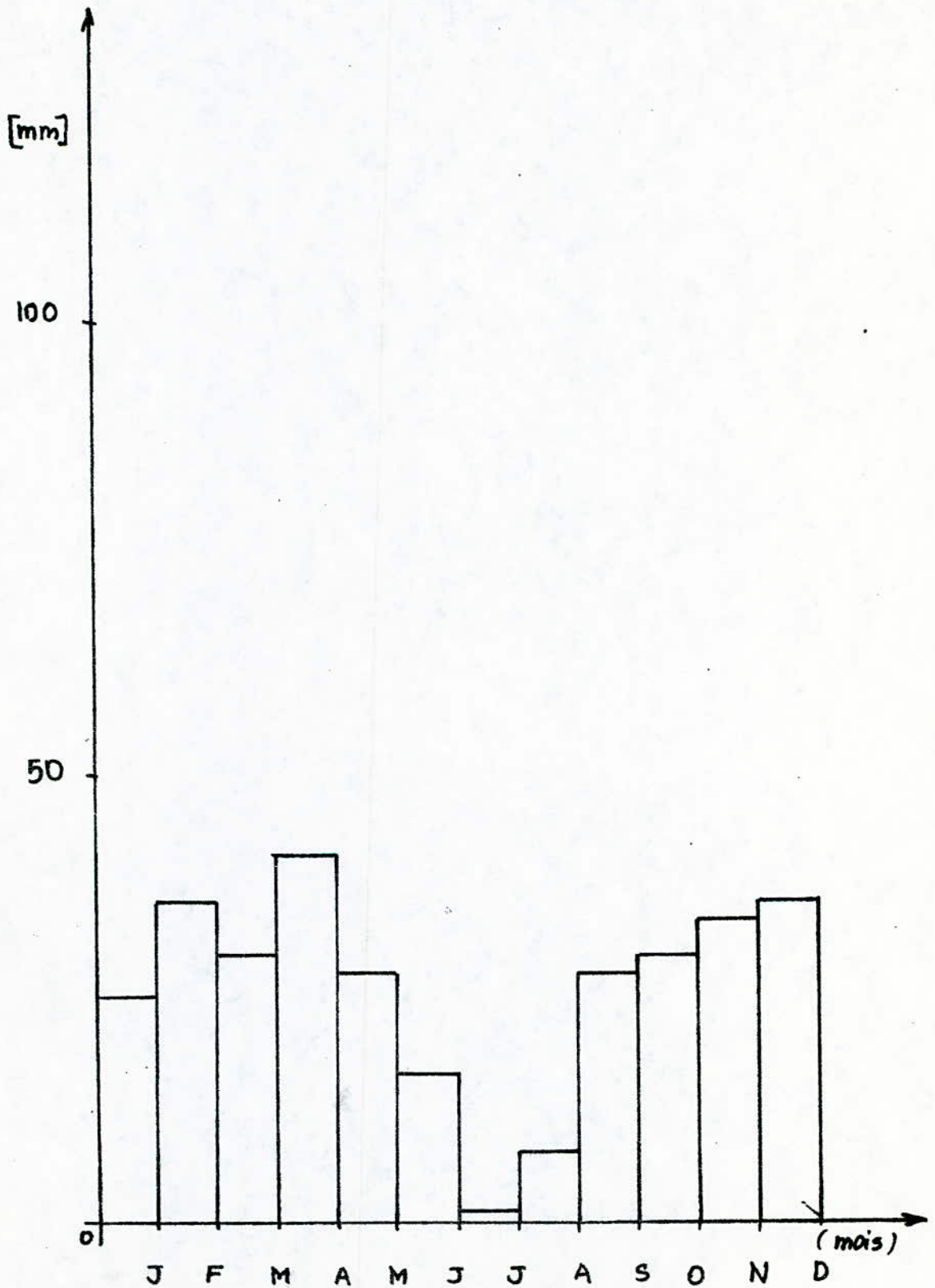


Figure 16: Hauteur moyenne mensuelle des précipitation station AIN-DJILIDJ.
 - année de 1978 à 1983.



Hauteur moyenne mensuelles des Precipitations
 année de (1978-1983) Region AIN BEIDA .

- Fig 2-17

C) Zone semi-désertique

L'absence de renseignements climatologiques concernant cette région, malgré tous les efforts entrepris pour leur acquisition, ne nous permet pas de faire une étude détaillée. Néanmoins, grâce à la direction de production et de transport de la Sonelgaz de Annaba, on a pu recueillir certaines informations sur certaines régions qu'on peut résumer dans ce qui suit:

Le climat de cette région est caractérisé, en général, par des écarts de variation de températures très importants et en hiver par de fortes^{chutes} de pluie et de neige, en été le climat est sec et chaud, C'est une région soumise souvent aux tempêtes de sable et où le brouillard apparaît fréquemment. On sait aussi (7) que la moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air dans la région de Tebessa est de 43%. L'humidité relative de l'air, dans cette même région, a une valeur moyenne de 65% à 7h du matin et de 52% à 18h.

2.1.3 Sources polluantes de notre site:

a) Pollution naturelle:

Les terrains dans la région qu'on étudie sont en général à vocation agricole, ce qui favorise un dépôt de poussières et de sables provenant du sol sur les isolateurs.

b) Pollution industrielle:

La région électrique de Annaba est caractérisée par une forte concentration industrielle. Parmi les différents complexes et usines se trouvant dans cette région, on peut citer: Fig 25.

- Sonatrach (pétrochimie) de Annaba.
- Complexe siderurgique d'El Hadjar (minerai de fer (S.N.S).
- Raffinerie pétrochimique de Skikda.
- Cimentrie de Hdj- Soud
- Les complexes GNL et GPL de Skikda
- Cimentrie de Hamma Bouziane.

c) Pollution marine: La région électrique de Annaba est une région côtière. La pollution marine, dans des conditions climatiques très défavorables (vents forts, mer agitée), peut être rencontrée à une distance considérable de la côte. Donc toutes les lignes et les postes H.T se trouvant à cette distance de la côte, sont soumis à cette pollution. Il n'ya que certains tronçons de lignes H.T protégés par le mont Edough, qui ne sont pas touchés par cette pollution.

2.2 Isolateurs à haute tension utilisés dans cette région

Lorsque la Sonelgaz avait fait passer son réseau de 150 KV à 220 kV dans la région électrique de Annaba, le nombre d'incidents et d'amorçages de chaines d'isolateurs avaient fortement augmenté. Ceci est dû au fait qu'elle n'a pas pris en considération les dimensions favorables de l'isolement. Le degré de pollution est aussi méconnu, ce qui a amené les responsables à adopter des chaines d'isolateurs au hasard.

Ce n'est qu'en ces dernières années que la Sonelgaz s'est penchée sur le problème de la pollution en adaptant des isolateurs dits anti-pollution. Ces isolateurs sont, soit en porcelaine, soit en verre trempé (figure 23 et 24).

2.2.1 Types d'isolateurs:

Pour l'isolement des lignes aériennes à haute tension la Sonelgaz utilise plusieurs types d'isolateurs.

Dans la région électrique de Annaba, les isolateurs du type capot et tige les plus utilisés sont:

- en verre: U80, 1512L, U120, F120P, F12R et F12D
- en porcelaine: NGK, CTV 254.

Le nombre d'isolateurs utilisés par chaine varie de 14 à 16 éléments pour les lignes 220 kV, 8 à 9 éléments pour les lignes de 90 kV et de 6 à 7 éléments pour les lignes de 60 kV.

2.2.2 Caractéristiques géométriques, mécaniques et électriques:

Parmi ces caractéristiques, on peut citer principalement la charge pour différents types d'isolateurs, la forme, les dimensions, la charge de rupture par contrainte électromécanique, le poids net approximatif, la tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie. (voir figures 20 à 24).

2.3 Propriétés chimiques de l'agent polluant:

Ces analyses ont été effectuées par les laboratoires de la société nationale des recherches et exploitations minières (SONAREM-Boumerdes). Elles nous ont permis d'identifier les six échantillons recueillis dans différents endroits de notre région électrique.

a) Analyse spectrale:

Cette analyse a révélé la présence de plusieurs éléments conducteurs dont les preponderants sont : Mn, Ti, Pb, Ba, P (voir tableau)

Type D'échantillon	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo			Nb	Cu
EA1 10 ⁻²	100	0.5	0.3	80	2	1	0.04	<0.1	10	-	0.8
EA2 10 ⁻²	3	0.15	0.06	15	1.5	0.3	0.04	<	3	-	2
EA3 10 ⁻²	100	0.3	0.2	50	1	0.3	<	<	6	-	6
EA4 10 ⁻²	30	0.8	0.3	100	2.5	0.8		<	10	0.3	0.6
EA5 10 ⁻²	6	0.2	0.06	20	0.8	0.4	<	<	5	<0.3	0.6
EA6 10 ⁻²	5	0.1	0.06	10	0.4	0.1	<	<	4	-	1.5
Type D'échantillon	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Cd		Ge	Ga	In
EA1 10 ⁻²	6	0.01	<0.3	<0.04		10	<0.1	0.4	<0.04	0.3	
EA2 10 ⁻²	3	<0.01	<	0.04		100	<	0.25	<	0.1	
EA3 10 ⁻²	3	0.01	<	<	-	6	<	0.15	<	0.15	-
EA4 10 ⁻²	3	0.15	<	0.05	-	15	<	0.15	<	0.5	-
EA5 10 ⁻²	3	0.02	<	<	-	10	0.1	0.15	<	0.1	-
EA6 10 ⁻²	3	0.003	<	0.04	-	80	<	0.4	<	0.2	-
Type D'échantillon	Be	Y	Yb	Li	La	Sr	Ba	T	P	U	Th
EA1 10 ⁻²	0.1	0.3	0.1	2	1	3	1	-	10	-	-
EA2 10 ⁻²	0.05	0.3	0.01	1	<1	1	40	-	<10	-	-
EA3 10 ⁻²	0.06	0.3	0.03	0.8	<	1	80	-	10	-	-
EA4 10 ⁻²	0.2	1	0.15	1.5	1	2	40	-	30	-	-
EA5 10 ⁻²	<	0.3	<	1	1	<1	10	-	10	-	-
EA6 10 ⁻²	0.05	<	<	0.5	<	<	4	0.1	10	-	-

Tableau: Analyse spectrale

TYPE FI20P

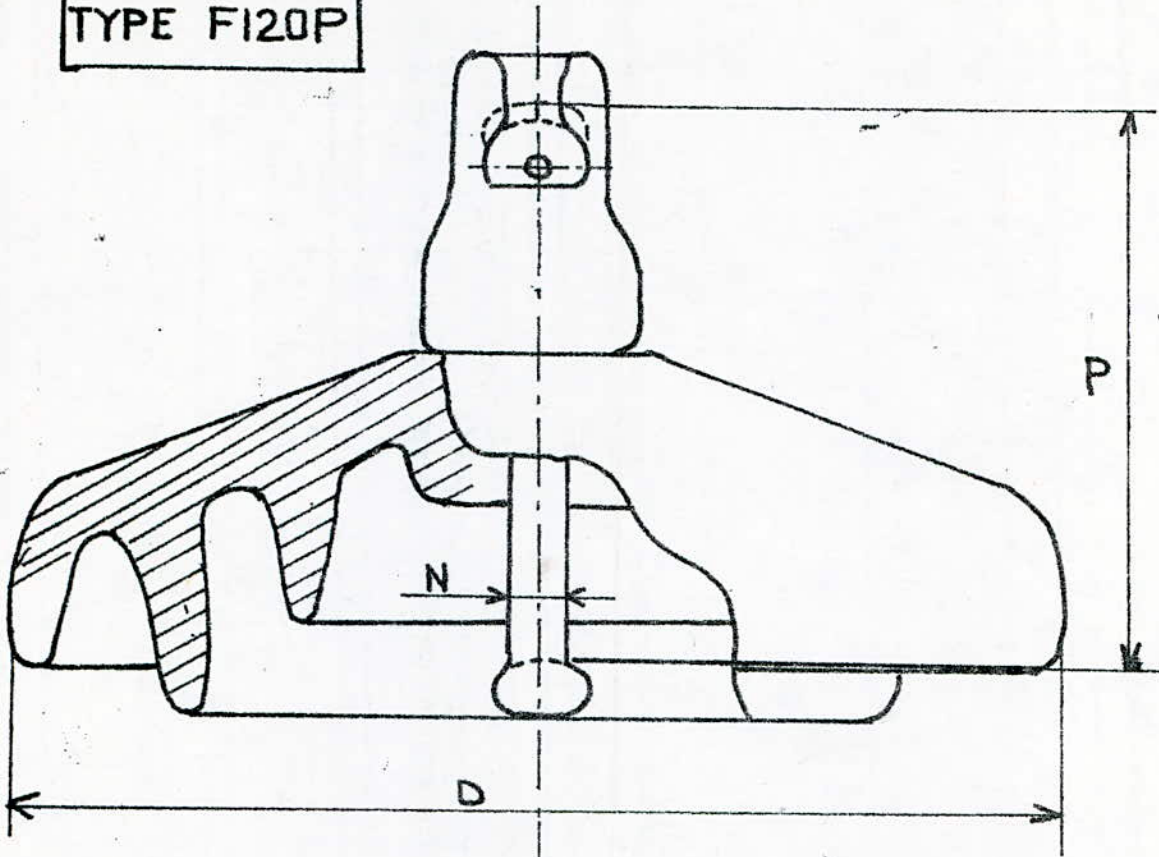


Figure : 20

caracteristiques

Designation	D	P	N	Longueur de ligne de fuite	Charge de rupture par contrainte electromecanique (KN)	Poids net approximatif (kg)
FI20P	280	146	16	445	120	6

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES D'UN ISOLATEUR

Designation	Tension tenue (kv)	
	A fréquence industrielle sous pluie	Au choc de foudre (onde 1/50)
FI20P	50	125

TYPE NGK

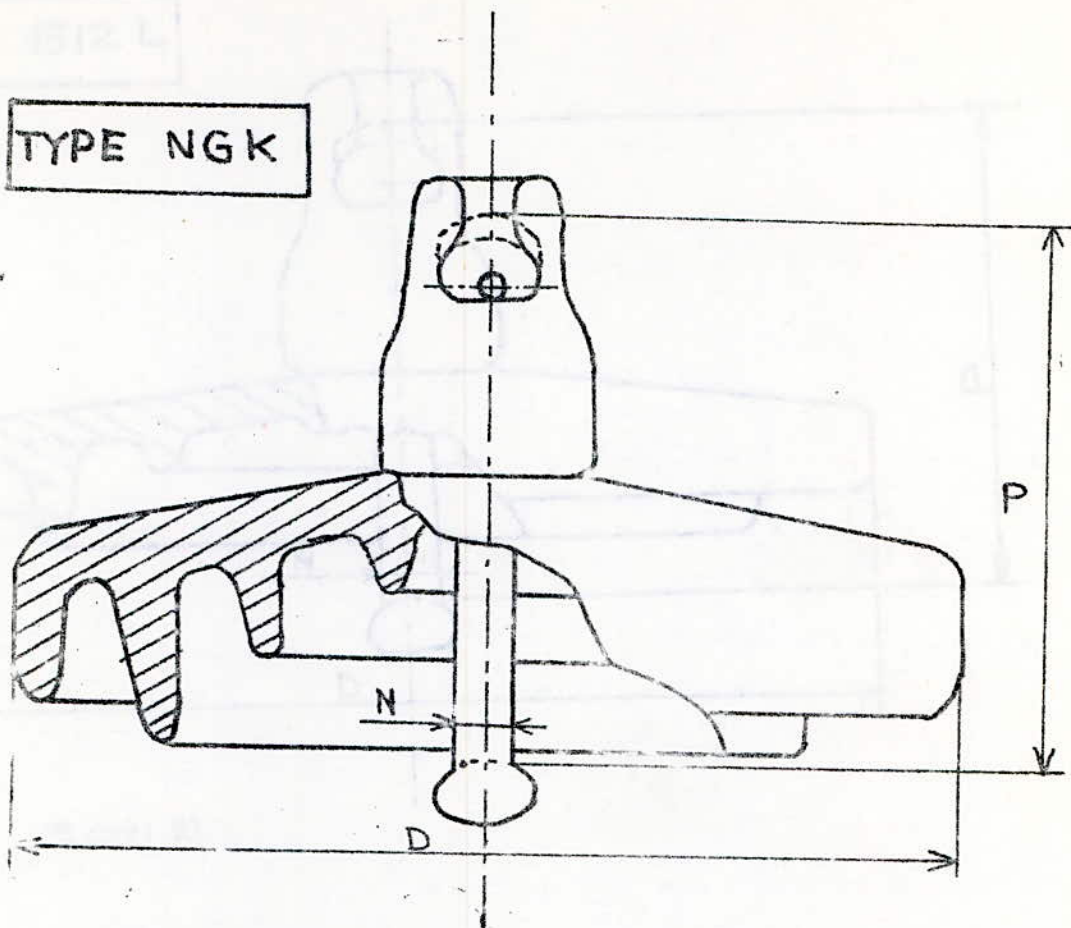


Figure 22:

Caractéristiques

Designation	D [mm]	P	N	Longueur de ligne de fuite	Charge de rupture par contrainte électromécanique (kN)	Poids net approximatif (kg)
NGK	254	146	16	432		

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES D'UN ISOLATEUR

Designation	Tension tenue (kV)	
	A fréquence industrielle sous pluie	Au choc de foudre (onde 1,2/50)
NGK		125

ISOLATEUR SUSPENDU TYPE LI80

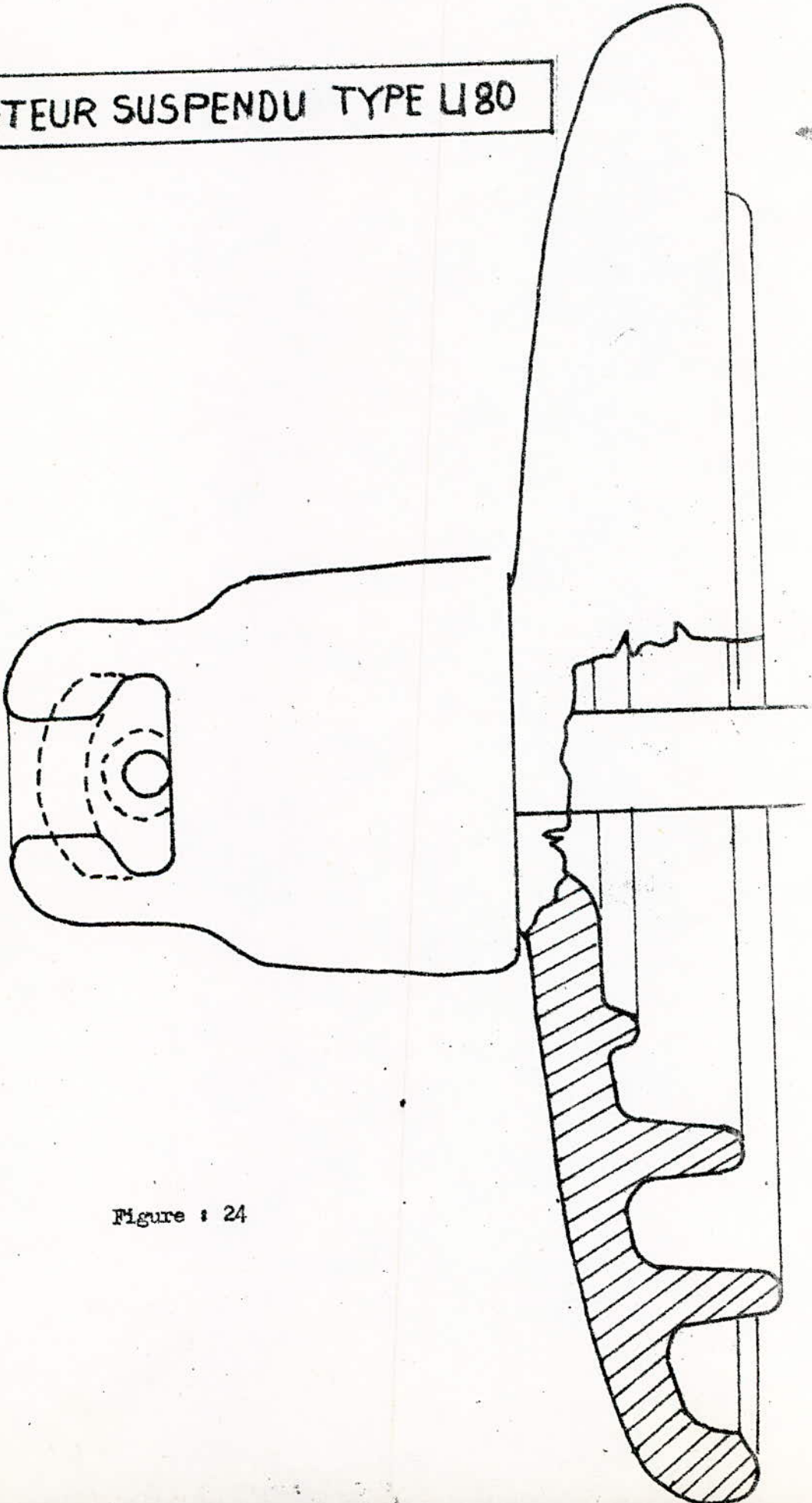
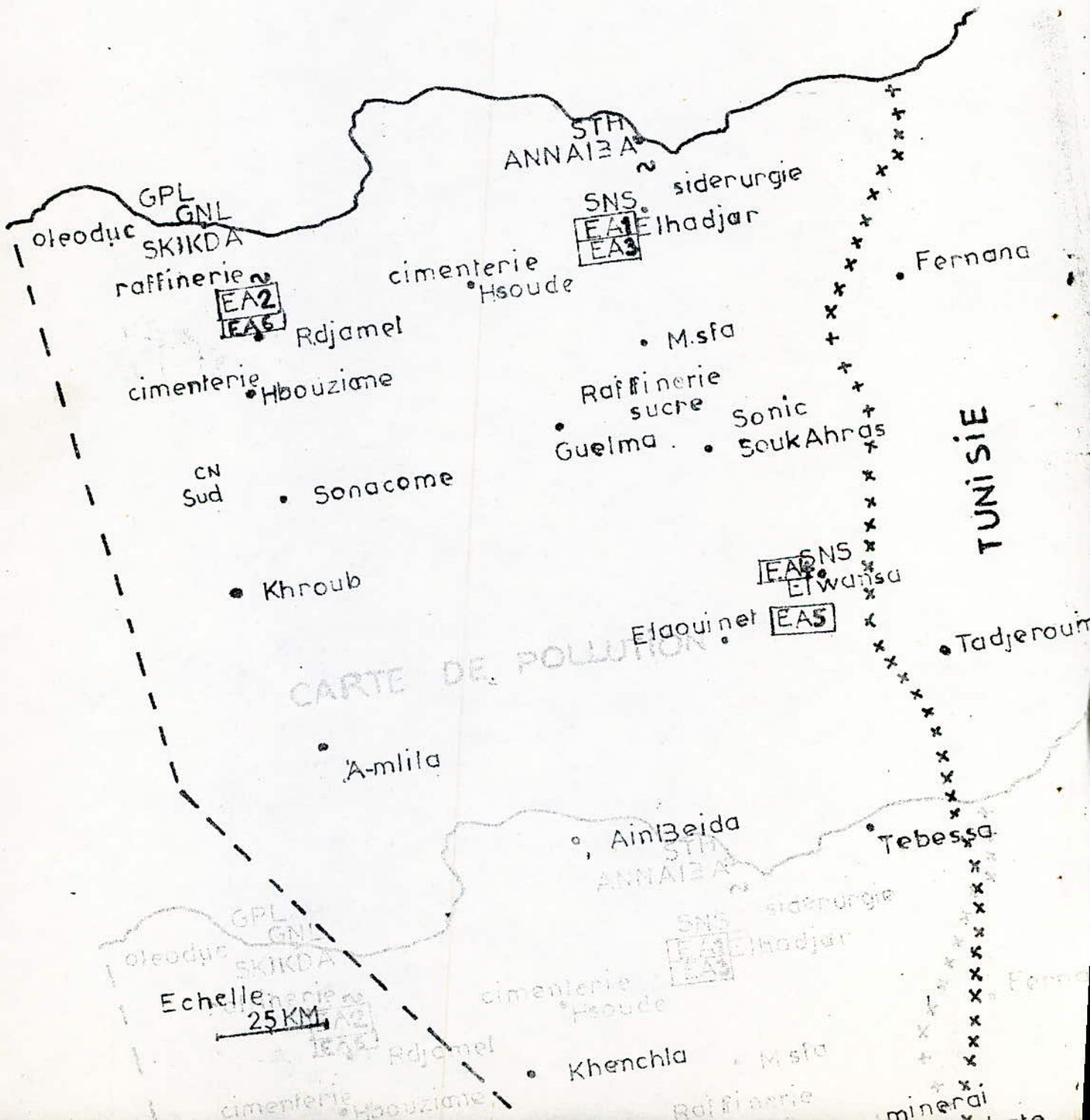


Figure : 24

CARTE DE POLLUTION



2.3.1 a) Epaisseur et granulométrie de la couche polluante:

Ces dimensions dépendent de plusieurs paramètres tels que: la position de l'isolateur, le type de la pollution la force des vents, la forme de l'isolateur et la fréquence de nettoyage.

b) Granulométrie: Nous avons effectué cette analyse granulométrique au laboratoire de pédologie de l'I.N.A (Institut National d'Agronomie.).

Les éléments minéraux sont supposés de forme sphérique et l'association internationale de la science du sol (AISS) les a classés, en 1926, de la façon suivante:

- Sable gros: de 2 à 0,2mm (2000 à 200)
- Sable fin: de 0,2 à 0,02 mm (200 à 20)
- Limon: de 0,02 à 0,002mm (20 à 2)
- Argile: Eléments inférieurs à 2

Les résultats de l'analyse granulométrique sont exprimés sous forme chiffrée pour toutes les fractions déterminées en % du poids par rapport à l'échantillon sec. La prise d'essai étant de 10 grammes, on a e % de la terre séchée à l'air:

Type d'échant	Argile %	A+L %	Sable gros %	Sable fin %
XY 1	0.58	10.1	48.78	22.86
XY 2	0.2	12.1	23.46	45.54
XY 3	0.44	19.1	34.38	26.66

XY 1: échantillon de poussière prélevé du pylone N° 204 de la ligne Hdjar Soud- Ramdhane Djamel.

XY 2 : échantillon de poussière prélevé du pylone d'arrêt se trouvant à l'intérieur de la cimentrie de Hdjar Soud.

XY 3 : échantillon de poussière appartenant à la ligne Hdjar-Soud- Ramdhane Djamel.

2.4 Statistiques de contournement des incidents H.T pollués.

Le bureau d'exploitation de la région électrique de Annaba (Sonelgaz, direction de production et de transport) nous a permis de relever toutes les statistiques disponibles sur les incidents des lignes H.T de cette région. Notons que ce bureau d'exploitation n'a commencé ces travaux qu'à la fin de l'année 1980.

On a remarqué aussi, depuis la création de ce bureau d'exploitation, une nette amélioration dans la méthode d'enregistrement des incidents et ceci à travers les rapports mensuels des incidents.

Dans notre cas, on s'intéressera particulièrement aux statistiques des incidents des lignes 220 kV.

En se référant toujours à ces statistiques, on remarque que plus de 80% (81,66% exactement) des incidents sont survenus la nuit ou aux premières heures de la matinée. (Figure: 18)

Les statistiques d'incidents survenus pendant une durée de trois ans (1981-1983) dans toute la région électrique de Annaba sont données par le tableau ci-dessous:

Année	Lignes 220 KV	Lignes 90 KV	Lignes 60 KV	Nombre Total d'Incidents.
1981	125	78	62	265
1982	146	68	60	274
1983	131	75	28	234

Afin de mieux situer l'influence des facteurs climatiques sur l'apparition des incidents, nous allons considérer les répartitions mensuelle et horaires de ces derniers.

Répartition mensuelle: Dans le tableau ci-dessous sont représentées les répartitions mensuelles sur les quatres plus importantes lignes 220 kV de la région de Annaba pour une période de 3 ans (1981- 1983)

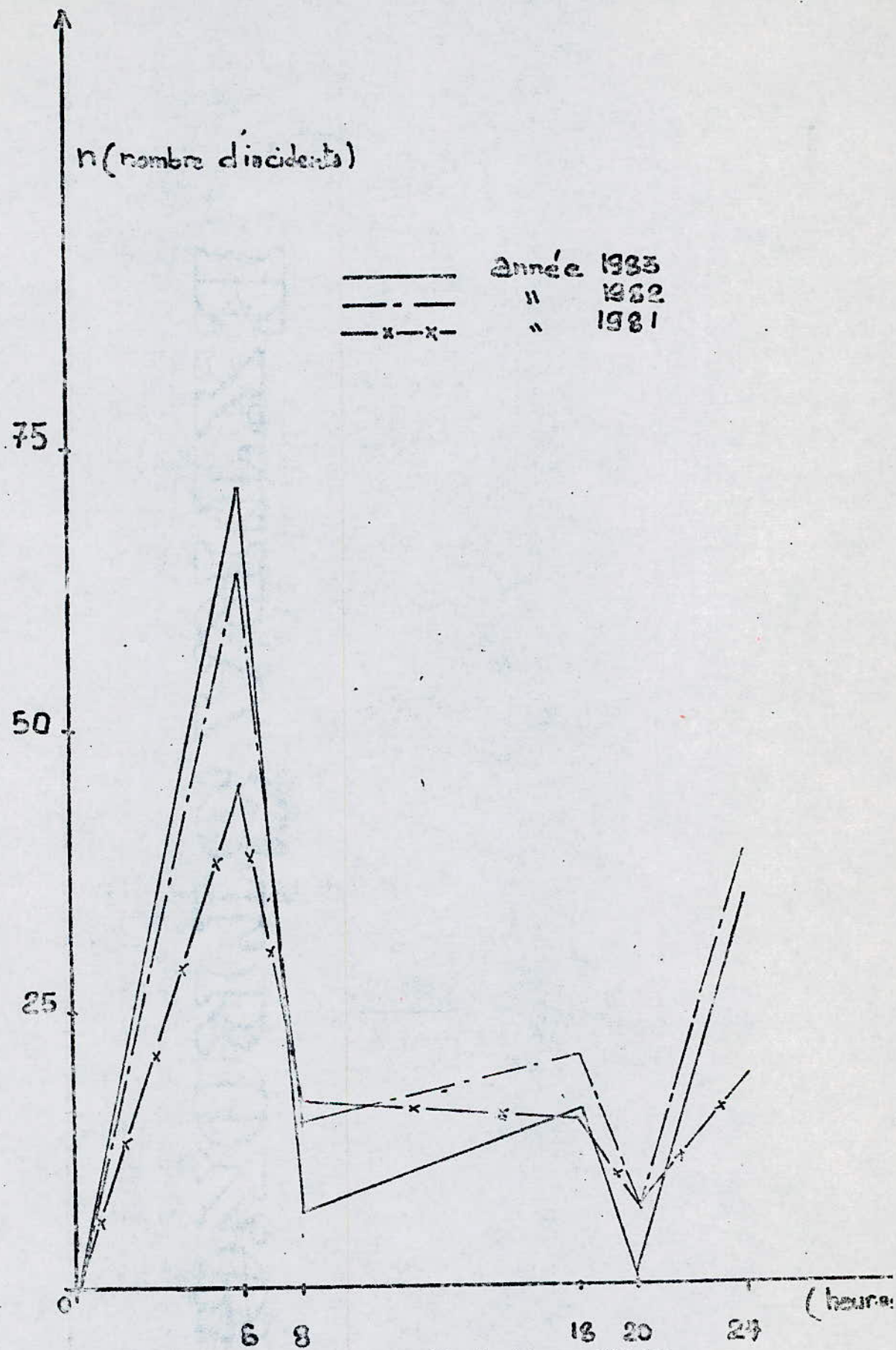


Figure 18: Répartition horaire des incidents lignes 220 kv

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
KHB-EAO	4	8	23	12	23	14	38	31	14	11	7	4	189
SKP-EHD	5	8	2	4	8	2	14	26	10	5	8	6	98
KHB-EHD	3	4	2	1	3	3	16	6	4	1	0	8	51
KHB-SKP	2	5	1	0	1	16	2	15	3	4	2	1	52
Total mensuel	14	25	28	17	35	35	70	78	31	21	17	19	390

KHB: Khroub

EAO: El-Ouinet

SKP: Skikda poste

EHD: El-Hadjar

On remarque que 38% (37,95%) des incidents surviennent aux mois de Juillet et Aout uniquement, ceci est dû au fait que durant cette période, les pluies n'étaient pas abondantes pour laver les isolateurs, et ainsi, un dépôt de pollution assez important s'y est donc accumulé. De plus, l'humidité relative peut atteindre, durant ces deux mois, une valeur de 90%, d'où un plus grand risque de contournement des isolateurs.

Répartition horaire: comme l'indique le tableau ci-dessous les incidents apparaissent en majorité la nuit, soit au levé ou au couché du soleil.

période de la journée	00h-6h	6h-8h	8h-18h	18h-20h	20h-00h
nombre d'incident	181	39	52	15	93

Ceci est certainement dû à la présence de rosee due aux fortes variations de temperature entre le jour et la nuit. A la suite du refroidissement qui se produit pendant la nuit, l'humidite relative de l'air augmente considerablement pendant les premieres heures de la matinee.

Caracteristiques des plus importantes lignes 220 kV de la region electrique de Annaba:

Ces caracteristiques sont donnees par le tableau ci-dessous:

Lignes (220 k V)	type d'Iso utilises	longueur de la ligne (km)	Nbre total des incidents
SKP-EHD	NGK	86,8	98
KHB-EHD	U 80	125,94	51
KHB-SKP	1512LetUI20P	74,9	52
KHB-EAO	U80 et UI 20 P	119,391	189

a) ligne SKP-EHD

Cette ligne, qui est une ligne cotiere, est soumise a la fois a la pollution marine et industrielle. Cette derniere est due a un certain nombre d'usines et de complexes se trouvant a ses environs.

Parmi ces usines et complexes on trouve:

- La cimentrie de Hdjar-Soud
- La raffinerie de Skikda
- Les complexes GNL et GPL de Skikda
- Le complexe siderurgique d'El-Hadjar

b) ligne KHB- EHD:

Les incidents qui ont ete enregistres sur cette ligne ont eu lieu pratiquement tous, sur une longueur de 70 km de cette ligne a partir d'El-Hadjar. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette partie de la ligne KHB-EHD est soumise a la pollution mixte (pollution marine plus une forte concentration industrielle).

c) ligne Khroub- Skikda poste:

Cette ligne est soumise à la pollution mixte. La pollution industrielle est due surtout à la présence de la raffinerie et des complexes GPL et GNL de Skikda ainsi qu'à la cimenterie de Hamma- Bouziane.

d) ligne Khroub- ELAouinet:

C'est la ligne qui cause le plus d'incidents dans la région électrique de Annaba. La majorité de ces incidents a lieu aux mois de Juillet et Août. Ceci serait dû principalement au mauvais dimensionnement de la ligne et au fait que durant ces deux mois, un dépôt de pollution important s'accumule sur les isolateurs.

En effet, la ligne 220 kV actuelle n'est autre que l'ancienne ligne 150 kV à laquelle aucun changement de structure n'a été effectué, à part l'allongement des chaînes d'isolateurs.

En plus, durant cette période, les pluies sont rares et les écarts de températures entre la nuit et le jour sont importants.

CHAPITRE III

Méthodes d'essais

Généralités:

Plusieurs méthodes d'essais d'isolateurs pollués sont utilisées. Nous pouvons les classer en deux grandes catégories: les essais sur site (in situ) sous pollution naturelle et les essais au laboratoire sous pollution artificielle.

Dans notre étude, la méthode utilisée consiste à faire des essais au laboratoire avec des isolateurs pollués dans les conditions naturelles.

3.1 Essais sous pollution naturelle (in situ):

3.1.1 Les essais sous pollution naturelle se basant sur le courant de fuite

Il ya une bonne relation entre la tension de contournement d'un isolateur pollué et le courant de fuite. La valeur maximale du courant de fuite mesuré sous la tension de service ne dépend pas uniquement de la severite de pollution des isolateurs mais aussi de la forme de l'isolateur (9) le courant de fuite peut être divisé en trois niveaux (8) la zone normale la zone d'avertissement et la zone de risque. Le point spécifique est I_{max} ce qui correspond au courant de fuite de la demi-période précédant immédiatement le contournement. L'Etat du courant de fuite dans la zone d'avertissement est non stationnaire, il apparait souvent sous la forme de groupes d'impulsions correspondant à la formation et à l'extinction d'arcs partiels. La valeur de ces impulsions de courant dans cette zone est généralement de quelques dizaines à une centaine de μA ou plus.

L'Intensité du courant critique pour des lignes de transport d'énergie ayant une ligne de fuite normale peut être fixée à 40 mA.

En conclusion nous dirons que le courant de fuite permet non seulement de contrôler les risques courus par les isolateurs mais également d'aider à choisir les types d'isolateurs destinés à servir des sites pollués.

3.1.2 Les essais sous pollution naturelle se basant sur la conductivité superficielle:

D'après la recommandation de la C E I. 60-1
La résistivité superficielle d'une surface isolante peut être déterminée par la mesure de la résistance de fuite entre deux électrodes de métal de l'objet en essai. La conductivité superficielle est prise égale à l'inverse de la résistance de fuite multiplié par un facteur dépendant de la forme des électrodes et de leur distance de séparation.

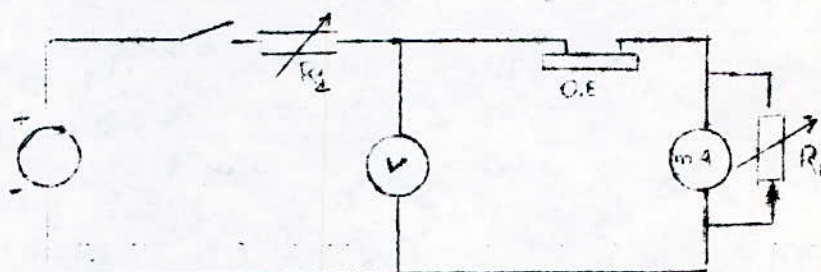


Figure 27 : Schéma de circuit de mesure de la conductivité superficielle de l'isolateur pollué

La mesure de la conductivité superficielle se fait à l'aide d'une sonde (figure 2) selon le schéma de circuit de mesure présenté à la figure 27 conformément à la norme polonaise PN.71 E/04405. La tension appliquée doit être de l'ordre de 20kV/m de ligne de fuite (13)

3.2 Essais sous pollution artificielle au laboratoire:

3.2.1 Méthode de la couche solide:

Cette méthode consiste à l'application d'une couche solide à la surface de l'isolateur. Cette couche compose d'un matériau solide contenant des ingrédients ionisants et devient conductrice par humidification. Le Kieselguhr (terre à diatomées) a été choisi comme matériau solide, avec du sel comme ingrédient ionisant et du brouillard produit par un générateur de Vapeur comme moyen d'humidification. Cette technique "Kieselguhr- brouillard de vapeur" est en accord avec les spécification de la C E I et du V D E (11)

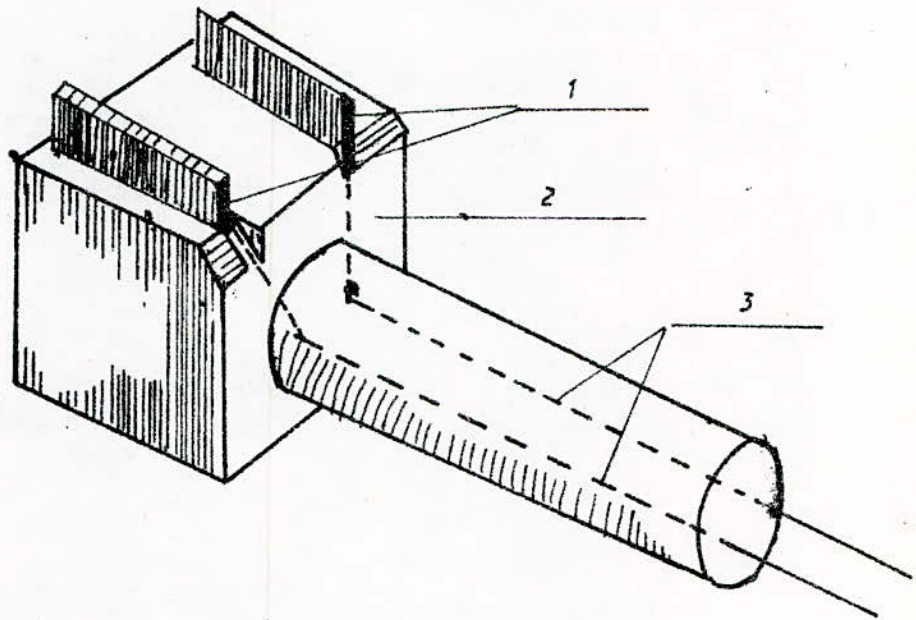


Figure 25

Sonde de mesure de la conductivité superficielle

1 - électrodes en laiton

2 - cube en pléxiglass

3 - conducteurs

Dans certains cas la couche solide est composée d'une peinture semi-conductrice (6)

3.2.2 Méthode du brouillard salin:

Pour cet essai, l'isolateur soumis à la tension est placé dans un brouillard salin dont le taux de salinité définit la sévérité de l'essai. La tenue de l'isolateur pollué artificiellement permet de prévoir son comportement dans les conditions de pollution naturelle spécifique à un site donné. La solution saline est obtenue à partir du chlorure de sodium (Na cl) et d'eau de robinet.

Les valeurs de la conductivité électrique de la solution pour des valeurs spécifiées de la salinité sont données par la CE I 60 (1975) et présentées dans la référence (3).

La salinité de la solution peut être caractérisée soit par le poids du sel contenu dans le litre d'eau en g/l, soit encore par la mesure de la résistivité, ou par la mesure de la densité de la solution saline.

La première méthode est la plus précise, si l'on utilise la méthode de la résistivité, il ya lieu de préciser la température de la solution. La résistivité de la solution à 20° C est donnée par la formule:

$$\rho = \frac{10000}{\delta} \quad \text{avec } \rho: (\text{.m})$$
$$\delta: (\text{S/cm})$$

Si la température de la solution est différente de 20 °C, les valeurs de la conductivité peuvent être corrigées à l'aide de la relation suivante: $\delta_{20} = \delta_t (1 - b(t-20))$

où t: température de la solution (°c)

t: Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) à la température.

b: coefficient dont la valeur dépend de la température.

t(°c)	0	10	20	30
b	0,03675	0,02817	0,02217	0,01905

Remarque: Pour d'autres valeurs de t, la constante "b" peut être obtenue par interpolation.

3.3 Méthode utilisée dans notre étude:

Le but de cette méthode, est d'avoir des résultats permettant une analyse rapide concernant les performances de divers types d'isolateurs H.T, dans des sites connus. Pour cela, et à l'aide d'un certain nombre de renseignements (statistiques de contournement des isolateurs, conditions climatiques, sources de pollution de notre région électrique), nous avons choisi parmi les chaînes d'isolateurs de lignes celles qui sont les plus exposées à la pollution. Après cela, nous avons soumis séparément des éléments d'une même chaîne à des essais de contournement à 50 Hz. Nous mesurons la tension de contournement de l'isolateur pollué à surface humidifiée avec de l'eau distillée. L'humidification est faite à l'aide d'un pulvérisateur simple à une distance de 50 cm environ autour de l'isolateur en essai, pour éviter la chute de grosses gouttelettes sur celui-ci et sans que le ruissellement ne se produise.

Nous comparons ensuite ces résultats d'essais à ceux obtenus dans les mêmes conditions avec un isolateur à état de surface propre et humide.

De ces essais, nous pouvons approximativement tirer une première conclusion concernant le choix du type d'isolateur pour un site donné.

En effet parmi plusieurs types d'isolateurs, nous recommandons celui qui engendre la plus faible diminution de la tension de contournement de l'isolateur à surface propre et humidifiée. Des mesures de conductivité des dépôts polluants ont aussi été effectuées afin de distinguer parmi les différents types d'isolateurs, celui qui accumule le moins de pollution. Cette distinction concerne aussi les éléments d'une même chaîne, les mesures étant effectuées sur chaque élément pris séparément. Cette dernière observation permet de constater l'influence de la distribution du champ électrique sur l'accumulation des dépôts le long d'une chaîne d'isolateurs donnée (12)

C H A P I T R E 4

Essais au laboratoire de l'E.N.P

Généralités:

Les essais électriques en H.T, sous pollution, artificielle, acquièrent à travers le monde une signification croissante pour le dimensionnement de l'isolation des installations extérieures. L'essais de pollution doit satisfaire aux exigences de reproductibilité et de validité de résultats.

Contrairement aux laboratoires modernes de H.T, celui de l'E.N.P.A est dépourvu de dispositifs permettant la reproduction des conditions de pollution artificielle (brouillard, pluie artificielle, poussières...).

Il ne nous permet que d'effectuer des essais sur des isolateurs ayant été déjà mis en exploitation dans des conditions de pollution.

4.1 Equipement de la station d'essais à fréquence industrielle:

L'équipement de la station d'essais à fréquence industrielle du laboratoire de l'E.N.P est de marque HAEFELY Cette station d'essais comprend les organes suivants:

- Un transformateur d'essais: 500/300 000 v, 50 kVA,

- Un transformateur de réglage: 220/(oà 500)v, 50 kVA

- Un diviseur capacitif de tension $C1=400$ pF

- Un pupitre de commande.

- Des appareils annexes de mesure et de protection.

Cette station d'essais a pour rôle principal de réaliser des essais dielectriques à fréquence industrielle sur le matériel à haute tension.

4.2 Essais réalisés:

4.2.1 Circuit d'essais:

Le schéma du circuit d'essais est donné sur la figure

4.2.2 Mesure de la tension de Contournement:

La tension est augmentée, à partir du pupitre de commande, à un vitesse constante qui est de l'ordre de 2kV/seconde.

La tension de contournement de chaque isolateur est retenue.

4.2.3 Mesure de la conductivité:

Après les essais diélectrique, nous avons mesuré la conductivité du dépôt polluant recueilli sur chaque isolateur. On prend pour cela, 5g de l'échantillon du dépôt polluant qu'on mélange avec 25 ml d'eau distillée, puis la solution est agitée pendant quelques minutes. Ensuite on fait la mesure de la conductivité à l'aide d'un pont.

4.2.4 Facteurs de correction atmosphériques :

La décharge disruptive d'une isolation externe dépend des conditions atmosphériques régnantes. La tension de contournement d'une surface isolante est influencée par la densité et l'humidité relative de l'air.

En appliquant les facteurs de correction, donnés dans la référence (3), une tension de contournement mesurée, peut être convertie à la valeur qui aurait été obtenue sous les conditions atmosphériques normales.

A l'état humide, la correction par rapport à l'humidité n'est pas nécessaire. On aura alors : $U_c = \frac{U_c \text{ (mesurée)}}{K_d}$ (14.)

Les tensions de contournement ont été mesurées dans des conditions atmosphériques différentes. La valeur de K_d va donc varier.

Donc après correction de toutes les valeurs mesurées, nous présentons les résultats obtenus les tableaux ci-après.

4.3 Résultats de nos essais au laboratoire:

La sonelgaz a mis à notre disposition cinq chaînes d'isolateurs de types différents. Celles-ci, composées chacune d'éléments à "capôt et tige" du type 1512 L (verre), RGB 169DRMO (porcelaine), IGTC 825 INVB (porcelaine).

Ces chaînes ont été enlevées aux mois de Février et Avril où les précipitations pluviales ont été très importantes. La longueur de la ligne de fuite de ces trois isolateurs est respectivement de 292mm, 270mm et 282mm.

Notations utilisées:

$$q = \frac{U_{ph} - U_{poh}}{U_{prh}} (\%)$$

U_{prh} : tension de contournement de l'isolateur propre et humide.

U_{poh} : tension de contournement de l'isolateur pollué et humide.

γ : conductivité de la couche polluante.

L : longueur minimale spécifique de ligne de fuite pour 1kV de tension nominale .

- Tension de contournement à l'état propre et humide:

Les isolateurs sont nettoyés avec précaution à l'aide de l'eau de robinet et rincés à l'eau distillée. Chaque type d'isolateur propre et humide (à l'eau distillée) est ensuite mis sous tension jusqu'au contournement.

type d'iso	Uprh(kV)	facteurs de correction
1512 L	60	t=22 °C
RG1694ORMO	40	h=100% H= 755
IGTc825INVb	56	Kd=0,9827

- tension de contournement des isolateurs pollués humides:

Les isolateurs sont nimérotés à partir de la borne "H.T".

a) Chaîne d'isolateurs du type RGS1694ORMO (porcelaine) :

C'est une chaîne qui a été enlevée du pylone 204 de la ligne Hdjar-Soud- Ramdhane Djamel.

n° d'iso	Upoh (kV)	Uprh (kV)	δ (µs/cm)	q%	facteur de correct
1	32,56	40	1212,58	19	t ₀ =22°C
2	35,61	40	1192,474	11	H=755
3	27,47	40	1327,03	31,33	Kd=0,98
4	22,89	40	1266,68	42,78	h=100%
5	35,61	40	1212	11	
Moyenne	30,828	40	1242,15	23,022	2,25

b) chaîne d'isolateurs du type 1512 (verre) :

Nous avons enlevé deux chaînes d'isolateurs de même type (1512 L). Ces deux chaînes appartiennent à la ligne Hdjar-Soud Ramdhane Djamel.

L'une des deux chaînes se trouvait à l'intérieur même de la cimenterie de Hdjar Soud et l'autre à une distance d'environ trois kilomètres de celle-ci.

- b.1 : Chaine qui se trouvait à l'intérieur de la cimenterie de Hdjar Soud.

n° d'iso	Upoh (kV)	Uprh (kV)	γ (s/cm)	9%	facteurs de correctio	L (cm/kV)
1	30,52	60	1312,33	49,13	t° = 22° C	
2	30,52	60	1115,48	49,13	H=755	
3	25,44	60	1130,8	57,6	h=100%	2,9
4	25,44	60	1123,84	57,6	Kd=0,9827	
5	49,86	60	1160,69	16,9		
6	35,61	60	1034,68	40,65		
moyenne	32,898	60	1146,30	45,16		

b.2 : Chaine qui se trouvait à une distance de 3 kilomètres de la cimenterie de Hdjar Soud.

n° d'iso	Upoh (kV)	Uprh (kV)	(s/cm)	9%	facteur de correctio	L (cm/kV)
1	33,1	60	990,2	44,89	t° = 22° C	
2	38,1	60	1025,1	36,4	h=100%	
3	27,6	60	1145,3	54,05	Kd=0,9827	2,43
4	37,6	60	1567,02	37,25		
5	42,7	60	1080,8	28,77		
Moyenne	35,82	60	1161,5	40,272		

c) chaine d'isolateurs du type RG 16940MO (porcelaine) :
 Cette chaine appartenait à la ligne Skikda Ville-Skikda
 poste

n° d'iso	Upoh(kV)	Uprh(kV)	9%	facteurs de correctio ^{de}	L(cm/kV)
1	27,475	40	31,3	t° = 22 °C	
2	élément cassé	40	-	H=755	
3	27,984	40	30,04	h=100%	2,25
4	30,528	40	23,68	Kd=0,9828	
5	29,51	40	26,23		
Moyenne	28,874	40	27,82		

d) chaine d'isolateurs du type I G T C 825 INVBI:
 c'est une chaine qui appartenait à la ligne Skikda ville-
 Skikda Poste.

n° d'iso	Upoh(kV)	Uprh(kV)	9%	facteurs de correctio ^{de}	L(cm/kV)
1	39,69	56	29,13	t° = 22 °C	
2	39,69	56	29,13	H=755	
3	50,88	56	23,14	h=100%	2,35
4	48,85	56	12,77	Kd=0,9827	
5	39,76	56	28,9		
Moyenne	43,76	56	21,86		

Tableau récapitulatif:

type d'iso	Uprh(kV)	Upoh(kV)	(.s/cm)	f _c (cm/kV)	(9%/100)
1512L int	60	32,898 56	1146,30 22,13	2,9	45,16
1512L ext	56	33,82	1161,5	2,43	40,272
IGTC825 INVBI	60	43,76	-	2,35	21,86
RG16940 RMO	40	30,828	1242,15	2,25	23,022

Nos chaines d'isolateurs ont été enlevées lors de notre stage dans la région. Durant cette période les précipitations pluviales ont été très importantes.

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs moyennes de la conductivité montrent qu'en hiver la pollution dans notre région n'est pas appréciable.

Pour l'isolement des lignes aériennes, on remarque que la longueur minimale spécifique de ligne de fuite (cm) pour 1kV de tension nominale utilisée par la Sonelgaz est supérieure à 2cm/kV. Or, d'après la publication 71-2 de la C E I (16), une longueur de ligne de fuite, pour 1kV de tension nominale, supérieure à 2cm/kV est utilisée pour des zones à forte pollution, donc on peut dire que la Sonelgaz a renforcé l'isolement de ses lignes en augmentant le nombre d'éléments par chaîne.

4.4 Moyens à utiliser contre la pollution (Suggestions) :

Il existe plusieurs sortes de moyens à utiliser contre la pollution. Ces moyens vont nous permettre de réduire considérablement le risque de contournement des isolateurs. Plusieurs d'entre eux ont été mentionnés dans la référence (3) tels que le surisolement résultant de l'allongement de la ligne de fuite, ou l'utilisation d'isolateurs spéciaux de forme plus favorable, ou encore la bonne disposition des chaines. Mais il peut exister des sites très localisés pour lesquels toutes ces dispositions constructives appropriées ne suffiront pas à éviter les incidents de contournement des isolateurs.

Pour cela, et à l'aide de l'étude que nous avons faite sur cette région, nous donnons ce qui suit quelques suggestions à la Sonelgaz :

- La première solution, à court terme, consiste à laver les isolateurs chaque début de Juillet et Aout (38% des incidents ont lieu uniquement durant ces deux mois), particulièrement les isolateurs se trouvant dans des régions agricole telles que Khroub, El Ouinet..., où la pollution due aux poussières provenant du sol durant cette période sèche est importante.

- La deuxième solution; à long terme, et la plus importante, est celle qui consiste à élaborer une carte de pollution afin d'installer des stations d'essais "in situ" (3) dans tous les endroits pollués de notre région.

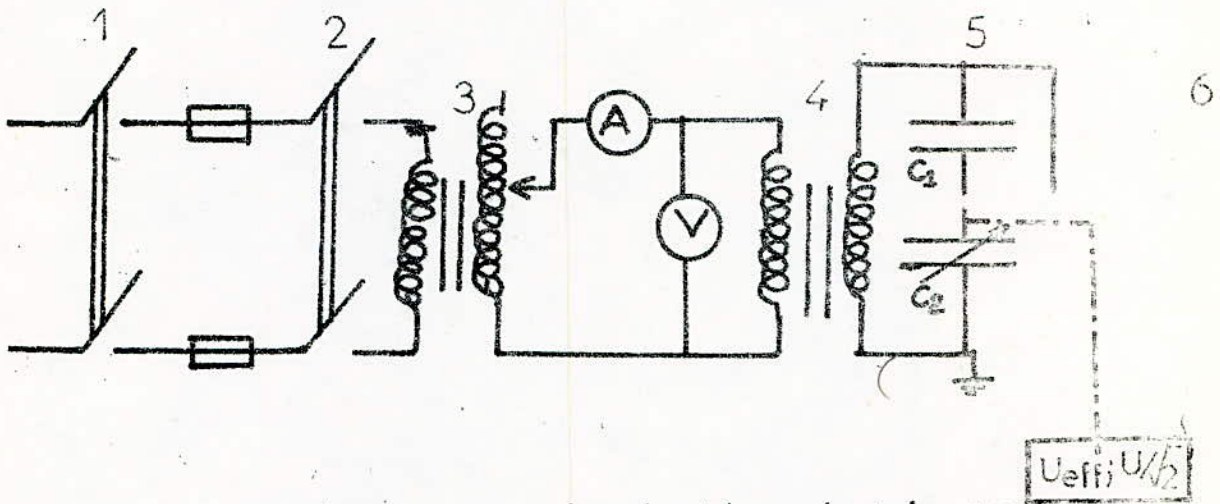


Figure: 27 Circuit d'essai et de mesure

- 1: Interrupteur d'alimentation générale
- 2: Disjoncteur avec protection thermique
- 3: Transformateur de réglage 220/500V 50KVA
- 4: Transformateur d'essais 0,5/300 KV 50KVA
- 5: Diviseur capacitif $C_1 = 400\text{pF}$ avec voltmètre de crête
- 6: Isolateur en essai

- C O N C L U S I O N -

Avant tout , ce projet nous a permis de compléter nos connaissances dans un domaine qui nous était, auparavant, meconnu.

Le nombre d'isolateurs utilisés dans une chaîne dépend surtout de la tension de service et du degré de severite de pollution du site d'emplacement.

Nous pouvons conclure que la région électrique de Annaba peut être subdivisée en trois zones de pollution: zone cotière, zone des hauts plateaux et la zone semi-desertique, dont les conditions climatiques sont différentes.

Les essais que nous avons effectués au laboratoire nous ont permis de mettre en évidence l'effet de la pollution sur le comportement des isolateurs H.T.

Nous suggerons l'extension du laboratoire à haute tension de l'E.N.P par l'installation de pluie artificielle et de certains dispositifs qui permettaient de reproduire diverses pollutions (poussière, brouillard,.....etc).

Nous suggerons également d'installer un nombre appréciable de station" " in situ " pour des essais sous pollution naturelle. Il est évident qu'il nous est impossible de tirer une conclusion en ce qui concerne le choix d'un type d'isolateur donné pour chaque site particulier de la région de Annaba. Néanmoins, la méthode d'essais utilisée nous aurait permi de faire une approche qualitative plus complète si les services de la Sonelgaz de Annaba nous avaient fourni plusieurs types d'isolateurs par site.

-oOo- BIBLIOGRAPHIE -oOo-

- /1/: Lambeth PJ, Looms.JST . "Methode d'essais d'isolateurs sous brouillard salin artificiel ." (CIGRE,1968,rap 25-08)
- /2/: Kucharski,K . "Areas classification in respect of pollution hazard of insulation.(Energetyka 1976,nr10,p.358 ,in polish) ;
- /3/: Belaicha,R.Chougui . " Contribution à l'étude de la pollution des isolateur de haute tension dans la région de Arzew" Projet E.N.P , Janvier 1983 .
- /4/: J.Safema , K.Kucharski . "Essais d'isolateur de ligne sur stands de pollution naturelle " . (CIGRE rap 33-13, 1972)
- /5/ P.Claverie , V.Porcheron. "les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en région pollués." R.G.E tome 82- N°3 Mars 1973.
- /6/ A.Boubakeur. Rapport interne I.W.N politechnikawarszawska Varsovie1978 Pologne .
- /7/: P.SELTZER. "Le climat de L Algerie".
- /8/: Koztalulo, R.Kucharski. "Mesure de pollution, essais disolateurs poll pollués, choix des isolateurs" (CIGRE 33-07-1978)
- /9/: Zhangrenyu, ZHuDehenz. "Flashovev voltage and the leakaye current of Naturally or artificially Polluted in insulators" (4Th ISMA Rap 46.05 A983)
- /11/: W.Meise, GF. Luxa. "Estimation de la methode d'essai sous pollution artificielle par couche solide" (CIGRE rap 33-09 1972)
- /12/: A.Boubakeur. "Influence de la pollution atmospherique sur le transport de l'énergie électrique en Algerie".
- /13/: Recommandation CEI 60-1. "Technique des essais à haute tension". Edit 1973
- /14/: CII publication 383. "Essais des isolateurs en matière ceramique ou en verres destinés aux lignes aériennes de tension nomirale superieure à 1000 Volts"
- /16/: Puplicacion IEC 71-2 "Insalation coordination, application guide second edition, 1976.

