

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : DE GENIE ÉLECTRIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

**ETUDE DU DEVELOPPEMENT
D'UN ARC ELECTRIQUE SUR DES ISOLATEURS
POLLUES DANS DES CONDITIONS NATURELLES
DESERTIQUES.**

Proposé Par :

A. BOUBEKEUR
A. MEKHALDI

Etudié par :

Dj. OULD-AMER

Dirigé par :

A. BOUBEKEUR
A. MEKHALDI

PROMOTION : JUIN 1987

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : DE GENIE ÉLECTRIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

**ETUDE DU DEVELOPPEMENT
D'UN ARC ELECTRIQUE SUR DES ISOLATEURS
POLLUES DANS DES CONDITIONS NATURELLES
DESERTIQUES.**

Proposé Par :

A. BOUBEKEUR
A. MEKHALDI

Etudié par :

Dj. OULD-AMER

Dirigé par :

A. BOUBEKEUR
A. MEKHALDI

PROMOTION : JUIN 1987

DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

-ooo-

-ooo-

-ooo-

-ooo-

-ooo-

√-) mes chers parents

En signe de reconnaissance pour leur soutien moral et matériel et pour leurs encouragements durant toutes mes études.

√-) mes chers frères et sœurs

√-) toute ma famille

√-) mon ami MILOUDI Khaled

√-) tous mes amis

√-) e dédie ce modeste travail .

-ooo-

-ooo-

-ooo-

-ooo-

-ooo-

-ooo-

REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

-000-

-000-

-000-

-000-

-000-

-000-

Je tiens à exprimer ici, ma profonde reconnaissance à Monsieur A. Boubekeur et Monsieur A. Mekhaldi pour tous les conseils qu'ils m'ont cessé de me prodiguer et tout le temps qu'ils m'ont consacré pour l'élaboration de ce projet.

Les remerciements vont aussi à Madame Ferras et Monsieur Neali pour l'aide précieuse qui m'a permis de mener à bien ce présent travail.

Je déclare ma reconnaissance envers Monsieur Maftah pour sa collaboration dévouée et précieuse.

Je tiens également à remercier les membres du Jury pour avoir bien voulu examiner ce modeste travail.

Je veux noter aussi le charmant dévouement de ma tante et sa collaboration à l'élaboration de ce présent ouvrage.

Que tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à ma formation veuillent bien accepter ici l'expression de ma profonde gratitude et mes sincères remerciements.

-000-

-000-

-000-

-000-

-000-

-000-

-o00o-

S O M M A I R E

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

- INTRODUCTION1
- CHAPITRE - 1 - POLLUTION DES ISOLATEURS.....3
 - 1.1- GENERALITE
 - 1.2- Types de Pollution
 - 1.3- Sévérité de Pollution d'un site
 - 1.4- Formation de la Pollution
 - 1.5- Caractéristiques de la Pollution dans le Sahara
 - 1.6- Mécanisme de contournement des isolateurs pollués
 - 1.7- Méthode d'Essai
 - 1.8- Essais sur des isolateurs Pollués
- CHAPITRE - 2 - IDENTIFICATION DES REGIONS ELECTRIQUES ETUDIEES...17
 - 2.1- GENERALITE
 - 2.2- Situation Géographique
 - 2.3- Etude Climatique des deux Régions
 - 2.4- Influence des Conditions Météorologiques désertiques sur le comportement des isolateurs haute tension.
 - 2.5- Types d'Isolateurs
 - 2.6- Caractéristiques de l'Agent Polluant
- CHAPITRE - 3 - ESSAIS AU LABORATOIRE DE L'E N P47
 - 3.1- GENERALITE
 - 3.2- Énumération des Chaines d'Isolateurs Prélevées dans les région de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel.

3.3- Equipements du Laboratoire de l'E N P

3.4- Circuit de mesure

3.5- Essais Priliminaires

3.6- Mode Opératoire

3.7- Essais

- CONCLUSION 71

- ANNEXES

- BIBLIOGRAPHIE.

-o00o-

-o000o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o000o-

INTRODUCTION

Le contournement des isolateurs de haute tension du type extérieur, dans des conditions de pollution sévères, a depuis longtemps retenu l'attention des exploitants de l'énergie électrique dans différents pays.

Les recherches concernant les performances et le choix des isolateurs peuvent être réalisées dans deux directions. La première concerne les essais effectués sous pollution artificielle au laboratoire, tandis que la seconde est relative aux mesures réalisables sur site sous pollution naturelle.

En Algérie, la S O N E L G A Z a été aussi confrontée à ce problème, surtout depuis la mise en service des lignes de transport de 220 k v.

Les principaux types de pollution, pouvant être rencontrés séparément ou combinés, sont les suivants :

- Pollution marine (brouillard salin)
- Pollution industrielle (fumées)
- Pollution désertique (sable)

Des études [14] ont été déjà effectuées par le laboratoire à haute tension de l'ENP A, en collaboration avec la S O N E L G A Z, dans différents sites du pays (Annaba à l'Est, l'Arba au centre et Arzew à l'Ouest) dans le domaine du courant de fuite et du développement de l'arc électrique sur une surface polluée plate.

Dans la présente étude, nous nous intéressons aux phénomènes du développement des décharges électriques et du courant de fuite sur un isolateur pollué naturellement dans des conditions désertiques. Les deux sites qui seront présentés sont ceux de Hassi R'Mel et Hassi Messaoud, situés respectivement au sud centre et au sud est Algérien. Pour ce faire, nous avons effectué un stage de dix (10) jours dans chacune des deux régions en collaboration avec la S O N E L G A Z.

Trois chapitres font les principaux objets de ce projet.

Le premier traite de la pollution des isolateurs et des essais effectués sur des isolateurs pollués. Le deuxième chapitre concerne l'identification des deux regions électriques étudiées. Le troisième chapitre présente les essais effectués et les résultats obtenus.

POLLUTION DES ISOLATEURS



1-1 - Généralité :

La pollution est un phénomène qui pose un sérieux problème dont il faut tenir compte dans l'exploitation des lignes haute tension. En effet l'amorçage des isolateurs peut se produire si leur surface, alors contaminée par une pollution en partie conductrice, est humidifiée. D'autre part, la pollution qui recouvre les surfaces isolantes diminue considérablement la tension de tenue des isolateurs. Cela est dû à l'abaissement de la résistivité superficielle des isolateurs.

1-2- Types de Pollution :

Les sources principales de la pollution de l'atmosphère sont naturelles, industrielles ou mixtes.

1-2-1 Pollution naturelle :

Elle provient des dépôts de sels marins, de poussières du sol, du sable véhiculé par vent...etc. Dans les régions de Hassi Messaoud et Hassi R'Mel (régions qui font l'objet de notre étude) la pollution est due surtout aux tempêtes de sable. Elle peut affecter d'importants tronçons du réseau.

1-2-2- Pollution Industrielle :

Elle provient des fumées évacuées des usines industrielles (rafinerie cimentrie, minerie, ...etc). A Hassi Messaoud et Hassi R'Mel, ce genre de pollution est due aux fumées de gaz industriels brûlés, sortant des torchères pétrolières ou qui se produisent au cours des incendies accidentels au voisinage des débouchés de gaz. Leurs effets sont généralement restreints et n'affectent que quelques tronçons de ligne .

1-2-3- Pollution mixte :

Elle englobe les deux sortes de pollution citées précédemment. Ce type est le plus nocif pour l'exploitation des lignes haute tension

1-3- Sévérité de pollution d'un site :

Afin d'être en mesure de dimensionner convenablement les isolateurs susceptibles d'assurer un service sans défaillance dans un site pollué, il est nécessaire de savoir caractériser quantitativement la sévérité de la pollution de ce site.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour caractériser cette sévérité. Elles sont, pour la plus part, basées sur la détermination expérimentale de la conductivité superficielle de la couche polluante. Cette sévérité peut donc être appréciée par une mesure de la résistivité de la couche de pollution.

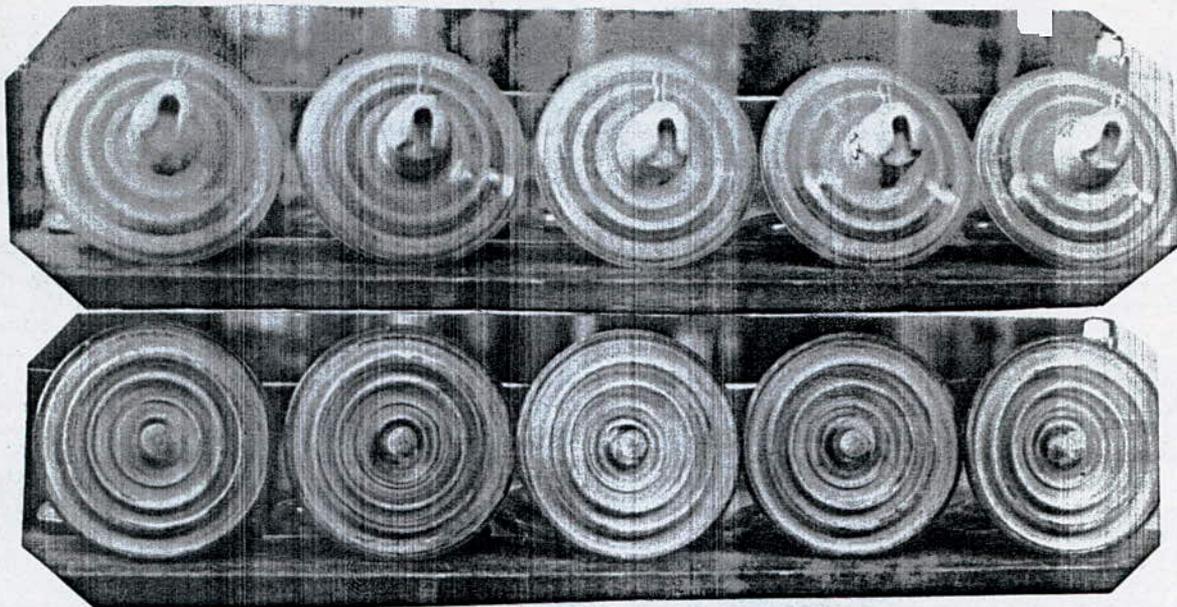
Une première méthode d'application simple est actuellement utilisée. Elle consiste à caractériser la sévérité de la pollution d'un site par référence à l'essai sous brouillard salin équivalent. La sévérité de la pollution est alors exprimée en termes de salinité équivalente. La seconde méthode consiste à nettoyer la surface de l'isolateur pollué à l'aide d'un coton pur imbibé d'eau distillée. La conductivité de la solution contaminée par le coton permet, par des mesures, d'obtenir la quantité équivalente de sel. Une autre méthode est utilisée; elle consiste à mesurer la conductivité superficielle des isolateurs. Ces mesures sont obtenues à l'aide d'une sonde d'essai à deux électrodes [3] [4].

La salinité équivalente ou degré de pollution est considérée comme la base de référence pour le classement des sites pollués.

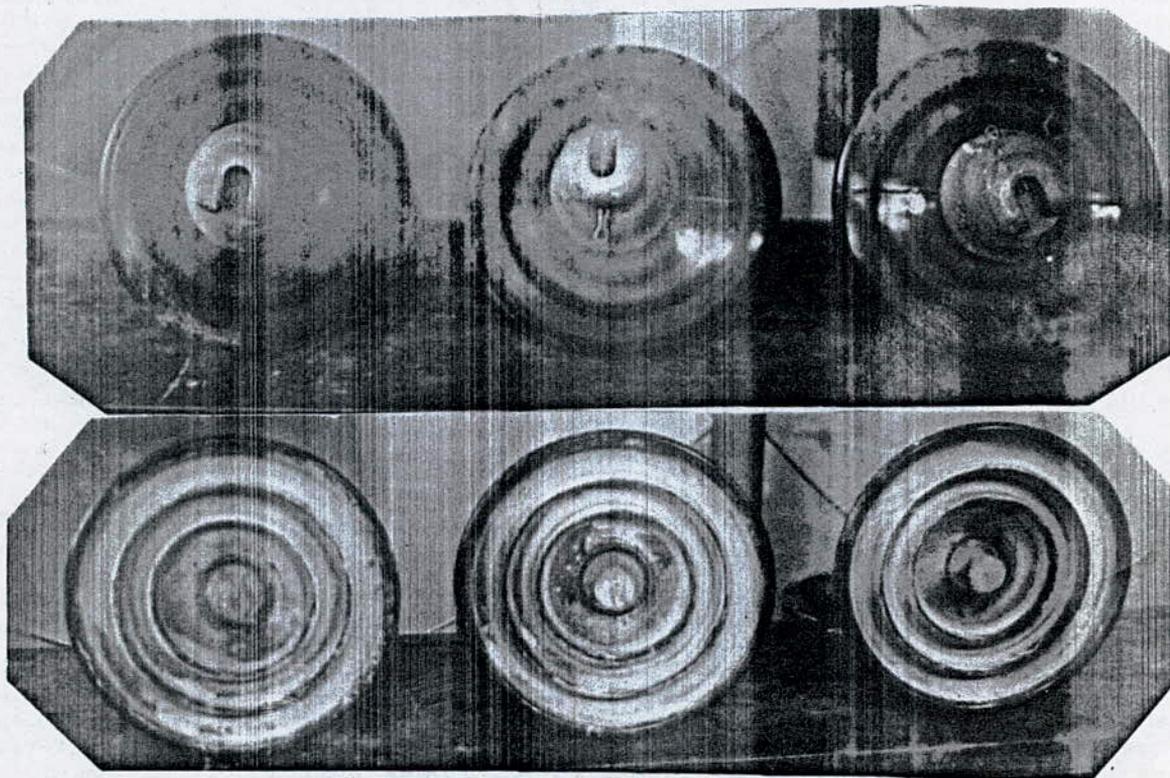
1-4- Formation de la pollution :

La fixation de la pollution sur la surface des isolateurs est occasionnée par la gravitation terrestre et par la distribution du champ électrique au niveau de l'isolateur.

La forme des couches polluantes dépendra en grande partie du profil de l'isolateur et de sa position par rapport au sol (verticale, inclinée et horizontale). Les poussières se concentrent, en général, sur les surfaces protégées contre les agents atmosphériques permettant l'auto-nettoyage (Vent fort, forte pluie) et autour des ferrures où le champ électrique est intense [16].



(a) - chaîne d'isolateurs prélevée dans la région de Hassi R'Mel. (chaîne N° HR1).



(b) - chaîne d'isolateurs prélevée dans la région de Hassi Messaoud. (N° HM3)

fig - 1.1 - Répartition de la pollution sur les surfaces des isolateurs.

Les photos 1 et 2 présentent deux chaînes d'isolateurs ramenées respectivement de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel. Sur ces photos, nous remarquons la localisation des poussières sous les cloches et autour de la tige. (fig - 1. 1 -).

1-5- Caractéristiques de la pollution dans le sahara :

1-5-1- Vitesse d'accumulation des polluants:

La variation de la quantité équivalente de NaCl /cm² déposée en fonction du temps d'exposition est donnée par la figure ci-dessous pour un certain type d'isolateur, dans le cas de la pollution accumulée à long terme.

Au début de l'exposition, la quantité équivalente de NaCl/cm² croît rapidement, elle peut atteindre après trois mois des valeurs très critiques, de l'ordre de 0,1 mg/cm². Puis au fur et à mesure que le temps s'écoule, la vitesse d'accumulation de la pollution diminue progressivement. La courbe montre que l'on arrive en quelque sorte à la saturation. La quantité équivalente de NaCl/cm² la plus élevée a été de 0,5 mg/cm² et a été obtenue après 14 mois d'exposition [7].

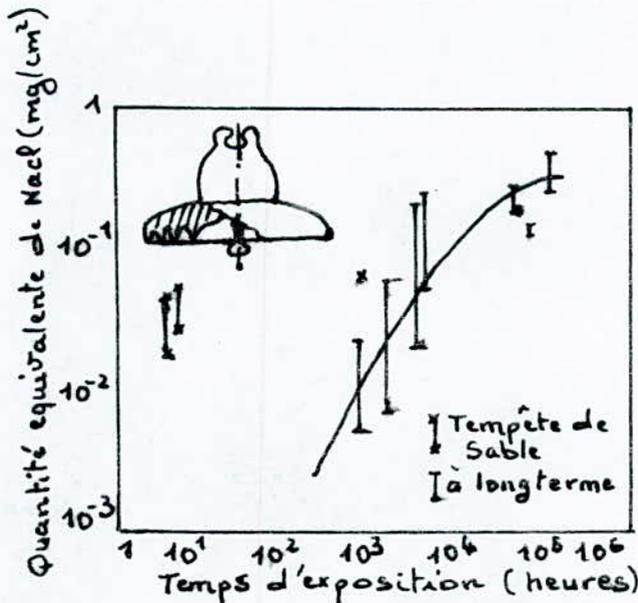


fig-1.2: Accumulation de la pollution

1-5-2- Répartition de la pollution le long des chaînes d'isolateur en service

Des résultats de mesure [7] ont montré que la répartition de la pollution le long des chaînes d'isolateurs est ^{loin} d'être uniforme. C'est sur les isolateurs situés le plus près des conducteurs sous tension que la densité de pollution est maximale, alors qu'elle est minimale sur les éléments reliés aux consoles. Ceci est dû au fait que les consoles sont protégées des particules transportées par le vent par ailleurs, la quantité de pollution déposée sur un isolateur augmente lorsque la tension qui lui est appliquée, elle même, augmente. Ceci peut être attribué d'abord au fait que les isolateurs exposés à l'effet de l'échauffement des conducteurs ont une température relativement plus élevée, laquelle peut accélérer l'évaporation de l'eau et faciliter ainsi le dépôt de sels dissous, et au champs électriques élevés qui peuvent favoriser l'attraction des particules polluantes. On peut noter également que, lorsque la tension augmente et que la chaîne devient plus longue, le rapport entre la densité maximale et la densité minimale du dépôt de pollution augmente. Ceci accentue plus la non uniforme de la répartition de la pollution le long de la chaîne d'isolateurs.

1-5-3- Conductivité Superficielle :

La conductivité superficielle se déduit de la mesure de la résistance de la couche polluante comme décrit par la recommandation de la CEIGO [16].

L'accroissement de la conductivité superficielle est la cause principale provoquant le contournement des isolateurs après l'augmentation du nombre de zones sèches créées par les décharges superficielles incomplètes. Il dépend aussi de la possibilité d'absorber de l'eau et de la capacité thermique des couches de pollution [16].

1-6- Mécanisme de Contournement des isolateurs pollués :

Les isolateurs qui ont fait l'objet de nos essais se trouvaient dans des régions désertiques et de forte concentration industrielle. Pour cela nous allons examiner deux cas d'incidents engendrant le contournement.

1-6-1- Contournement sous pollution industrielle :

Au voisinage des différentes usines, les surfaces des isolateurs se recouvrent d'une couche polluante faiblement conductrice mais très hygroscopique.

Dans les conditions de forte humidité, la dissolution des sels contenus dans cette couche provoque la formation d'une couche électrolytique. Un courant de fuite circule alors dans la couche superficielle et le contournement peut parfois survenir.

Contournement sous pollution désertiques :

Dans les ouvrages (lignes ou postes) installés en région désertique, la fréquence d'un vent de poussière, provoquant occasionnellement des tempêtes de sable, dépose progressivement sur les isolateurs une couche de pollution contenant des sels qui recouvrent toute la surface de l'isolant y compris les parties les mieux protégées. Cette couche de sels devient conductrice lorsqu'elle est humidifiée. Un courant de fuite s'établit alors à travers la couche superficielle et des arcs peuvent prendre naissance dans certaines conditions et se développent jusqu'à provoquer le contournement total de l'isolateur.

Quelle que soit la source de pollution, on observe donc la formation d'une couche électrolytique due à l'humidification d'un dépôt solide accumulé progressivement à la surface de l'isolateur.

1-7- Méthodes d'essais :

Pour comparer les performances de divers type d'isolateurs et sélectionner ceux qui présentent le meilleur comportement sous pollution, il était nécessaire d'effectuer des essais sur des isolateurs. Les plus importants de ces essais sont effectués sur site (in situ) sous pollution naturelle et les essais au laboratoire sous pollution artificielle.

1-7-1- Essais sous pollution naturelle :

Les premiers essais effectués ont tout naturellement consisté à installer dans différents sites pollués des stations dans lesquelles on observait le comportement d'un certain nombre de chaînes d'isolateurs de longueur ou de profils différents.

Les qualités respectives de ces isolateurs placés sous la même tension étaient appréciées en se basant sur le courant de fuite ou la conductivité superficielle. Parmi les essais, nous avons :

- Essais basés sur le courant de fuite [3, 4].
- Essais basés sur la conductivité superficielle [3, 4].

1-7-2- Essais sous pollution artificielle:

L'inconvénient majeur des essais in situ sous pollution naturelle est qu'il faudrait plusieurs années pour pouvoir comparer valablement les performances des isolateurs essayés sur site. Ce délai étant jugé trop long, on a rapidement cherché à reproduire en laboratoire les conditions de la pollution naturelle, ce qui devrait permettre d'obtenir des résultats et d'effectuer des comparaisons plus rapidement, plus facilement et à moindre coût que dans les stations in situ.

Ainsi différentes méthodes d'essais de laboratoire furent proposées. Celles qui demeurent actuellement les plus utilisées sont les suivantes:

- Méthode du brouillard salin [3,4,5]
- Méthode de méthylcellulose et de Kieselguhr [4]
- Méthode de la couche solide [3, 4]
- Méthode du cab - o - sil - [5]

1-8- Essais sur des isolateurs pollués :

1-8-1- Le courant de fuite maximal - I_{max} - :

Plusieurs chercheurs, utilisant des méthodes artificielles sur certaines formes d'isolateurs, se sont penchés sur les investigations dans la dernière phase critique au voisinage du contournement. L'objet de leurs travaux de recherches est de clarifier les effets de la méthode d'essai, de la forme de l'isolateur et de la ligne de fuite...etc.

1-8-1-1- Effets du procédé d'essai , de la forme de l'isolateur et de la ligne de fuite de l'isolateur :

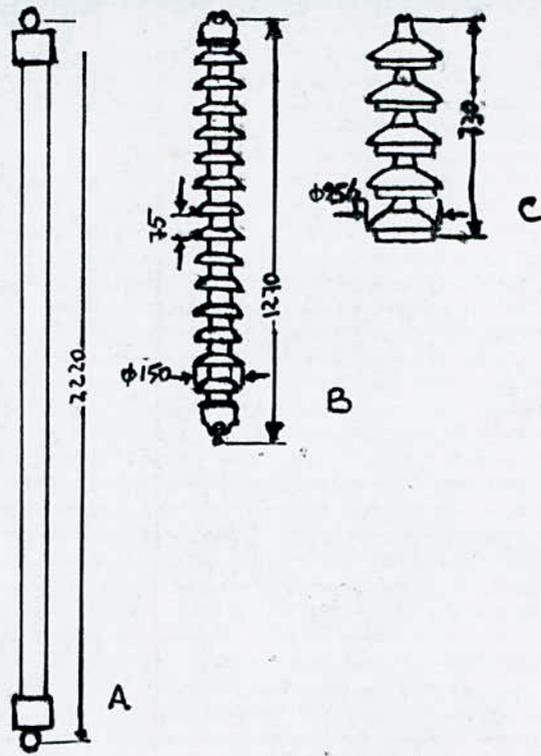


fig-1-3- Isolateurs d'essais

Dans un travail de recherche effectué en groupe par : M.P. VERMA, H. NIKLASCH, H. LIPKEN, H. SCHRIEBER et G.F. LUXA en 1978 [11], une attention particulière a été accordée aux investigations dans la phase critique au voisinage du contournement. Ils ont réalisé des essais sur trois isolateurs (fig1-3-) de forme très différente ayant approximativement la même longueur de fuite (isolateur long fût - L 75 /14 -, un fût cylindrique et une chaîne de cinq éléments capot-tige du type F. 8 P). Ces essais ont été effectués suivant les méthodes de Kieselguhr et du brouillard salin et sous différentes tensions. Le degré de pollution est au voisinage de la valeur de tenu pour chaque essai effectué.

En se basant sur les caractéristiques (tension de contournement en fonction de I_{max}), trouvées les mêmes dans les limites raisonnables de précision dans les deux méthodes (fig -1-4-), les conclusions suivantes ont été tirées :

- I_{max} est indépendant du procédé d'essai
- I_{max} est indépendant de la forme de l'isolateur
- I_{max} dépend de la ligne de fuite de l'isolateur.

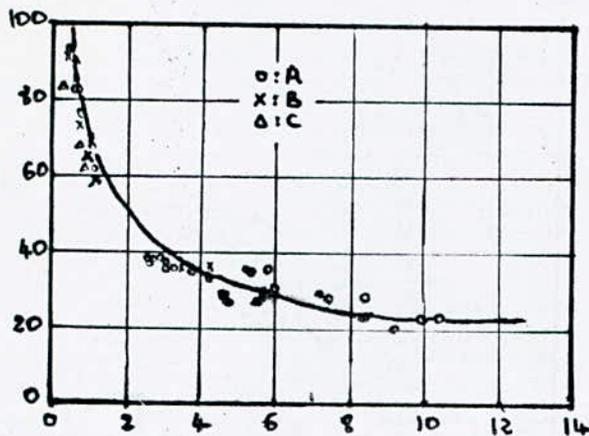
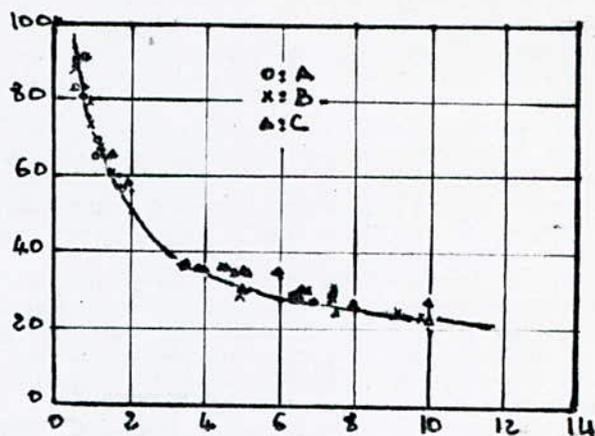


fig-1.4 Caractéristique $U_c(I_{max})$ pour les trois isolateurs. (Méthode d'essai du brouillard salin)



(b) Caractéristique $U_c(I_{max})$ pour les trois isolateurs (Méthode d'essai de Kieselguhr)

1-8-1-2- Influence de l'espacement sur la tenue des isolateurs pollués:

Des essais, en laboratoire, effectués en Pologne [17] par R. KOSZTALUK, W. CZAPLAK et R. CUCHARSKI, montrent que la tenue à la tension de chaînes d'isolateurs pollués correspondant à 110, 220 et 400 KV augmenté pratiquement de façon linéaire avec leur espacement.

Les essais de pollution artificielle furent effectués selon la publication 507 de la C E I en appliquant la méthode de la couche solide avec de la méthylcellulose semi liquide. Des résultats typiques sont représentés à la figure (-1-5-). Ils concernent des isolateurs long fût L P 75/22 y.

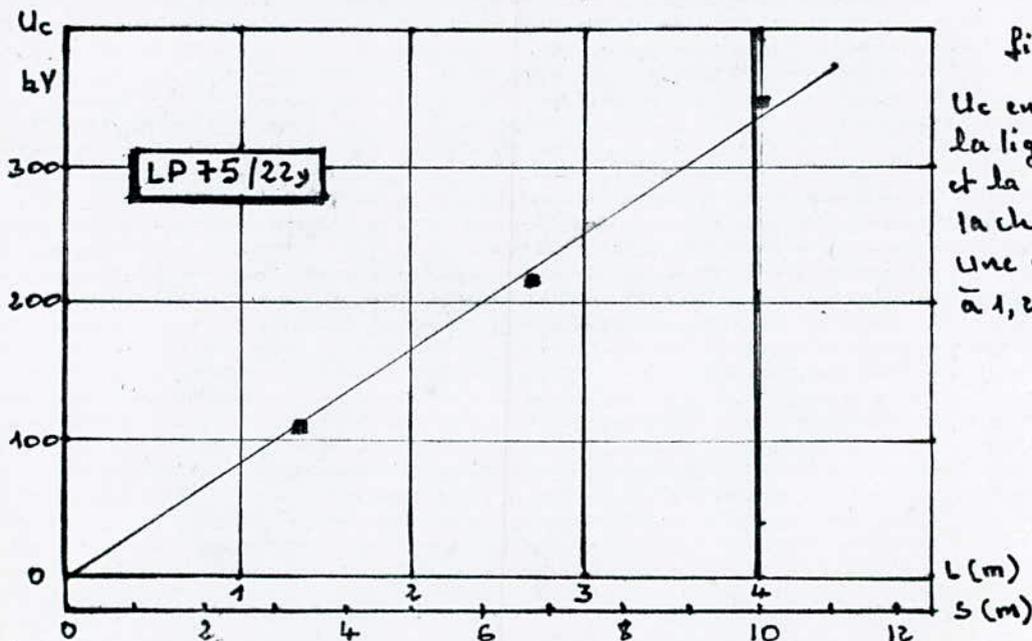


fig-1.5 - U_c en fonction de la ligne de fuite (S) et la longueur de la chaîne (L) pour une chaîne d'isolateur à 1, 2 et 3 éléments.

Les résultats obtenus, des essais effectués par LEMBETH. P. J, LOOMS I.S.T, ROBERT W.J. et DRINKWATER B.J. sur des isolateurs dans des stations d'essais de pollution naturelle confirment cette conclusion [17].

En 1978, M.P. VERMA et certains chercheurs [11] ont aussi réalisé des essais de brouillard salin à différentes tensions sur un isolateur long fût L 75 / 19 afin d'étudier l'irrégularité d'isolement des isolateurs avec faible espacement des cloches. Les valeurs de I_{max} ont été évaluées et tracées en fonction de la tension réelle au voisinage du contournement. Ces résultats les ont conduits à conclure que ces isolateurs ont la même caractéristique que ceux présentant une ligne de fuite plus courte et que l'augmentation de la ligne de fuite par la réduction extrême de la distance entre les cloches à un effet contraire.

La figure (-1-5-) montre la caractéristique (Tension de contournement en fonction de I_{max}) de cet isolateur d'essai par rapport à celles trouvées pour les trois isolateurs de la figure (-1-3-).

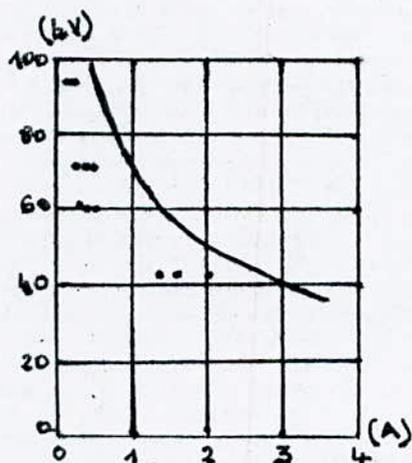


fig- 1.5- caractéristique $U_c(I_{max})$ pour un isolateur avec une faible distance entre les cloches (Méthode de brouillard salin).

1-8-2- La plus grande amplitude des pulsation du courant de fuite (I_h) :

En septembre 1983, E. EL. SHARKAWI, M. AWAD, H. SAID et M. MORSI ont étudié la relation qui existe entre I_h et la tension appliquée à une conductivité constante de la surface de la couche de pollution, la conductivité de la couche à une tension appliquée constante et la méthode d'essai.

Ces relation seront étudiées avec des isolateurs de type anti brouillard ayant une forme fréquemment utilisée dans les lignes de transmission extérieures de haute tension (fig -1-7-).

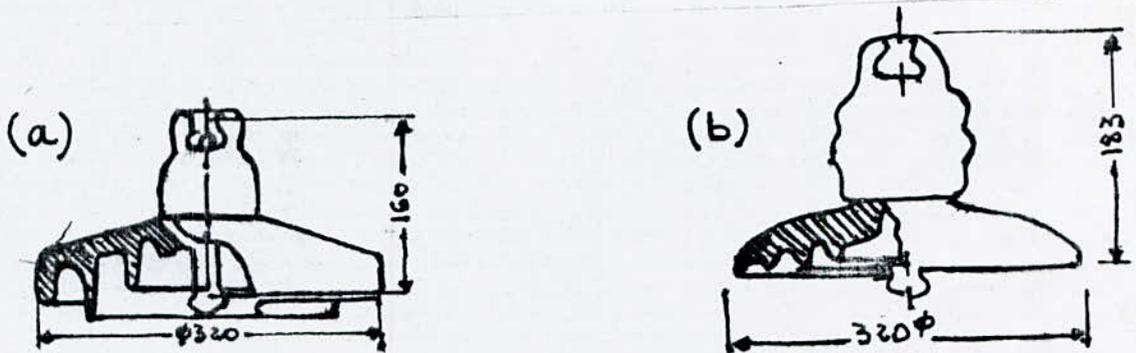


fig-1.7. Isolateurs d'essais

1-8-2-1- Relation entre $\hat{I}h$ et la tension appliquée à une conductivité constante:

Des isolateurs, exposés à des conditions de pollution naturelle pendant une période de trois ans, ont été testés par la méthode - Clean fog-. Les résultats obtenus montrent que les valeurs de $\hat{I}h$ n'augmentent pas linéairement avec l'augmentation de la tension appliquée à une conductivité constante de la couche de pollution. La figure (1-7a-) montre ces résultats obtenus.

1-8-2-2- Relation entre $\hat{I}h$ et la conductivité de la couche à une tension constante :

Les résultats obtenus en appliquant la méthode de brouillard salin, montrent que les valeurs de $\hat{I}h$ sont fonction de l'isolateur testé et de l'augmentation de la salinité.

Les courbes de la figure (1-8-b-) montrent une relation non linéaire entre les valeurs de $\hat{I}h$ et la conductivité de la couche polluante à une tension constante.

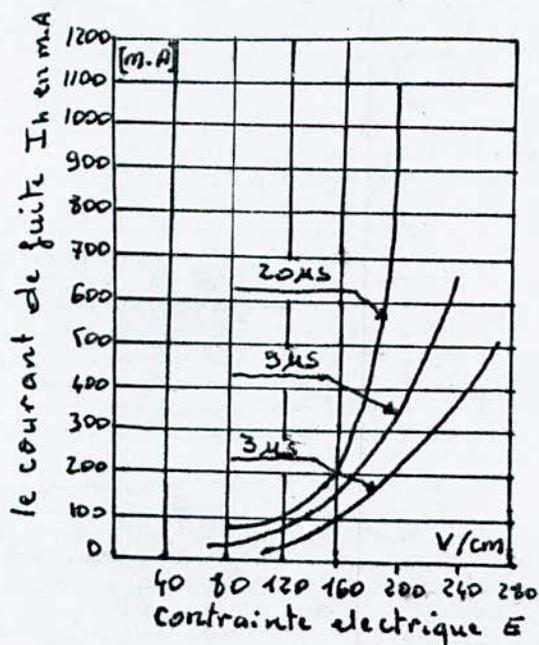


fig-1.8.a- caractéristique $I_h(E)$ à une conductivité constante.

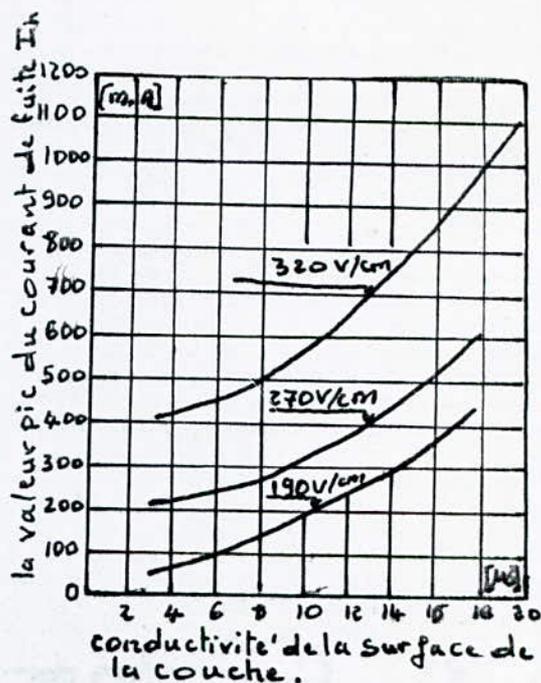


fig-1.8.b- caractéristique I_h en fonction de la conductivité à une contrainte électrique constante.

1-8-2-3- Effet de la méthode d'essai sur la valeur de \hat{I}_h :

L'isolateur utilisé est celui de la figure (1-7-a). Deux méthodes d'essai ont été suivies. La méthode du brouillard salin et la méthode - Clean fog - .

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de \hat{I}_h à une certaine valeur de la tension appliquée sont différentes dans les deux méthodes et que la relation entre ces deux paramètres est approximativement linéaire (fig-1.9-).

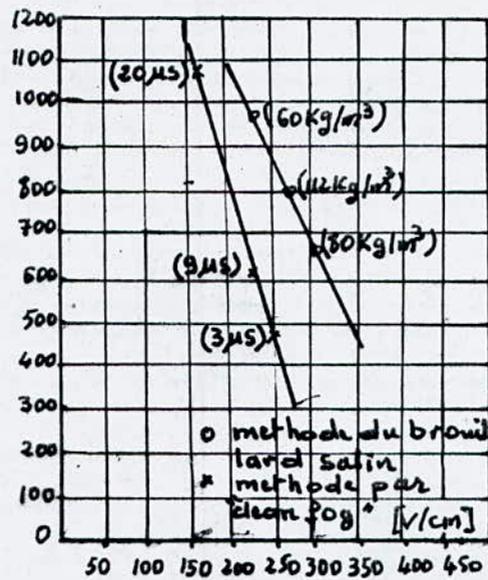


fig -1.9. Relation entre le courant de fuite I_h et la contrainte électrique pour différentes méthode d'essai

En se basant sur les résultats des travaux de recherches concernant le phénomène du développement d'arc électrique et le critère du courant de fuite tel que présentés ici, on peut établir les faits suivants :

Le courant de fuite est un courant de faible amplitude circulant à travers les dépôts humectés qui se fixent à la surface de l'isolateur. Ces dépôts constituent des couches électrolytiques composées de sels solubles et matériaux inertes. La dissolution de ces sels donne des ions, lesquels seront les porteurs de charges [2].

L'Enregistrement du courant de fuite sur la surface des isolateurs permet de donner de bons renseignements sur l'influence des conditions météorologiques et sur la croissance de la conductivité superficielle. Il permet aussi de vérifier la validité des mesures faites sous pollution artificielle au laboratoire si on caractérise les couches polluantes par la résistance en serie avec l'arc se produisant à la surface de l'isolateur durant le processus de claquage [16].

Sous tension alternative, la forme d'onde du courant de fuite dans l'arc a l'allure représentée sur la figure(-1.10-)

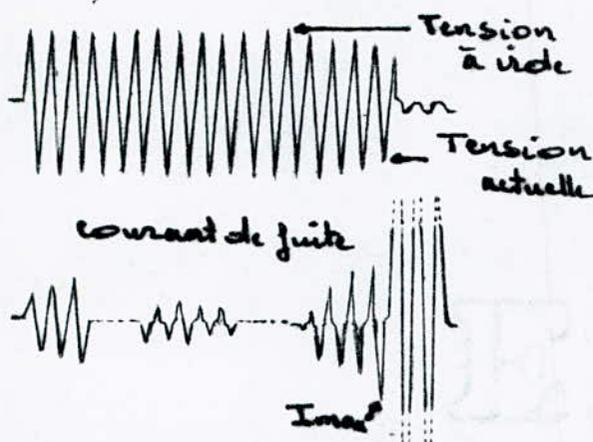


fig. 1.11.

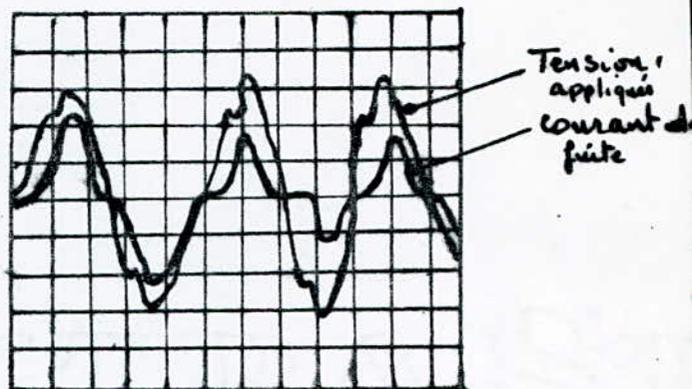


fig - 1.10 - Variation du courant de fuite et de la Tension appliquée

Le courant de fuite d'un isolateur pollué est constitué d'impulsions isolées ou de trains d'impulsions de niveau variable repartis aléatoirement dans le temps; dans le temps $[2]$. Il est constitué de deux phases différentes (fig > 1.11 -). La première est la valeur de crête maximale correspondant à des arcs partiels avant le contournement et est désigné par \hat{I}_h . La seconde phase est la valeur de crête dans la demi période précédent le contournement et est désignée par I_{max} $[11]$.

- Courant de fuite (\hat{I}_{MAX})

Le courant de fuite I_{max} , correspondant à la longueur critique de l'arc, représente le courant critique. Sa valeur est indépendante aussi bien du procédé d'essai, c'est à dire indépendante de la façon dont la surface de l'isolateur a été rendue conductrice, que de la forme de l'isolateur. Par contre elle dépend de la ligne de fuite de l'isolateur $[11, 12]$.

- Courant de fuite (\hat{I}_h)

La valeur du courant \hat{I}_h d'un isolateur pollué augmente selon une relation non linéaire avec l'augmentation de la contrainte diélectrique, aussi bien qu'avec l'augmentation de la sévérité de la pollution $[12]$.

CHAPITRE -oo\$oo- 2 -oo\$oo-

IDENTIFICATION DES REGIONS ELECTRIQUES

E T U D I E E S

2-1- Généralité :

La pollution des isolateurs haute tension et leur comportement au sahara sont très étroitement liés au climat qui y règne. Pour avoir une bonne étude sur ces deux problèmes, il est indispensable de donner quelques caractéristiques principales sur les conditions climatiques du sahara en se limitant aux facteurs climatiques pouvant intéresser les isolateurs haute tension.

Les principaux facteurs rencontrés fréquemment dans les régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel et qui influent sur le comportement des équipements de haute tension du type extérieur sont :

l'humidité, les vents et leurs directions, la Température, les précipitations et l'évaporation. Ces différents facteurs climatiques ont pour conséquences soit le nettoyage des isolateurs (vent fort, averse de pluie) soit l'augmentation de la conductivité superficielle des couches polluantes après leur humidification (brouillard, humidité).

Dans ce chapitre, seront donnés des renseignements sur la situation géographique des deux régions, le climat qui y règne en prenant dans la mesure du possible les valeurs extrêmes des facteurs climatiques rencontrés, les différents types d'isolateurs utilisés ainsi que les caractéristiques de l'agent polluant dans les deux régions de Hassi Messaoud et Hassi R'Mel. Nous utiliserons pour cela les statistiques enregistrés par l'office nationale de météorologie et l'établissement national pour l'exploitation et aéronotique - E N E M A - Concernant les différents facteurs climatiques relatifs aux deux régions ainsi que les informations recueillies au cours de notre stage effectué dans les deux régions étudiées.

2-2- Situation géographique :

2-2-1- Région de Hassi Messaoud :

La région de Hassi Messaoud est située à 31,41° Nord de latitude, 06,9° Est de longitude et 142 m d'altitude. On la situe au Sahara dans la région septentrionale orientale à la limite nord-ouest du grand erg oriental [1].

Le sol dans cette région est composé de sable argileux dans les points bas et d'un mélange de sable et d'éclats de roches dures, de couleur blanche, sur les hauteurs [1].

La région se constitue de quatre (04) zones :

- Zone de Hassi Messaoud
- Zone de Ourgla
- Zone de Touggourt
- Zone d'El Oued.

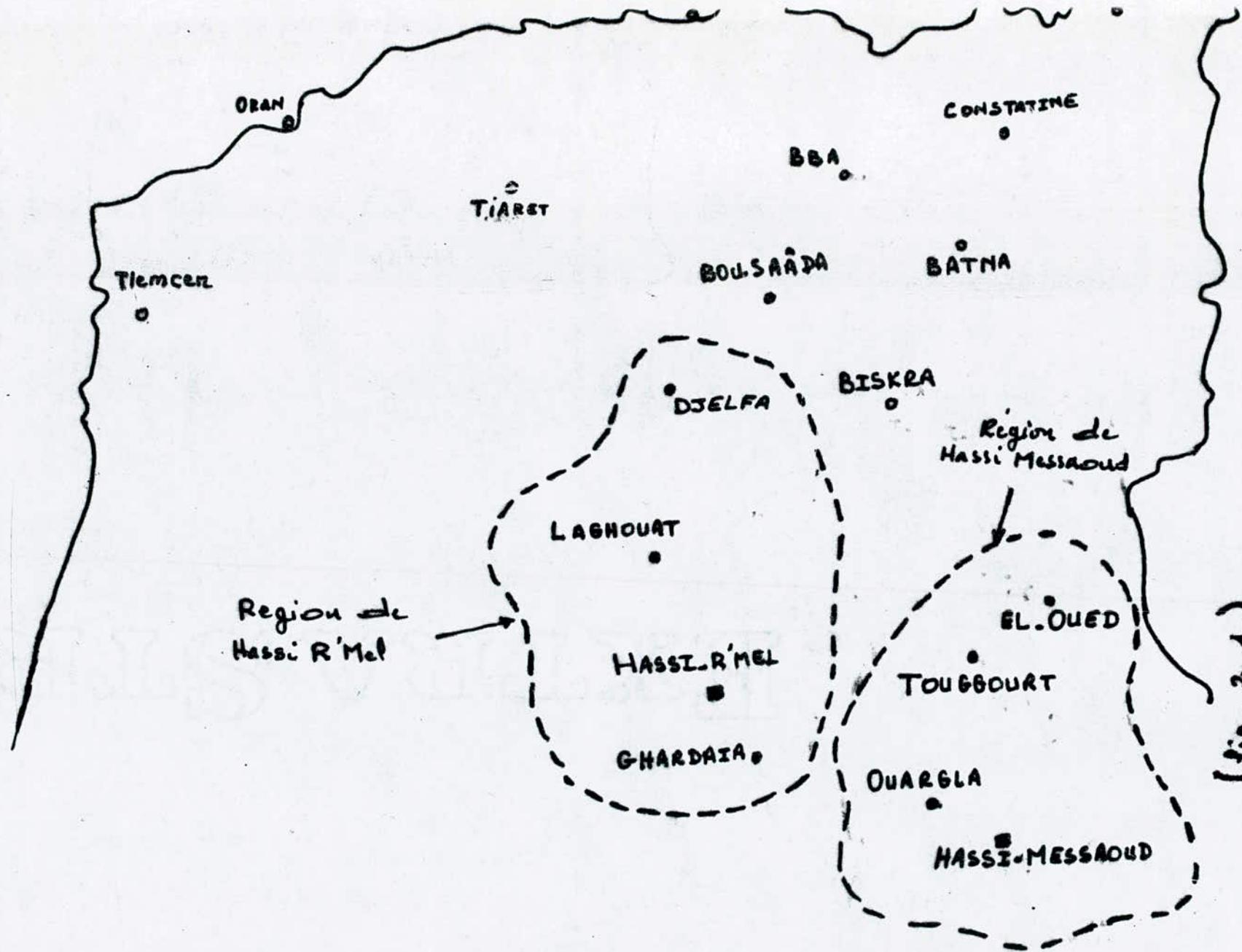
2-2-2- Région de Hassi R'Mel :

La région se trouve en zone saharienne désertique. Ses coordonnées sont 32,8° Nord de latitude, 03,5° Est de longitude et 750 m d'altitude. Elle est absolument plate sans oasis ni aucune trace de verdure.

Le sol dans cette région est composé de blocs de calcaire mélangé avec du sable. La présence de couche de gypse est possible. On subdivise la région en quatre (04) zones également :

- Zone de Hassi R'Mel
- Zone de Ghardaïa
- Zone de Laghouat
- Zone de Djelfa

Ces deux régions sont des zones à très forte concentration industrielle. On y trouve plusieurs usines différentes telle que G P L. Il faut également signaler la présence de torchères qui ont un rôle important dans la pollution de l'équipement électrique .



(fig - 3.1.)

2-3- Etude climatique des deux régions :

2-3-1- Région de Hassi Messaoud :

2-3-1-1- H u m i d i t é :

En général, l'humidité suit la nébulosité . Ceci conduit à dire que le degré hygrométrique varie avec l'altitude et la latitude. L'humidité pour cette région a une valeur moyenne de 42 % . Elle varie entre 24 % et 75 % . Elle est accentuée surtout en hiver (de Novembre à Janvier) . Le degré hygrométrique peut atteindre en ces mois une valeur de 100%.

Les valeurs absolues de l'humidité sont comprise entre 12 % et 100% . De même pendant plus de cinq mois de chaque année (1972 + 1981), l'humidité relative maximale moyenne dépasse 70 % (fig -2.2-); par contre l'humidité maximale absolue dépasse 95 % (fig - 2.2-) , [15] .

Dans la région d'el oued, la valeur moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air est de 50 % . Elle est accentuée aux mois de Janvier et Décembre. Elle peut atteindre souvent durant ces deux mois la valeur 60 % [15] .

2-3-2-2- P r é c i p i t a t i o n :

La moyenne annuelle des précipitation est de 3,5 mm pour la région de Hassi Messaoud [1971 + 1974 + 1982 + 1986] (fig -2.2-) et de 5,5 mm pour la région d'El Oued pour la période [1985 - 1986] . Par contre dans la région de Curgla la hauteur maximale des pluies annuelles est de 21 mm [1926 + 1960] (la figure est présentée dans l'annexe) .

Nous remarquons que dans ces régions, les précipitations sont rares et généralement de faible importance quantitative. Les plus importantes précipitations ont lieu généralement entre novembre et Janvier et ceci suivant la situation géographique des régions. En juillet, par contre, on note les plus faibles précipitations. La non abondance des précipitations explique bien pourquoi le phénomène de contournement dû à la pollution est très fréquent, c'est à dire, que l'opération d'auto-nettoyage des isolateurs est pratiquement nulle.

2-3-1-2- P r é c i p i t a t i o n s e c c u l t e s :

Parfois dans la région de Hassi Messaoud ont lieu des phénomènes de rosée de gelée blanche (couche mince d'eau d'origine atmosphérique condensées sur ou près du sol) .

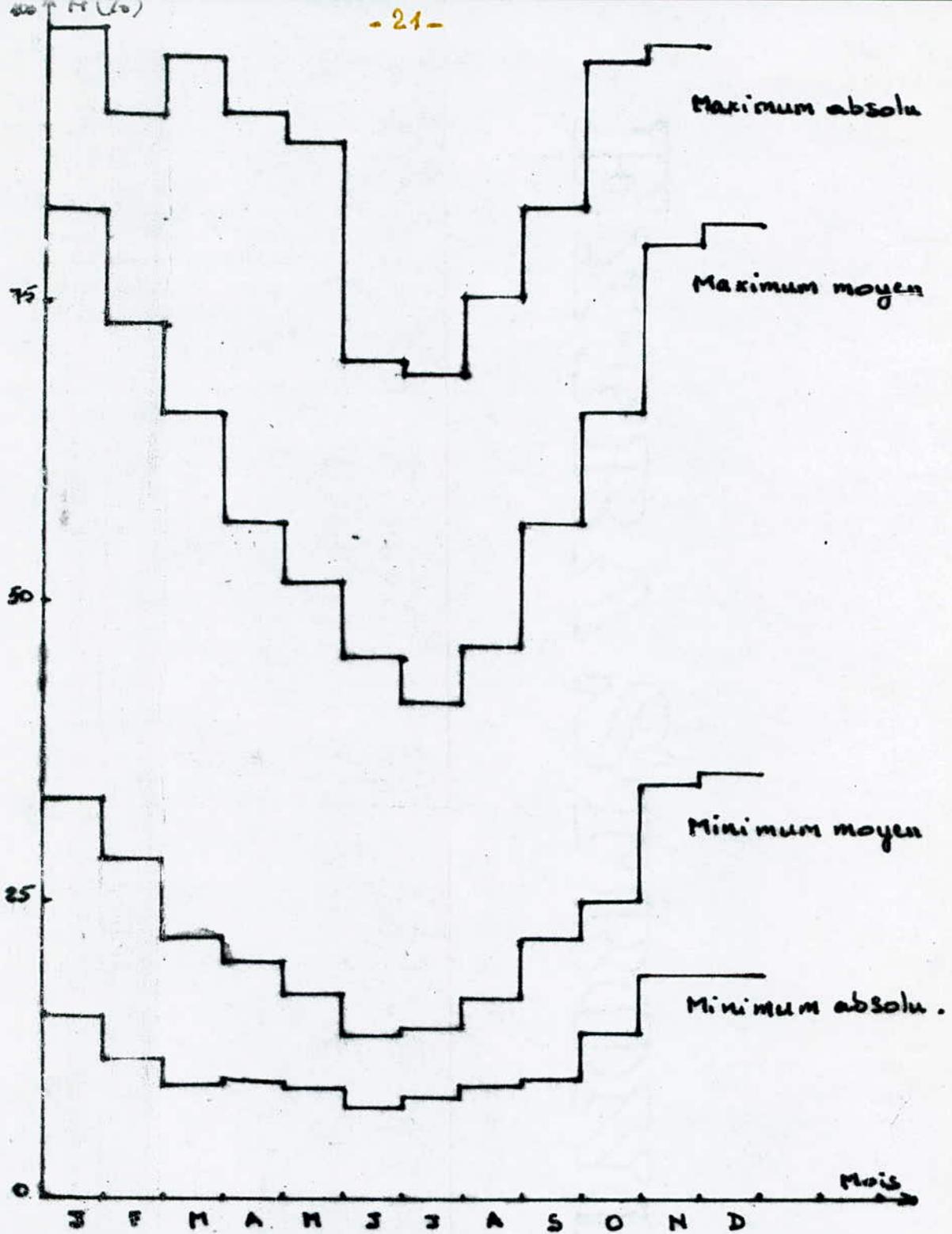


fig - 2.2 - Humidités maximales et minimales absolues en(%)
periode (1960 ÷ 1969 + 1972 ÷ 1981)
Humidités relatives maximales et minimales moyenne en(%)
periode (1972 ÷ 1981)
Region de Hassi-Messaoud (Altitude = 143m)

et de brouillard (eau en suspension dans l'air). Les renseignements sur ce genre de précipitation sont peu nombreux pour l'ensemble de la région.

Pour la région de Hassi Messaoud, la rosée peut être observée en hiver durant la nuit jusqu'au lever du soleil (fig -2-3-). Il en est de même pour la gelée blanche qui se manifeste en décembre et janvier entre 5H et 6H du matin [1]. L'existence du brouillard n'est qu'au niveau des plantations [1]. D'autre part, la neige, le givre et le verglassont inexistants dans la région.

La fréquence moyenne d'apparition de brouillard, de rosée et de gelée blanche dans cette région (tableau - 1 -) est de l'ordre de 1 jours de brouillard, 3 jours de rosée et 1 jours de gelée blanche en moyenne par an pour la période [1972 ÷ 1982] [1 , 15].

précipitations occultes	Région	Mois		Période												moyenne des années		
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					
Nbre de jours moyen mensuel de brouillard	Hassi Messaoud	1960	1969															0,5
		1974	1982	1,4	1,6	0	0	0,33	1,8	0	0	0	0	1	0,8			
Nbre moyen mensuel de rosée	Hassi Messaoud	1972																2,8
		1974	1982	9,4	4,7	3,66	0,5	0	0	0	0,33	0,5	3	1,3	1,6	5,5		
Nbre moyen mensuel de gelée blanche	Hassi Messaoud	1972																0,6
		1974	1982	1	/	1	0,33	1	1	0	/	0,33	/	1	1,6			
Nbre moyen mensuel de brouillard	Ourgla	1960	1969	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	X	1		1

X : Fréquence inférieure à 1/2 de jour.

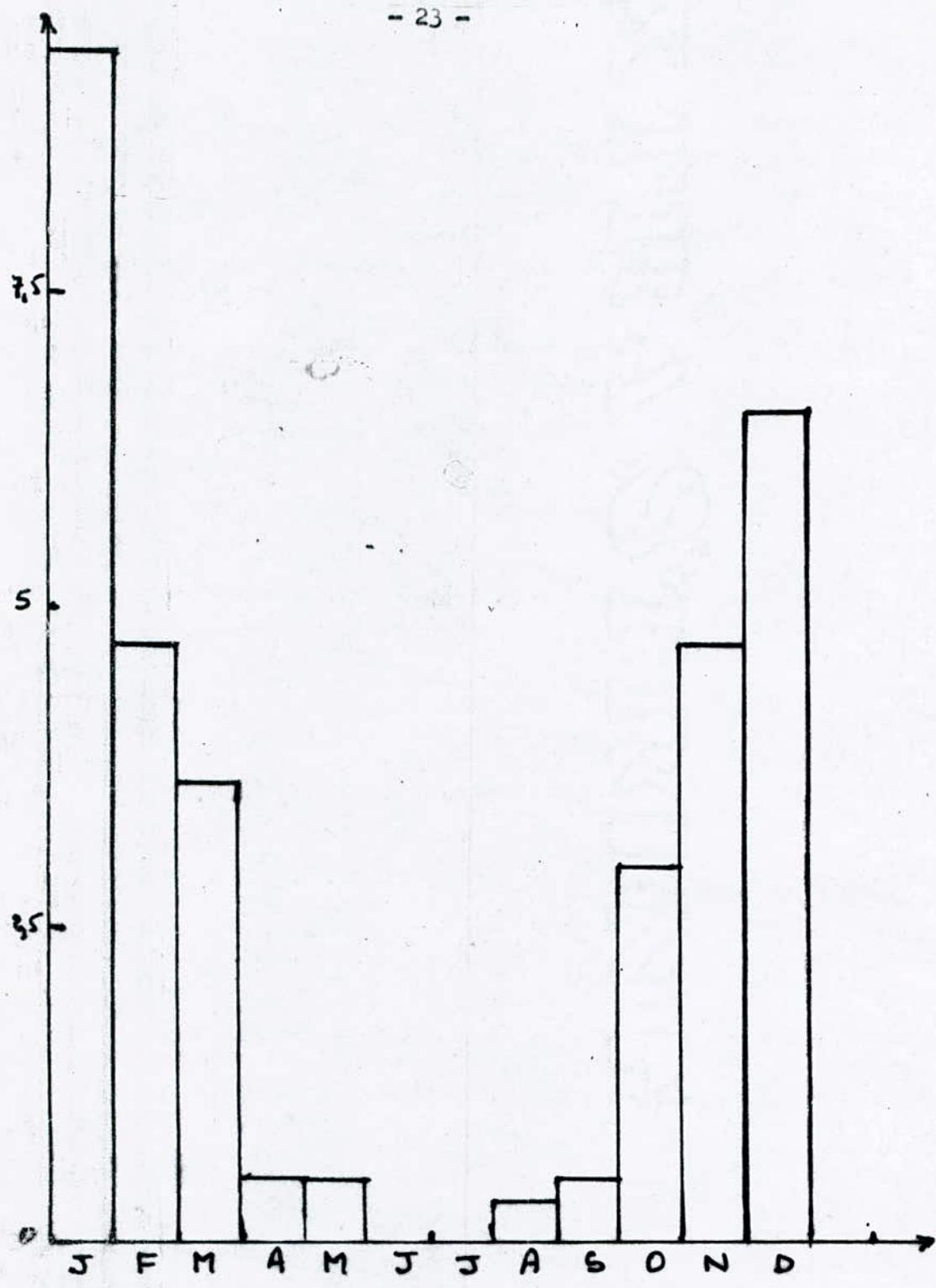


fig- 2.3 - Nombre de jours moyen mensuel de rosée
Region de Massi-Messaoud (Altitude 142m)
periode (1972 + 1974 ÷ 1986).

Les précipitations et l'humidité dans la région de Hassi Messaoud, malgré leur faible fréquence d'apparition, créent beaucoup de difficultés pour l'exploitation des isolateurs haute tension, surtout au cours des orages qui provoquent des surtensions dans les réseaux haute tension.

2-3-1-3- O r a g e s :

Le nombre de jours d'orages est restreint. Ceux-ci surviennent surtout au début de l'hiver (Octobre) et parfois au début de l'été (Juin) [15].
A Hassi Messaoud, on compte en moyenne 4 jours par an pour la période [1960 ÷ 1969 + 1975 + 1982]. Par contre à Ourgla, ce nombre est de 05 pour la période [1960 ÷ 1969] [15]. Ces orages sont, en général, accompagnés de chutes de grêle.

2-3-1-4- V e n t s :

Au Sahara, les vents varient en force et direction en fonction de la région; Souvent ces vents transportent une quantité importante de particules au dessus d'une surface de plusieurs kilomètres carrés. Les particules les plus fines peuvent monter à des hauteurs très grandes (plusieurs kilomètres), alors que les éléments grossiers ne s'élèvent qu'à 1,5 ou 2 m au dessus du sol [8].
Par vent violent, la concentration du sable à 1m du sol peut dépasser $50g/m^3$ et aller jusqu'à la saturation de l'air par le sable [8].

Dans la région de Hassi Messaoud, ces vents ont une moyenne de 20 m/s et une moyenne maximale de 30 m/s pour la période [1960 ÷ 1969 + 1972 + 1974 + 1986]. La vitesse maximale (46 m/s) a été atteinte le 15 juin 1974, sa direction était de 240 degré. Le vent a atteint également une vitesse de 45m/s en Mai 1983, sa direction était de 360 degré [15]. Les mêmes statistiques notent 65 vents de vitesse supérieure à 20 m/s pour la période [1960 + 1969 + 1972 + 1974 + 1986], une moyenne de 18 jours de tempêtes de sable (fig-2-4-) et 53 brumes de sable par an durant la période [1974 + 1982] [8, 15].

Ce genre de vents violents sont à l'origine de la propagation de la pollution.

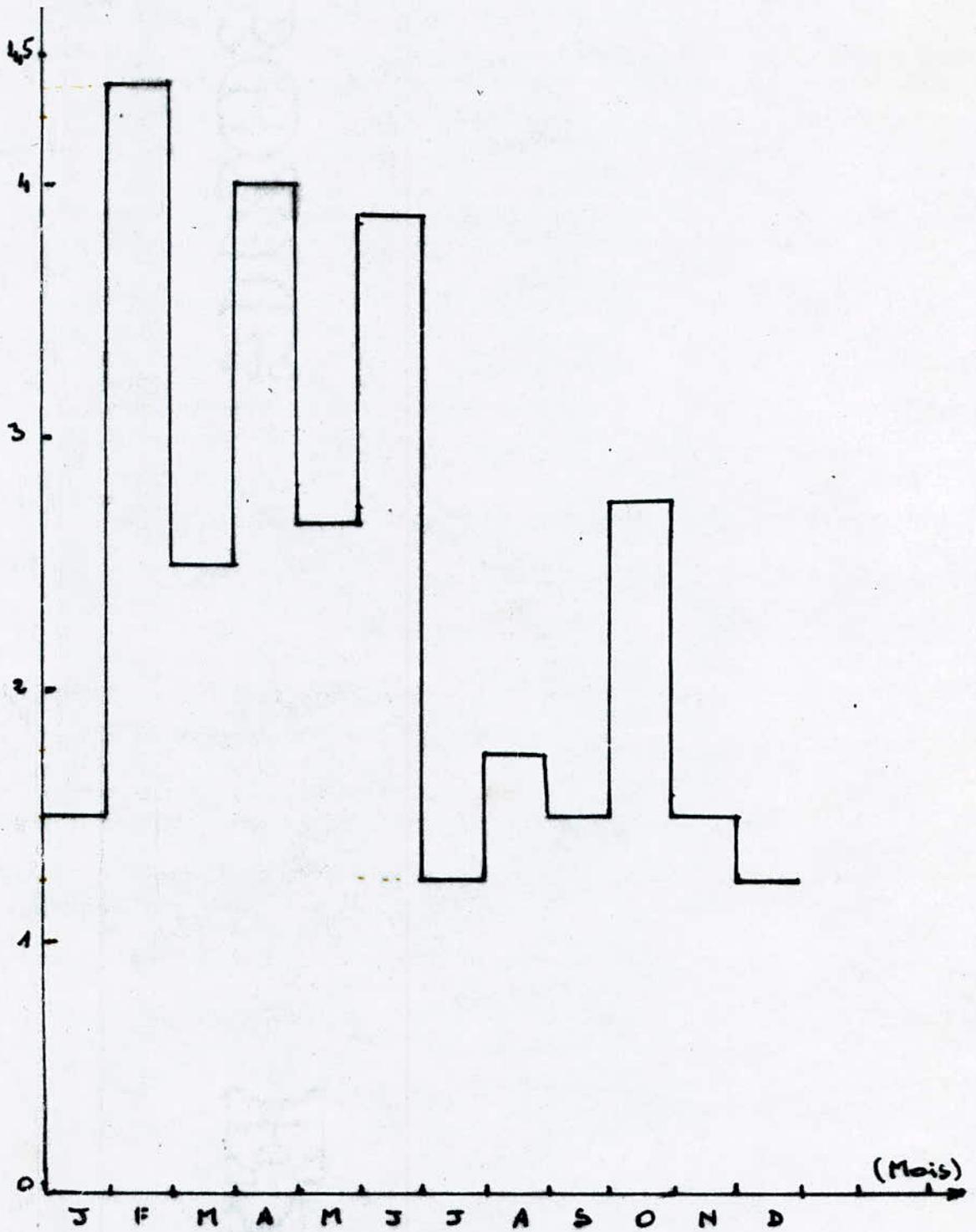


fig - 2.4 - moyenne mensuelle de Tempêtes de sable
Region de Hassi Messadoud
periode (1974 ÷ 1982)

2-3-1-5- Températures :

Elles subissent de très fortes variations. L'écart entre le jour et la nuit peut atteindre 20° en toute raison [1,2]. Pour les surfaces polluées, les hautes températures ont certainement une influence positive car elles séchent le dépôt de pollution et augmente sa résistance superficielle. La température, à la surface du sol, varie beaucoup avec la géographie du sol (latitude et altitude).

Dans la région de Hassi Messaoud, la température varie suivant les saisons, sa valeur moyenne est de l'ordre de 22,5° pour la période [1960 ÷ 1969 + 1972 ÷ 1986]. Elle varie de 11,5° à 34,5°. La température maximale enregistrée en juillet 1977 est de 46,5 tandis que la plus basse température minimale moyenne égale à 2,2° a été enregistrée en Janvier 1973 et 1981 pour la période [1972 ÷ 1986] (fig - 2. 6 -).

D'autre part, la température absolue varie de -3, 12° à 49° (fig -2.4-). La plus élevée (49°) est atteinte en juillet 1977 et la plus basse (-3, 12°) est enregistrée en décembre (moyenne de tous les mois de décembre pour la période 1960 ÷ 1969) durant la période [1960 ÷ 1969 + 1972 ÷ 1986] [15].

Dans la région d'El Oued, la température moyenne est de l'ordre de 22°, elle varie entre 9,7° enregistrée en Janvier 1985 et 33,8° enregistrée en juillet 1985 et Août 1986 [15].

Il est à noter qu'à la suite du refroidissement qui se produit pendant la nuit, l'humidité relative augmente considérablement pendant les premières heures du matin. Une baisse de température en d'une certaine limite, dépendant de l'humidité relative, donne naissance à la rosée.

2-3-1-6- Evaporation :

L'évaporation est intense, cela est dûe aux valeurs élevées des températures surtout aux mois de juillet et Août. La région de Hassi Messaoud compte une moyenne de 289 mm. Elle varie entre 241 mm et 318 mm. La plus grande valeur enregistrée est de l'ordre de 647 mm au mois de Juillet 1977 [1974 ÷ 1986]. La plus basse valeur enregistrée en décembre 1986 est égale à 64,9 mm pour la même période [15, 8].

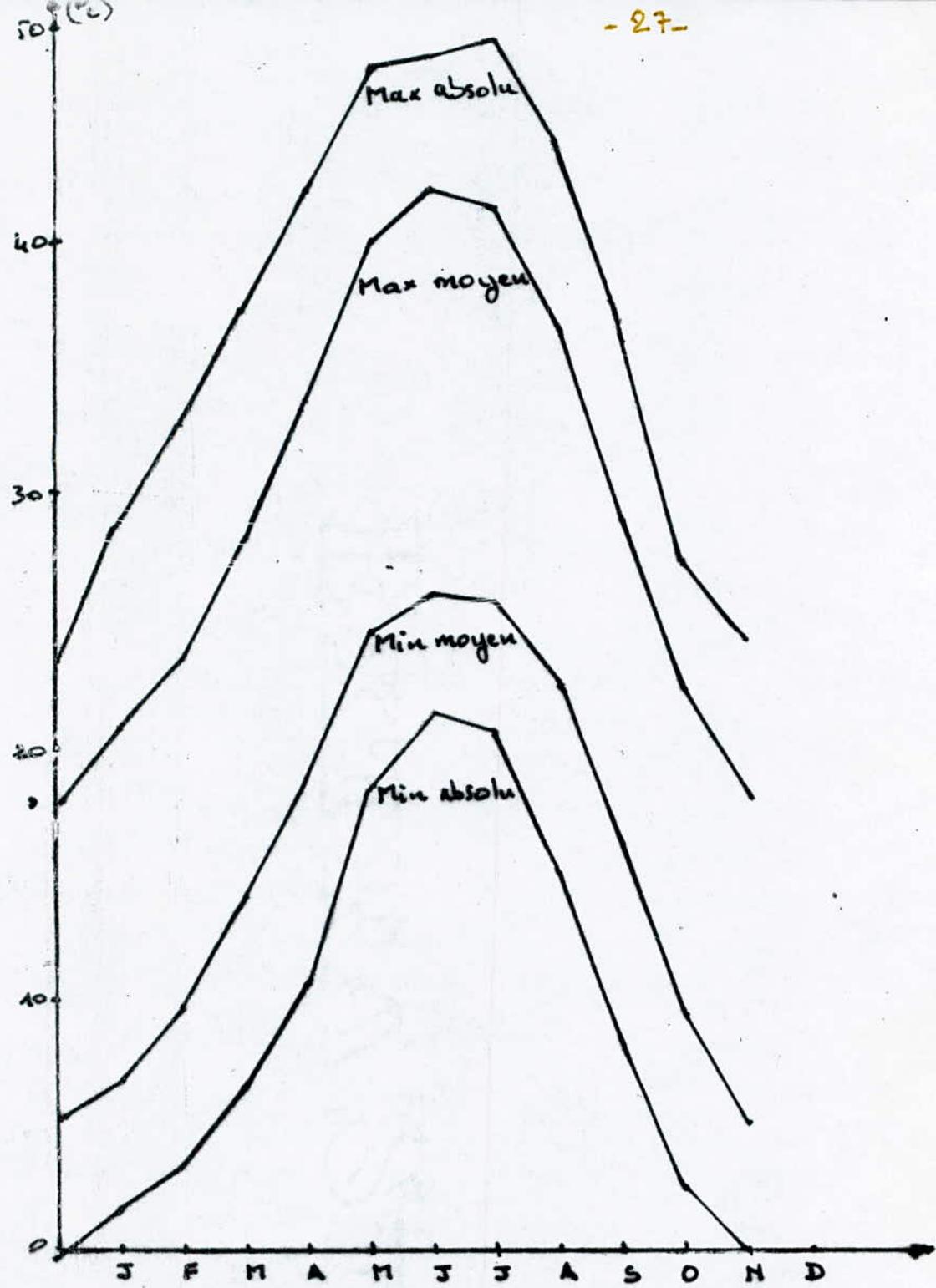


fig 2.5 - Températures maximales et minimales moyennes (°C) période (1972 ÷ 1986).
 Températures maximales et minimales absolues (°C) période (1960 ÷ 1969 + 1972 ÷ 1981)
 Région de Hassi Messaoud (Altitude: 142 m).

On peut dire que l'atmosphère du sahara Algérien peut évaporer une tranche d'eau de 100 à 200 fois plus grande que celle qui a été enregistrée au pluviomètre.

2-3-1-7- I n s o l a t i o n :

Au sahara Algérien, la nébulosité étant faible, la durée d'insolation y sont très importantes. Celles-ci sont beaucoup plus accentuées en été (juin à Août). Elles sont maximales dans les régions centrales et sont généralement plus élevées au sahara orientale qu'au sahara occidental. A Hassi Messacud, on note un nombre moyen annuel de 182 jours d'insolation continue dont 23 jours aux mois de juillet [1]. La moyenne annuelle des durées journalières d'insolation y est d'environ 10 H dont 8H en janvier et 13 H en Juillet [1].

2-3-2- Région de Hassi R'Mel :

2-3-2-1- H u m i d i t é :

L'humidité relative de l'air pour la région de Hassi R'Mel a une valeur moyenne de 37 % pour la période [1973 ÷ 1974]. La valeur maximale moyenne est de l'ordre de 47,33 %, par contre la valeur minimale moyenne est de 30,5 % pour la même période. Les valeurs absolues sont caractérisées par un minimum de 18 % et un maximum de 80 % [15].

Dans la région de Ghardaïa, la valeur moyenne annuelle de l'humidité est de l'ordre de 37 %, elle varie de 22 % (en août) à 25,5 % (en décembre) pour la période [1983 1986] [15].

Dans la région de Djelfa, l'humidité relative de l'air a une valeur moyenne de 59 % pour la période [1960 ÷ 1961 + 1967 ÷ 1982], [8,15]. Elle est accentuée surtout en hiver. De même, l'humidité relative maximale moyenne dépasse 90 % pendant plus de 5 mois de Chaque année [1972 ÷ 1981]. Par contre sa valeur minimale moyenne pour la même période est de l'ordre de 38 % (fig-2.) [15].

2-3-2-2- P r é c i p i t a t i o n :

Durant les quatre années [1983 ÷ 1986], la région de Ghardaïa a enregistré une moyenne de 3,5 mm de pluies par an. Tandis que, pour la période [1926 ÷ 1960], la hauteur maximale des pluies est de 29 mm.

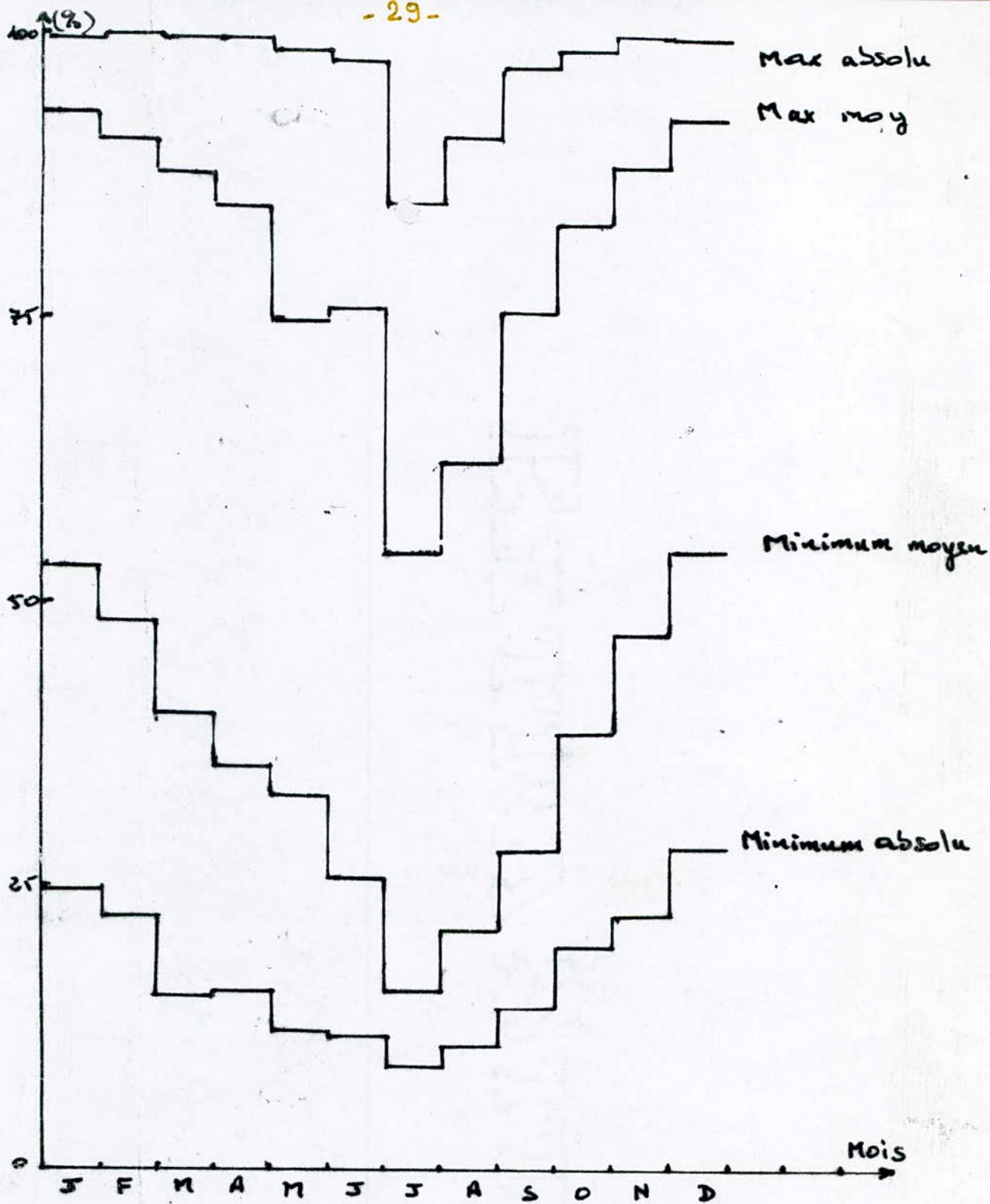


fig-2.6 - Humidités maximales et minimales moyennes (%)
 période (1960 + 1961 + 1967 ÷ 1970 + 1972 + 1981)
 Humidités maximales et minimales absolues (%)
 période (1972 + 1981)
 Région de Djelfa (Altitude: 1666 m)

Dans la région de Djelfa la valeur moyenne annuelle est de l'ordre de 2,87mm pour la période $[1960 \div 1962 + 1971 \div 1983]$ $[15]$.

La région de Hassi R'Mel compte 21 jours de pluies par an avec une valeur maximale mensuelle de 16 mm en novembre et une pluie annuelle de l'ordre de 120 mm $[15]$.

Ceci montre que la région de Hassi R'Mel est une région faiblement arrosée, surtout pendant la période de Juillet à Septembre. En ces mois, on enregistre la plus faibles précipitations.

2-3-2-3- P r é c i p i t a t i o n s o c c u l t e s :

Il existe peut de renseignements sur les phénomènes de rosée, de gelée blanche, de givre et de verglas qui peuvent se produire dans cette région du sahara Algérien. La gelée blanche, le brouillard et le givre sont rares même à haute altitude, quant au verglas et la neige, ils sont encore exceptionnels. On note par exemple dans la région de Hassi R'Mel 1 jour de Grêle par an et 2 jours de gelée blanche par an aux mois de janvier et Décembre $[15, 8]$.

Dans la région de Djelfa, le brouillard apparait le plus souvent durant la période de novembre à février, parfois en dehors de cette période. Quant à la région de Ghardaïa, on peut le considérer comme inexistant. La neige est également inexistante.

2-3-2-4- O r a g e s :

Les orages dans la région de Hassi R'Mel et ses environs surviennent surtout durant la période (mai - septembre). Nous donnons sur le tableau ci dessous le nombre moyen mensuel de jours d'orages en fonction des mois pour les deux régions de Ghardaïa et Laghouat.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	nbre total annuel	Période
Régions														
Laghouat	0	X	1	1	4	3	3	4	4	2	X	X	23	1960 ÷ 1969
Ghardaïa	X	X	X	X	1	1	1	X	1	1	X	0	7,5	1960 ÷ 1969

Fréquence inférieure à 1/2 de jour

2-3-2-5- V e n t s :

D'après les renseignements climatiques recueillis auprès des différentes stations météorologiques dans la région, nous pouvons dire que la vitesse et la direction des vents varient en fonction de la région. A Hassi-R'Mel, les directions des vents se répartissent comme suit [15] :

- Ouest : à 39 % au mois de Janvier
- Nord Ouest: à 39 % au mois de Décembre
- Nord Est : à 22 % au mois de Juillet.

La vitesse maximale est de l'ordre de 160 km/h. Nous pouvons dire que dans cette région, les vents de direction Nord et Nord Ouest prédominent durant toute l'année sauf en juillet et Août.

Dans la région de Ghardaïa, durant la période [1973 ÷ 1986] , la vitesse maximale (42 m/s) a été atteinte en avril 1985, sa direction était de 260 degré. On remarque également que la valeur de la vitesse est à chaque fois supérieure à 20 m/s durant cette même période.

Dans la région de Djelfa, la valeur de la vitesse du vent est de l'ordre de 28 m/s pour la période [1960 ÷ 1961] . La valeur maximale durant cette période (40 m/s) a été atteinte en Août 1960 et en mai 1961.

Dans ces régions, il y a toujours du sable dans l'air de granulométrie assez fine et les tempêtes de sable sont assez fréquentes. Cependant les vents de sable peuvent durer trois jours et plus [8] .

2-3-2-6- T e m p é r a t u r e :

Le régime des températures est caractérisé par une moyenne élevée avec de gros écarts entre la température diurne et la température nocturne. La variation diurne est maximale en juillet avec une valeur de 16°C. On observe dans cette région de Hassi R'Mel, les températures suivante pour le mois le plus chaud et le plus froid [8 , 15] (Tableau - 2.3 -).

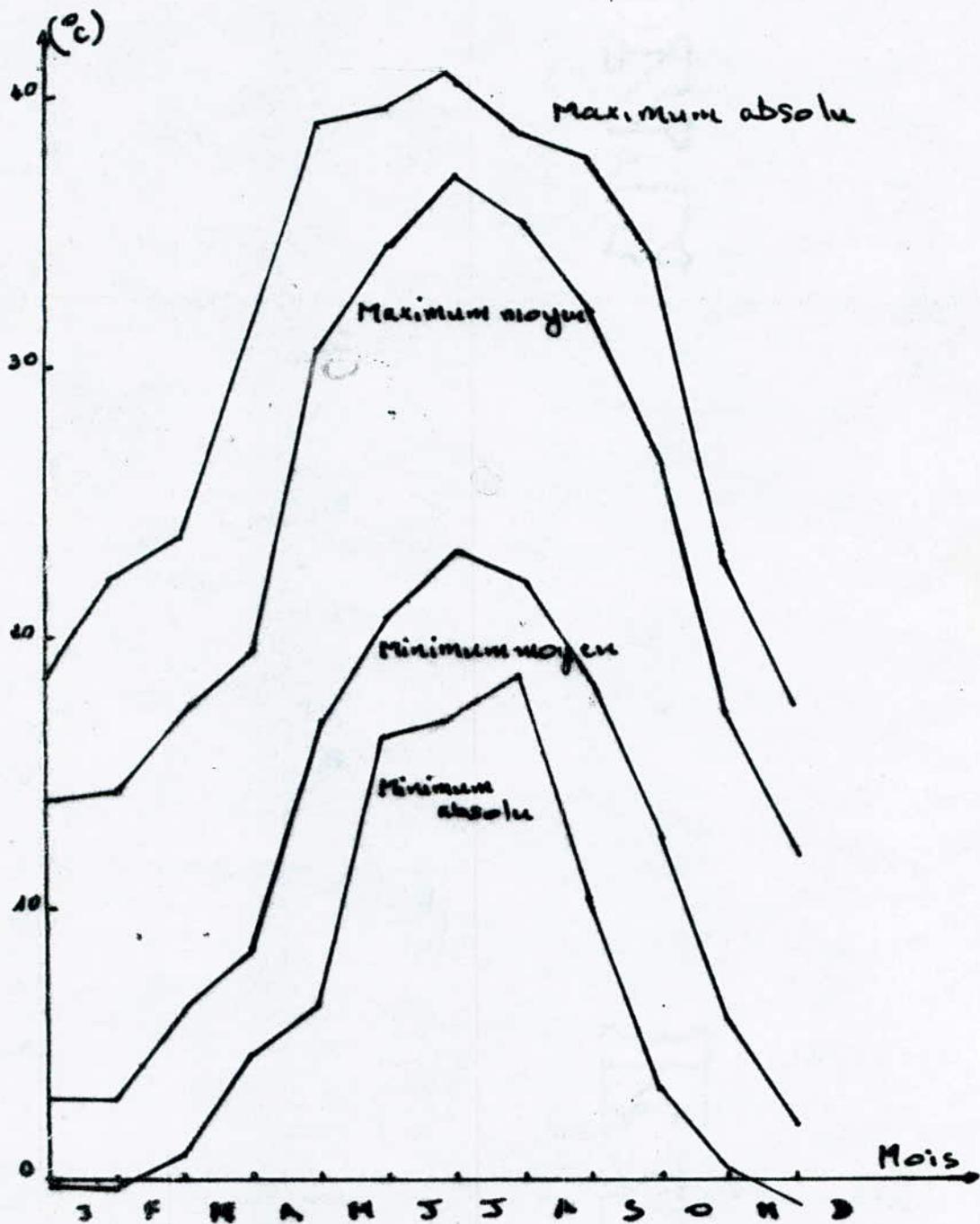


Fig-2. 7 - Températures maximales et minimales moyennes (°C)
periode (1973 + 1974)
Température maximale et minimale absolues (°C)
periode (1973 + 1974)
Region de Massi d'Inel (Altitude 750m)

Température Mois	Minimum absolue	Moyenne des minimales	Moyenne des maximales	Maximum absolue	Régions	Période
Janvier	5°	4,5°	16,5°	26°	Hassi R'Mel	/
Janvier	/	5,02°	15,81°	/	Ghardaïa	1983 ÷ 1986
Janvier	5,3°	0°	10,12°	17,1°	Djelfa	1960 ÷ 1970
Juillet	16°	25,2°	42,6°	49,5°	Hassi R'Mel	/
Juillet	/	25,91°	39,51°	/	Ghardaïa	1983 ÷ 1986
Juillet	8,82°	15,94°	33,21°	37°	Djelfa	1960 ÷ 1970

TABLEAU - 2 . 3 -

2-3-7- Evaporation et insolation :

La durée d'insolation est très importante dans cette région ; cette insolation qui est encore plus forte durant la période chaude provoque une évaporation très importante [1 - 8] .

La région de Ghardaïa compte une moyenne de 316 mm pour la période [1983 ÷ 1986] . Elle varie de 156 mm (en décembre) à 512 mm (en juillet) . Dans la région de Djelfa, l'évaporation est moins importante, sa valeur moyenne durant la période (1960 ÷ 1961) est de l'ordre de 172mm. Elle varie entre 48,5 mm (en Janvier) et 337 mm (en Juillet) .

2-4- Influence des conditions météorologiques désertiques sur le comportement des isolateurs haute tension :

Les caractéristiques essentielles des conditions météorologiques qui règnent dans le sahara Algérien et qui ont une influence directe sur le comportement des isolateurs des lignes de transports sont en particulier les suivantes :

2-4-1- Formation de la couche polluante :

A la suite d'une interaction entre l'écoulement d'un air de transport de la poussière et l'obstacle formé par les isolateurs, une couche de poussière se développe sur leurs surfaces. Un mouillage fréquent de la surface de l'isolateur favorise probablement l'adhérence de la couche de pollution. La rareté des précipitations rend l'auto-nettoyage pratiquement inefficace [5].

2-4-2- Influence de l'humidité :

Dans le désert, la surface des isolateurs peut s'humidifier dans certaines circonstances (averses de pluie très brèves ou formation de rosée lorsque la température chute brusquement pendant la nuit). Cette humidification crée beaucoup de difficultés pour l'exploitation du réseau haute tension car elle augmente la conductivité superficielle des isolateurs [6].

2-4-3- Influence du vent :

Dans le désert, l'influence du vent sur l'amorçage des isolateurs pollués paraît très complexe. Il est évident que le vent constitue l'agent qui assure le transport de la poussière qui vient se déposer sur la surface des isolateurs.

D'autre part, en l'absence de pluies le vent peut se comporter comme l'unique agent d'auto-nettoyage. De plus, on sait qu'un vent de faible vitesse est favorable à la formation de la rosée, mais par suite d'un refroidissement et d'un allongement plus marqué des arcs, elle joue un rôle défavorable à leur amorçage dans les zones sèches. On considère que ceci conduit à une amélioration du comportement des isolateurs [6].

2-3-4- Influence de la température :

Pour les surfaces polluées, les hautes températures ont certainement une influence positive, car elle séchent le dépôt et augmente sa résistivité superficielle. Alors que la différence de température entre la surface de l'isolateur et l'air ambiant peut provoquer le phénomène de condensation qui a un effet néfaste pour les isolateurs.

La différence de la température entre la nuit et le jours donnent la formation d'humidité sur la surface des isolateurs.

2-5- Types d'isolateurs :

Différents types d'isolateurs sont utilisés dans les régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel. Sur les lignes aériennes électriques, ce sont les isolateurs capot et tige à ligne de fuite renforcée, en verre, de couleur verte, qui sont les plus utilisés.

Pour le niveau de tension 30kv, on emploie trois (03) éléments dans les alignements et quatre(04) éléments dans les angles et les arrêts. Pour le niveau de tension 60kv, on emploie cinq(05) éléments pour les chaînes d'alignements et six éléments dans les angles et les arrêts. Par contre pour le niveau de tension 220 kv, le nombre d'éléments d'isolateurs utilisés est de douze(12) éléments à 16 éléments.

Les isolateurs en porcelaine sont plutôt rencontrés dans les postes de transformation (Traversées de disjoncteurs, de transformateurs, support...etc). Ce type d'isolateurs est généralement de couleur marron foncé.

Les chaînes d'isolateurs sont disposées différemment par rapport à la surface du sol (verticales, horizontales ou inclinées). Ceci suivant la facilité de réalisation des montages. Sur les lignes aériennes électriques, les isolateurs d'alignement sont disposés verticalement; par contre ceux des angles et des arrêts sont en disposition horizontale ou inclinée.

Dans les régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel, les isolateurs capot et tige les plus utilisés sont :

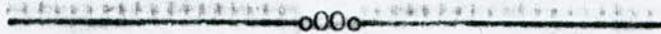
- En verre -

Type	1542 L	U 120	F 12 P	F 12 D
D'isolateurs				
longueur de la				
le fuite	292 mm	/	390 mm	340 mm

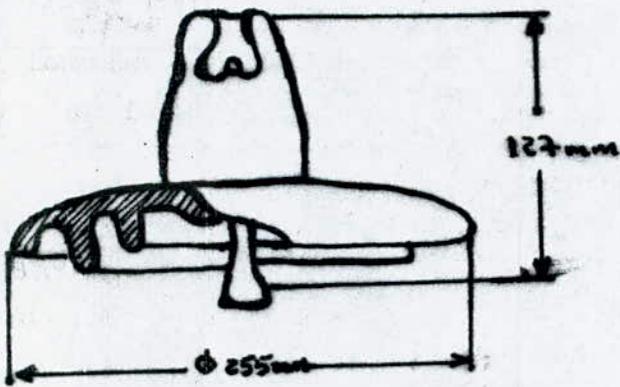
- En porcelaine -

Type d'isolateurs	N.G.K	C.T.B.M
Longueur de la ligne de fuite	432 mm	280 mm

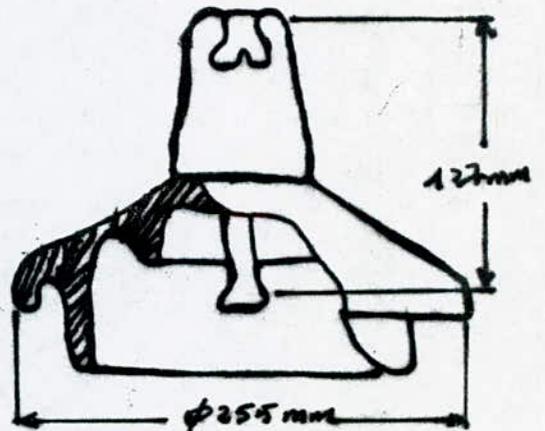
Sur les figures si dessous, nous présentons quelques formes d'isolateurs utilisés dans ces deux régions. (fig - 2. 7-).



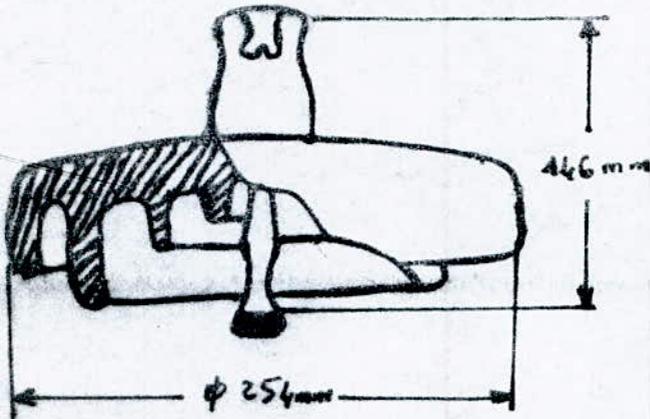
- Niveau de Tension 30 kV et 60 kV :



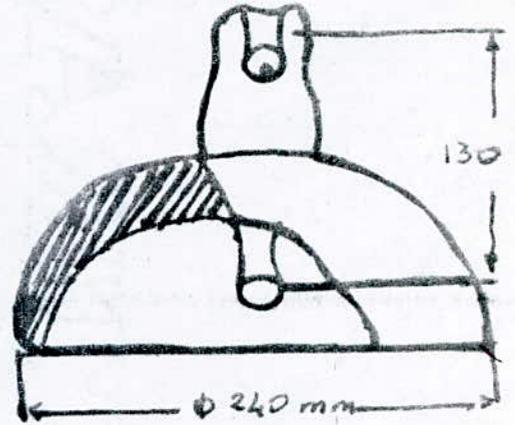
Type : 1512L
ligne de fuite : 292mm



Type : F12P
ligne de Fuite : 390mm

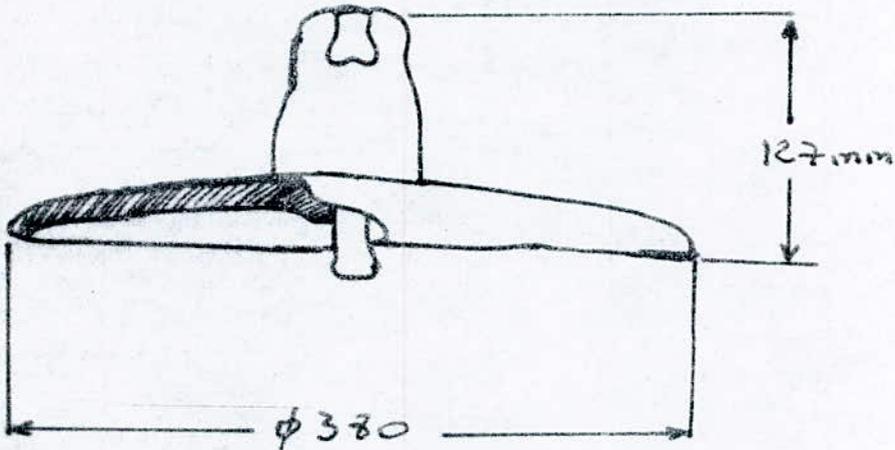


Type : M G K
ligne de fuite = 432 mm



Type : C.T.B.M
ligne de fuite = 280 mm

- Niveau 220 kV :



Type F 12 D
longueur de la ligne de fuite = 360 mm

fig - 2-7-

2-6- Caractéristiques de l'agent polluant :

2-6-1- Généralité :

Nous avons vu au chapitre précédent les différents types de pollution et la répartition de la couche polluante sur la surface des isolateurs . Pour l'étude des caractéristiques de l'agent polluant dans les deux régions de Hassi Messaoud et Hassi R'Mel, nous avons prélevé des échantillons de sable dans différents endroits de ces deux zones, lesquels ont fait l'objet d'analyse granulométriques et électriques.

Cette étude nous permettra de voir la variation des caractéristiques du sable avec le site et la hauteur correspondant .

Les analyse des échantillons de sable ont été effectuées au laboratoire de chimie du sol de l'F.N.R.H. (Institut Nationale des Ressources Hydrauliques).

2-6-2- Énumération des échantillons de sable :

2-6-2-1- Echantillons prélevés dans la région de Hassi Messaoud :

Echantillon n° H M 1 : prélevé près de la centrale de Hassi Messaoud Nord (HMN).
(Niveau = 0 m).

Echantillon n° H M 2 : prélevé sur une dune située à 100 m de la centrale de Hassi Messaoud Sud (HMS). (Niveau = 5 m).

Echantillon n° H M 3 : prélevé dans la centrale de Hassi Messaoud Sud. (Niveau = 0 m)

Echantillon n° H M 4 : prélevé dans la centrale d'El Oued (Niveau = 0 m).

Echantillon n° H M 5 : prélevé près de la centrale d'El Oued (Niveau = 0 m).

Echantillon n° H M 6 : prélevé sur une dune à 7 km de Ourgla (Niveau = 25 m).

Echantillon n° H M 7 : prélevé dans le poste de Ourgla. (Niveau = 0 m).

Echantillon n° H M 9 : prélevé dans le poste de Touggourt. (Niveau = 0 m).

Echantillon n° H M 10 : prélevé à la sortie de touggourt près d'un pylone 60 kv.
(Niveau = 4 m).

Echantillon n° H M 11 : prélevé entre El Oued et Touggourt (Niveau = 0 m)

Echantillon n° H M 12 : prélevé entre Touggourt et El Oued (Niveau = 4 m).

Echantillon n° H M 8 : prélevé dans le poste de Ourgla (Niveau = 0 m).

.../...

2-6-2-2- Echantillons prélevés dans la région de Hassi R'Mel :

Echantillon n° H R 1 : prélevé à Laghouat sous un pylône 60 k v. (Niveau = 0 m).

Echantillon n° H R 2 : prélevé à Berriane. (Niveau = 8 m).

Echantillon n° H R 3 : prélevé à proximité d'un pylône 30 k v Hassi R'Mel.
(Niveau = 0 m).

Echantillon n° H R 4 : prélevé au niveau du sol de la centrale de Hassi R'Mel.
(Niveau = 0 m).

Echantillon n° H R 5 : prélevé sur des chaînes d'isolateurs exposées dans le
poste de Hassi R'Mel (Niveau = 2 m).

2-6-3- Granulométrie :

Le classement des éléments donné par l'A I S S (Association Internationale de la Science du Sol), établit en 1926, est le suivant :

- Argile pour les éléments inférieurs à 0,002 mm
- LIMON FIN entre 0,002 mm et 0,02 mm
- LIMON GROSSIER entre 0,02 mm et 0,05 mm
- SABLE FIN entre 0,05 mm et 0,2 mm
- SABLE GROSSIER entre 0,2 mm et 2 mm

Les résultats de l'analyse concernant les différents échantillons sont donné sur le tableau-2.4 -

La distribution granulométrique des échantillons est représentée sur une échelle semi-logarithmique. Elle est représentée sur les figures (2. 8 à - 2 . 13) ainsi qu'en annexe.

D'après les analyses des différents échantillons, nous pouvons constater que les grains de sables sont en majorité fins et que le sable prélevés à El Oued est le plus fin 90 % , 85 %]. On peut remarquer également que le sable de la région de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel contiennent très peu d'Argile (au sens granulométrique, c'est à dire de dimensions inférieurs ou égales à 0,002 mm). Ceci s'explique par le transport des grains plus fins existant à la surface du sol, par le vent à des hauteurs considérables.

De même, on peut remarquer la variation accentuée de la grosseur des grains avec la hauteur. En effet, les échantillons H M 6 et H M 12 prélevés respectivement à 25 m et 4 m au dessus du sol contiennent 85 % et 90 % de sable fin. On peut ainsi conclure que les grains composant la couche polluante sur la surface des isolateurs, dans ^{ces} deux régions, sont plus fins (selon la hauteur de l'isolateur).

2-6-4- Conductivité :

La mesure de la conductivité électrique des différents échantillons de sable a été effectuée au laboratoire de l'I N R H. Les résultats obtenus pour chaque échantillon sont donnés dans le tableau A.

2-6-5- Caractéristiques Chimiques :

L'identification complète de l'agent polluant nécessite une analyse chimique très rigoureuse qui n'a pu être faite à temps.

Cette analyse chimique permet de déterminer les éléments ou les ions pouvant exister dans les échantillons de sable prélevés. Ces ions ont un rôle décisif dans le passage du courant de fuite.

Des études [1], [2] déjà effectuées sur la pollution dans les deux régions de Hassi Messaoud et Hassi R'Mel ont montré que l'agent polluant caractérisant les deux régions est essentiellement composé des éléments suivants $K^+ - Mg^{2+} - Ca^{2+} - Na^+ - Cl^- - SO_4^{2-}$ et C_3OH^- .

En conclusion, on peut dire que la pollution qui sévit dans les régions de Hassi Messaoud et Hassi R'Mel est très significative vu qu'elle est constituée essentiellement d'éléments conducteurs.

	Echantillon de H A S S I M E S A O U D												Echantillon de H S S I P M e l				
	HM1	HM2	HM3	HM4	HM5	HM6	HM7	HM8	HM9	HM10	HM11	HM 12	HR1	HR2	HR3	HR4	HR5
Argile (%)	6	5	13	6	3	7	4	8	4	4	4	6	12	20	0	2	3
LEMON FIN (%)	1	0	5	6	4	2	3	3	1	3	3	1	3	7	2	8	6
LEMON GROSSIER (%)	0	0	2	2	1	1	1	1	0	1	2	0	0	1	3	7	7
SABLE FIN (%)	81	72	54	83	77	85	62	82	85	80	54	90	78	53	61	55	77
SABLE GROSSIER (%)	14	22	25	3	10	5	29	7	10	10	35	4	8	20	34	29	8
CONDUCTIVITE en h o / cm	1,22	0,82	1,11	0,62	3,07	0,71	0,52	0,81	1,48	0,98	0,72	1,19	0,71	2,192	1,98	0,72	0,8
P H	8,31	8,39	8,18	8,50	7,99	8,52	8,41	8,32	8,11	8,33	8,41	8,0	/	/	/	8,19	8,10

Tableau - 2.4 -

Résultats des analyses des échantillons de sable
prélevés dans les régions étudiées.



fig-2.8 - Distribution granulométrique du sable
Hassi Messaoud (Niveau = 5m)
Echantillon N° HM 2

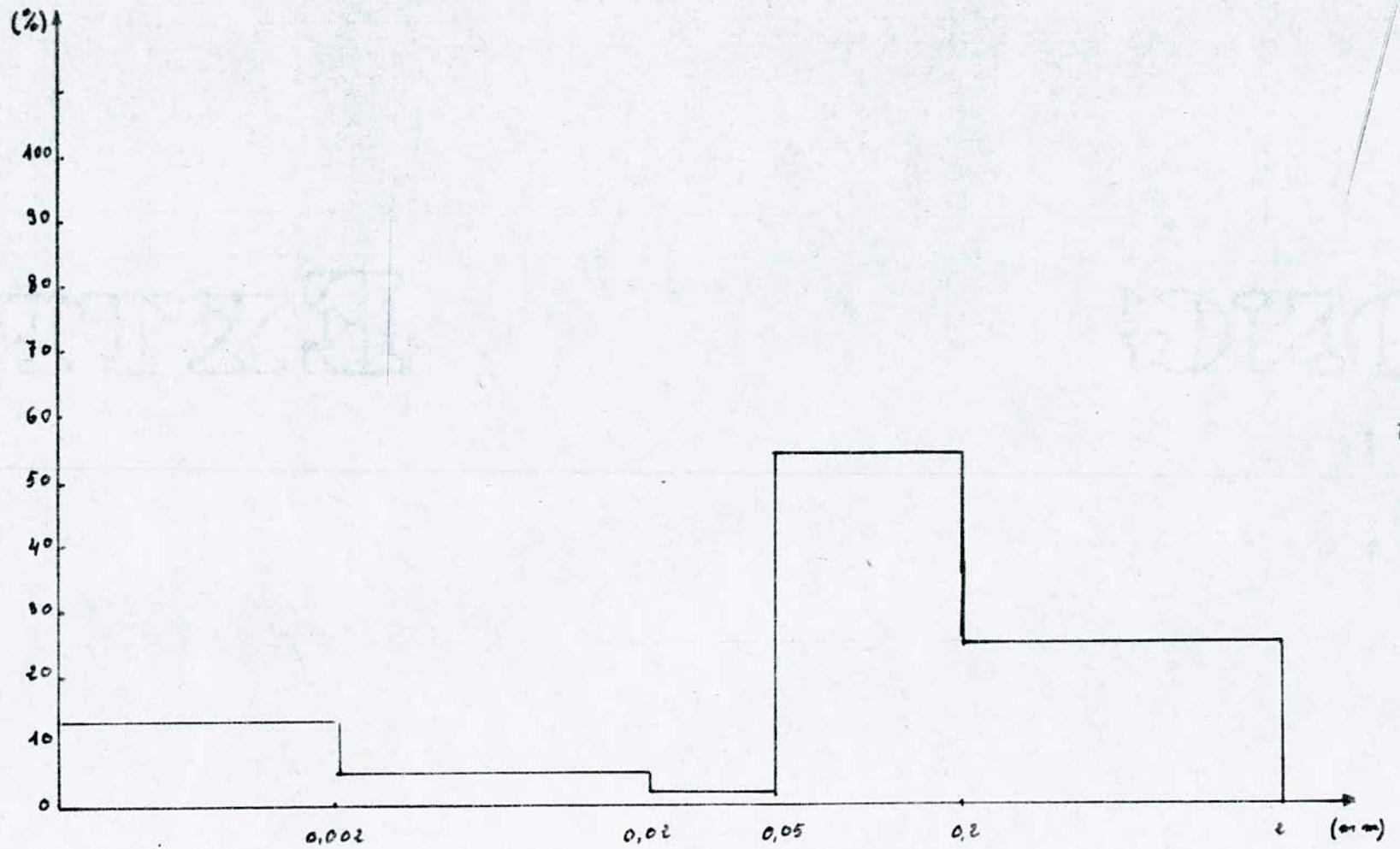


fig-2.9 - Distribution granulométrique du sable
 Hassi Messaoud. (Niveau $\approx 0m$)
 Échantillon N°: HM3

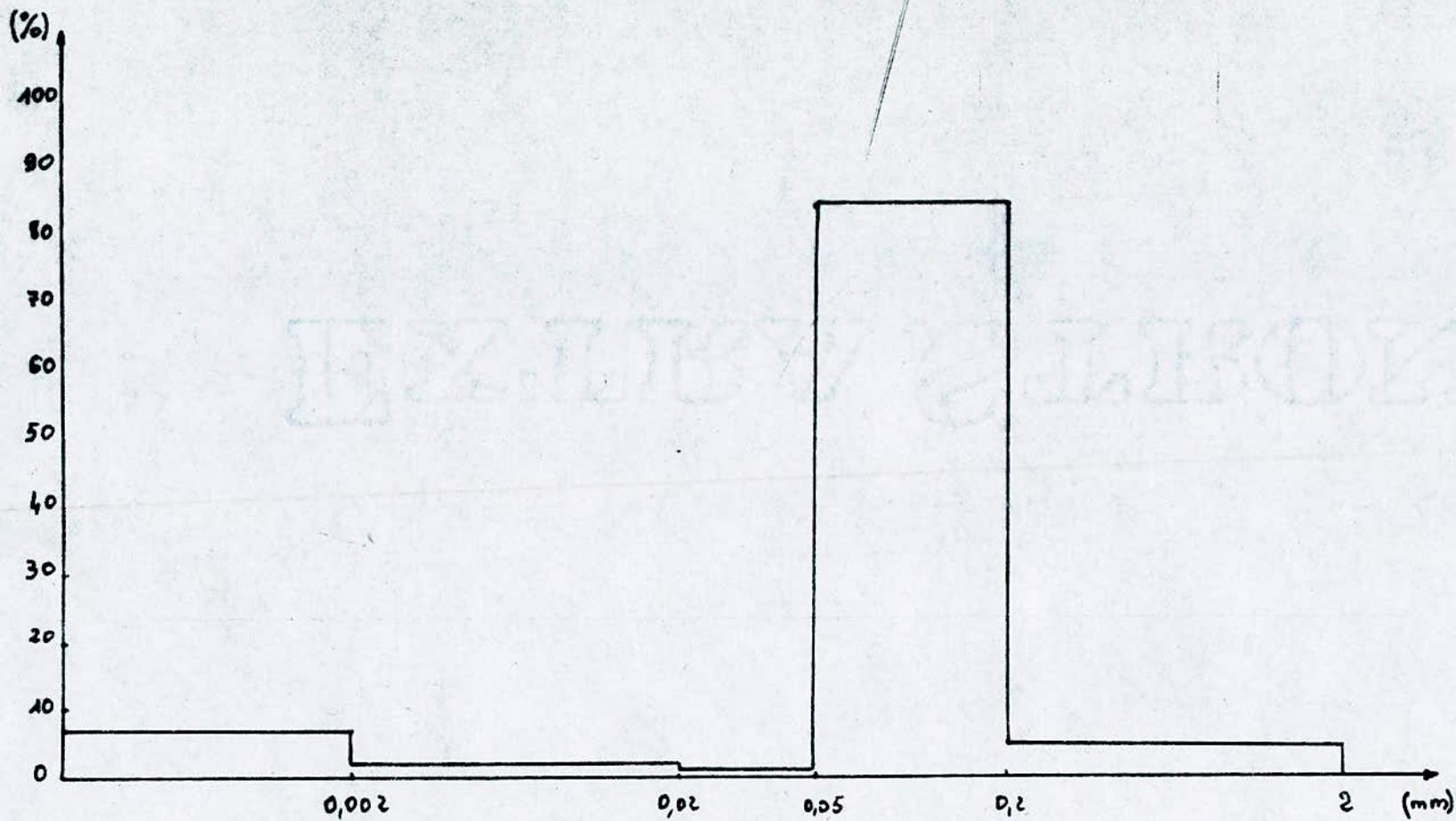


fig- 2.10 - Distribution granulométrique du sable
Ourgla (Niveau 85m)
Echantillon N° HMG

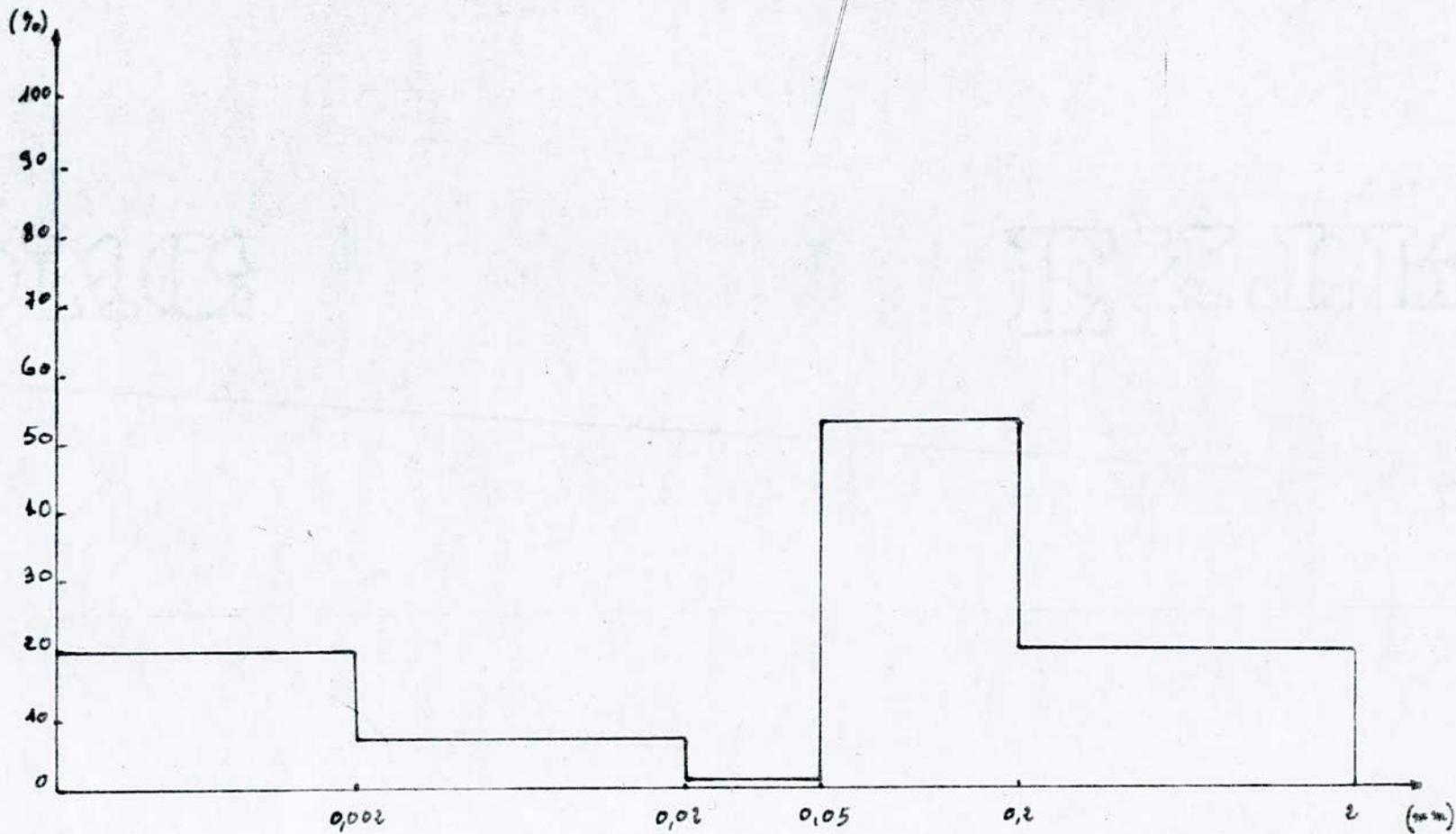


fig - 2.11 - Distribution granulométrique du sable
 Berriane. (Niveau 8m
 Echantillon N°HR 2

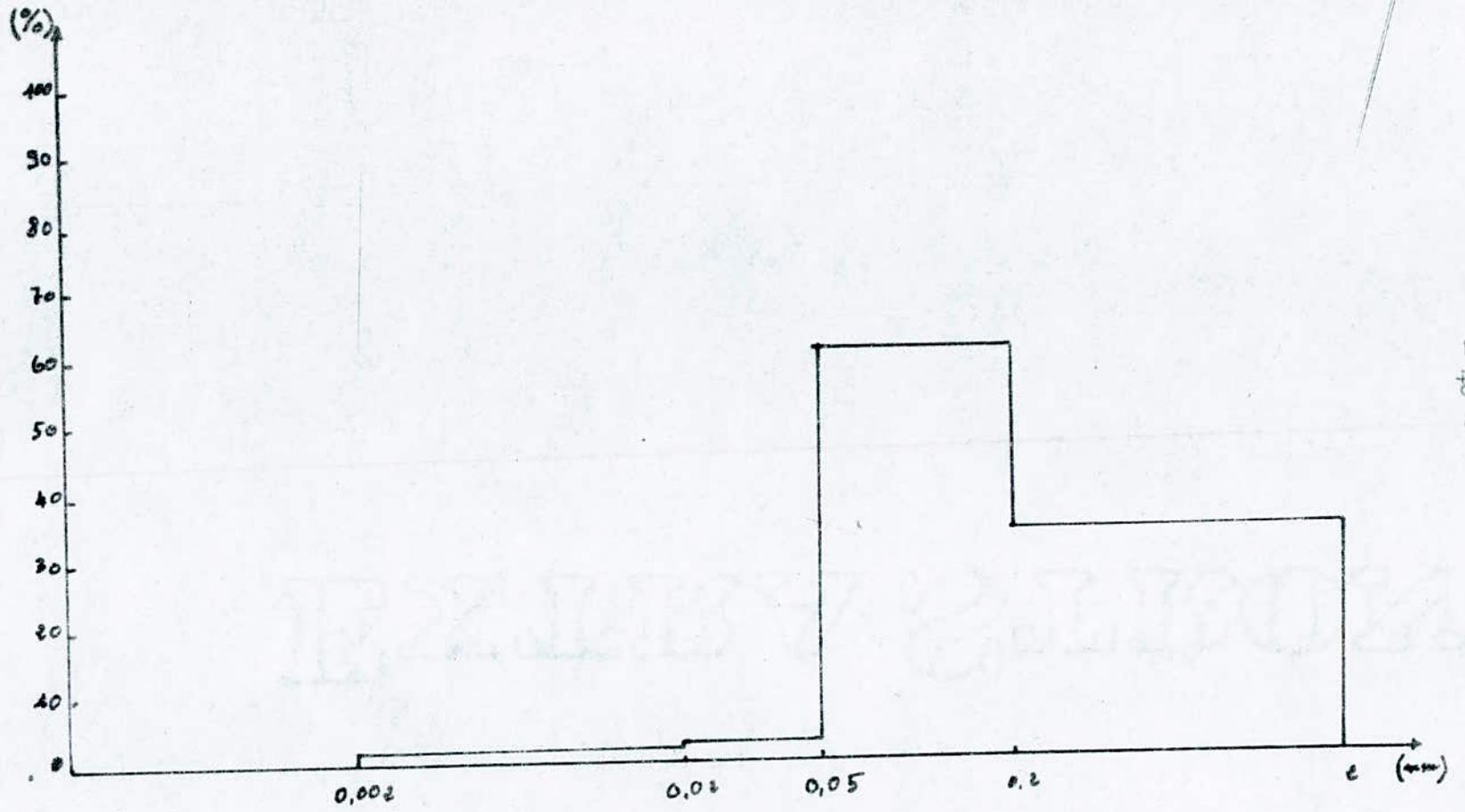


fig - 2.12 - Distribution granulométrique du sable
 Hassi R'Mel (Niveau > 0m)
 Echantillon N° HR3

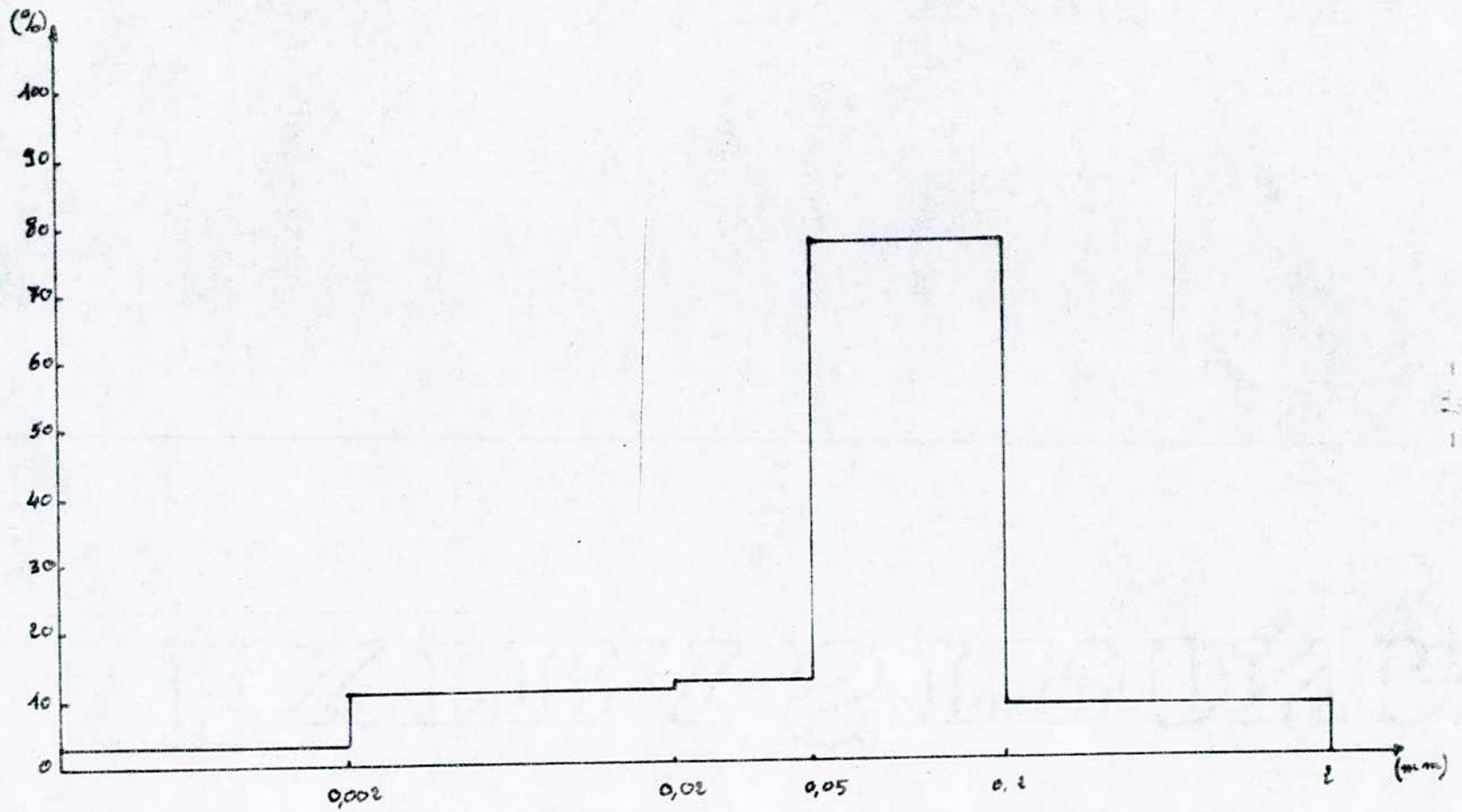


fig - 2.13 - Distribution granulométrique du sable
 Hassi R'Mel (Niveau = 2m)
 Echantillon N° : HR 5

CHAPITRE

-o0\$0o- 3 -o0\$0o-

ESSAIS AU LABORATOIRE DE L'ENPA

3-1- Généralité :

Les essais électriques en haute tension, sous pollution artificielle, acquièrent à travers le monde une signification croissante pour le dimensionnement des isolateurs des installations extérieures.

Le laboratoire de l'ENPA n'est pas doté d'un dispositif permettant la reproduction des conditions atmosphériques naturelles telles que la pollution, le brouillard, le vent, la pluie...etc. Il est donc difficile d'effectuer des essais sur des isolateurs artificiellement pollués dans ce laboratoire. Pour cela, nous avons utilisé des chaînes d'isolateurs à capot et tige de type différents et de sites choisis, ayant déjà servi dans l'exploitation, donc pollué dans des conditions naturelle.

Ces chaînes d'isolateurs ont été enlevées lors de notre stage dans les régions de Hassi Messaoud et Hassi R'Mel.

Les essais consistent à visualiser et à mesurer le courant de fuite circulant à travers le dépôt polluant humecté et à étudier le développement de l'arc électrique sur la surface polluée des isolateurs. Pour cela nous avons utilisé les éléments de chaque chaîne, un à un, en les numérotant à partir de l'élément relié au fil de haute tension.

Dans ce chapitre seront présentés les circuits d'essai et de mesure, les essais effectués et les résultats obtenus permettant de mettre en évidence le phénomène du développement de l'arc électrique et sa relation avec le courant de fuite.

3-2- Énumération des chaînes d'isolateurs prélevées dans les régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel :

.../...

3-2-1- Chaines d'isolateurs prélevées dans la région de Hassi Messaoud :

Chaîne n° H M 1 : prélevée sur une ligne 60 kv entre H M S et H M N à 10 km de H M N. - Type 15/2L . / - 5 éléments - .

Chaîne n° H M 2 : prélevée sur une ligne 60 kv entre H M N et H M S à 10 km de H M S. - Type anti polluant / 5 éléments -

Chaîne n° H M 3 : prélevée à Haoud en Hamra sur une ligne 30 kv. Type 15 I 2 L / 3 éléments.

Chaîne n° H M 4 : prélevée à Hassi Messaoud sur une ligne 60 kv. Type 15 I 2 L / 5 éléments.

3-2-2- Chaines d'isolateurs prélevées dans la région de Hassi R'Mel :

Chaîne n° H R 1 : prélevée à Tilghamt (25 km de Hassi R'Mel) sur une ligne 60 kv. - Type 15 I 2 L / 5 éléments.

Chaîne n° H R 2 : prélevée à Laghouat et Djelfa (35 km de Djelfa) sur une ligne 60 kv. Type 15 I 2 L / 5 éléments.

Chaîne n° H R 3 : prélevée à Laghouat sur une ligne de 60 kv. Type 15 I 2 L / 5 éléments.

Chaîne n° H R 4 : prélevée à Hassi R'Mel sur une ligne 60 kv. Type 15 I 2 L / 5 éléments.

Toutes les chaines prélevées dans les deux régions étaient en position verticale.

3-3- Equipement de laboratoire de l'E N P :

L'équipement actuelle de la station d'essais à fréquence industrielle de l'E.N.P est de marque HAFFLEY , cette station comprend (fig - 3.1.-):

- 1- Interrupteur d'alimentation générale
- 2- Contacteur de commande
- 3- Transformateur d'isolement
- 4- Transformateur de réglage 220/500 V - (50 kvA) -
- 5- Transformateur d'essai 0,5/300 kv - 50 KVA -
- 6- Diviseur capacitif de tension C = 400 pF
- 7- Pupitre de commande
- 8- Objet d'essai.

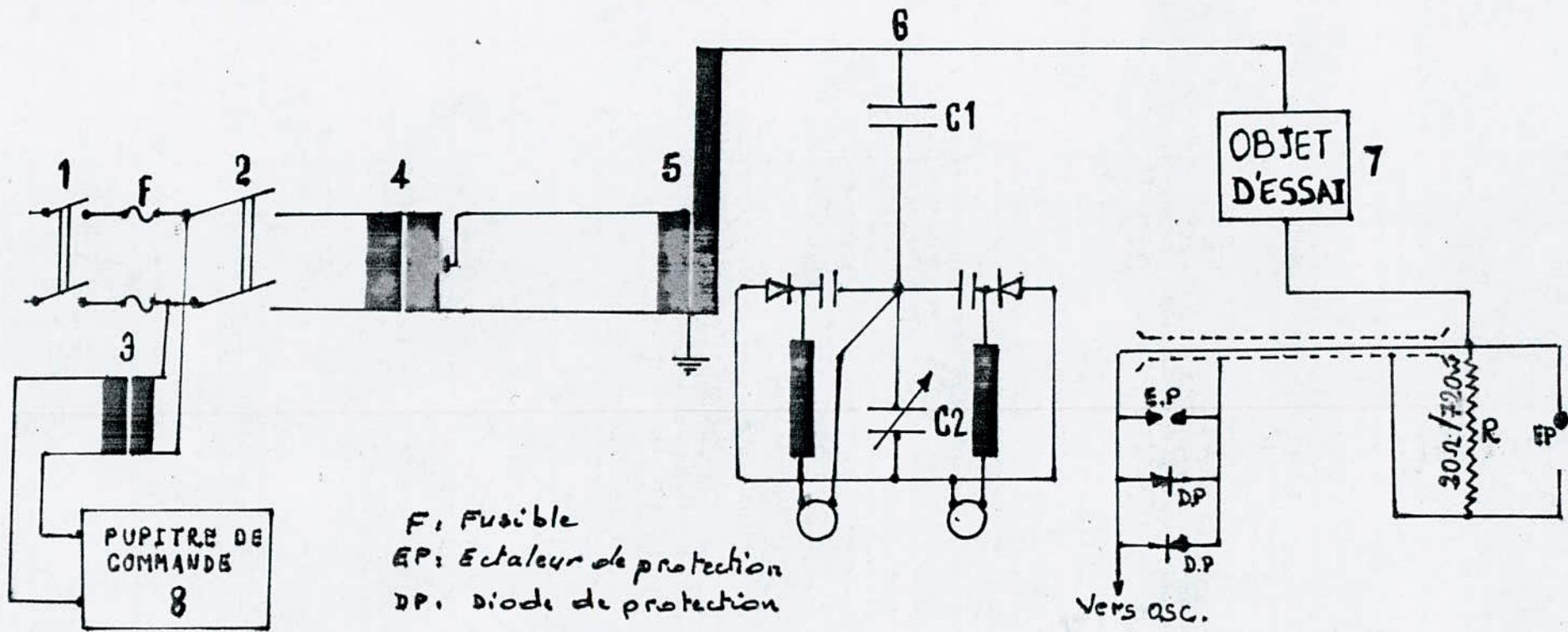


fig. 3.1. schéma du circuit d'essai.

3-4- Circuit de mesure :

Afin de mesurer le courant de fuite de chaque isolateur une résistance de $20 \mu / 720 W$ a été insérée dans le retour de terre de celui-ci. Le signal du courant est relevé aux bornes de la résistance sur l'oscilloscope à l'aide d'un câble coaxiale (donc c'est une tension qui est visualisée). Pour éviter l'influence du champ électrique, qui pourrait introduire des parasites dans le signal recueilli, la résistance a été introduite dans une boîte métallique mise à la terre, formant ainsi un écran (le champ à l'intérieur de la boîte est nul) et le câble qui la relie à l'isolateur à une longueur la plus réduite possible.

Un éclateur a été utilisé pour protéger la résistance contre les surtensions lors du contournement. Pour la protection de l'oscilloscope, on a utilisé un éclateur, s'amorçant à une tension de 230 V, en parallèle avec deux diodes montées en tête bêche et parallèles entre elles (fig -3-1-).

Pour l'enregistrement du courant de fuite et du développement des décharges électriques, nous avons utilisé des appareils photographiques (photos statiques).

L'humidification de la couche polluante est obtenue par pulvérisation continue d'eau distillée et cela à l'aide de deux pulvérisateurs réalisés avec des récipients en matière plastique de 5 litre de volume. Le principe de fonctionnement est identique à ceux existants dans le commerce.

Deux chambres noires sont utilisées pour bien photographier le courant de fuite sur l'oscilloscope et bien enregistrer le développement de la décharge sur la surface de l'isolateur. (fig - 3 - 2 -).

Pour l'introduction du conducteur haute tension dans la chambre noire, nous avons utilisé un isolateur de traversée propre et sec en porcelaine dont la tension d'amorçage est de 63 K V eff.

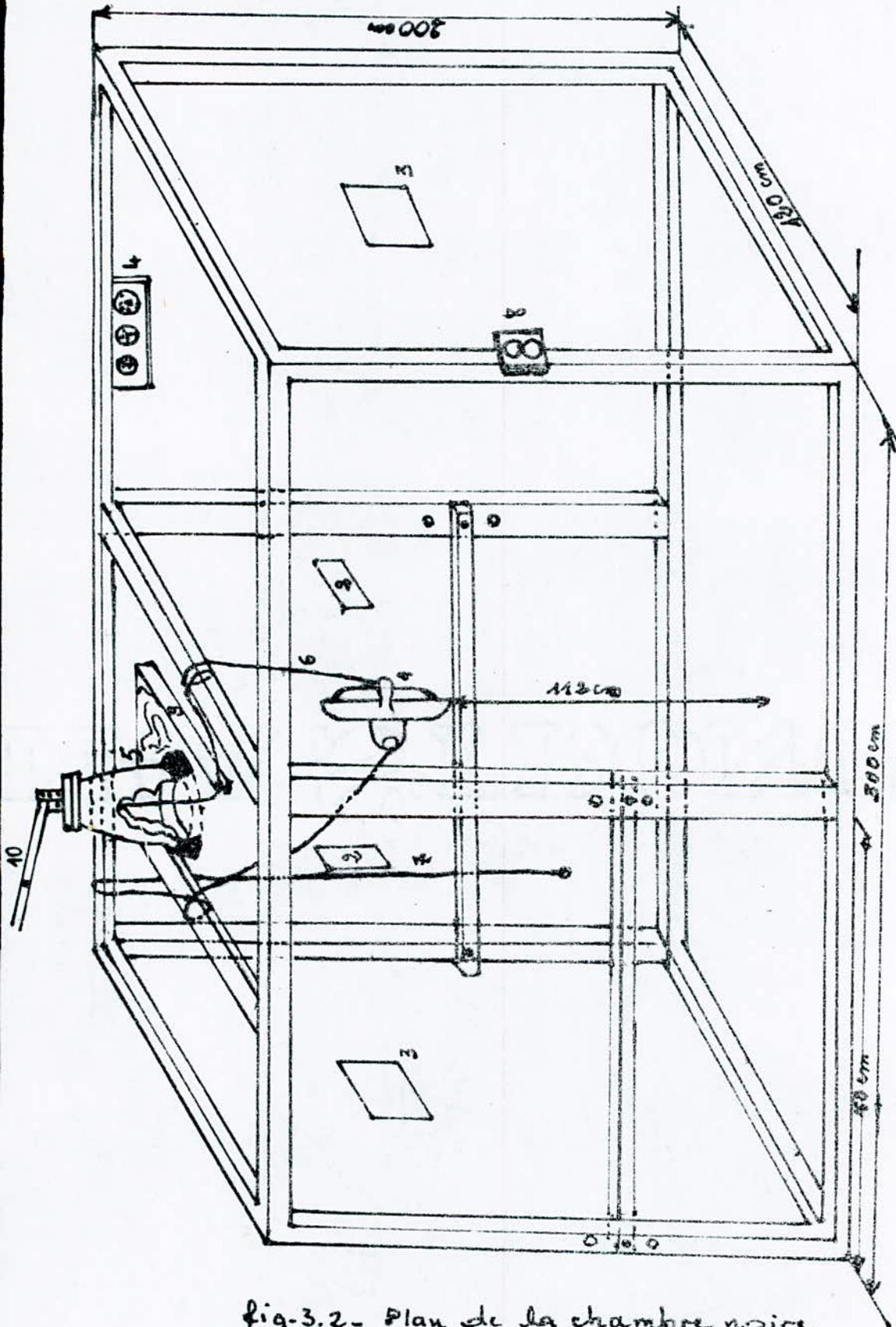


fig-3.2- Plan de la chambre noire et de l'isolateur d'essai

- 1- Isolateur d'essai
- 2- Pulvérisateur d'humidification
- 3- Appareils photographiques statique
- 4- Appareils donnant (la température , la pression et l'humidité relative de l'air).
- 5- Isolateur de traversée (en porcelaine)
- 6- Fil de haute tension
- 7- Fil mis à la terre
- 8- Interrupteur de commande
- 9- Support isolant en bois
- 10- Barre d'alimentation.

3-5- Essais priliminaires :

Avant d'entamer nos essais, nous avons mesuré les tensions de contournement de chaque isolateur à sec et humidifié pour pouvoir contrôler et ne pas dépasser ces valeurs dans nos essais ultérieurs.

Ces essais de contournement sont effectués à l'extérieur de la chambre noire. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau-3-1-. Les valeurs indiquées représentent la moyenne des tensions de contournement des éléments de chaque chaîne d'isolateurs.

Eléments des chaînes d'isolateurs	région de Hassi Messaoud				région de Hassi R'Mel				Condition climatique
	H M 1	H M 2	H M 3	H M 4	H R 1	H R 2	H R 3	H R 4	
Venue des isolateurs à sec (KV eff)	56	54,9	58	65,5	59,2	41	52,8	61,6	P=765mm / Hg T= 20° H= 72 %
Venue des isolateurs humidifiés (KV eff)	23,3	25	22,8	24,5	21,8	23,5	24,5	23,6	P= 761 mm/Hg T= 23° H= 68 %

T A B L E A U - 3 - 1 -

Les isolateurs de la chaîne N° H M 2 sont du type antipolluant. Les autres sont tous du type 15 I2 L. On remarque que la tension de contournement avec couche humidifiée des éléments de la chaîne d'isolateurs n° H M 2 est la plus grande.

La tension de tenue de l'isolateur du type 15 I2 L sous pluie est égale à 40 kv $\angle 3 \angle$. Cela nous permet de constater l'effet de la pollution sur la tension de contournement des isolateurs. Les valeurs déterminées dans nos essais le confirment.

D'autre part, pour la protection du matériel sous tension et pour éviter le court circuit du transformateur d'essai lors du contreournement, nous avons pensé à placer un isolateur propre en série avec celui à étudier. Celui-ci à une résistance superficielle et une tension de contreournement à sec très grande par rapport à l'isolateur pollué. Nous avons utilisé différents circuits de mesure pour vérifier le montage le mieux adaptable et voir celui qui nous donnera la plus exacte valeur du courant de fuite. Ces circuits de mesure sont présentés ci-dessous. (fig -3-3-).

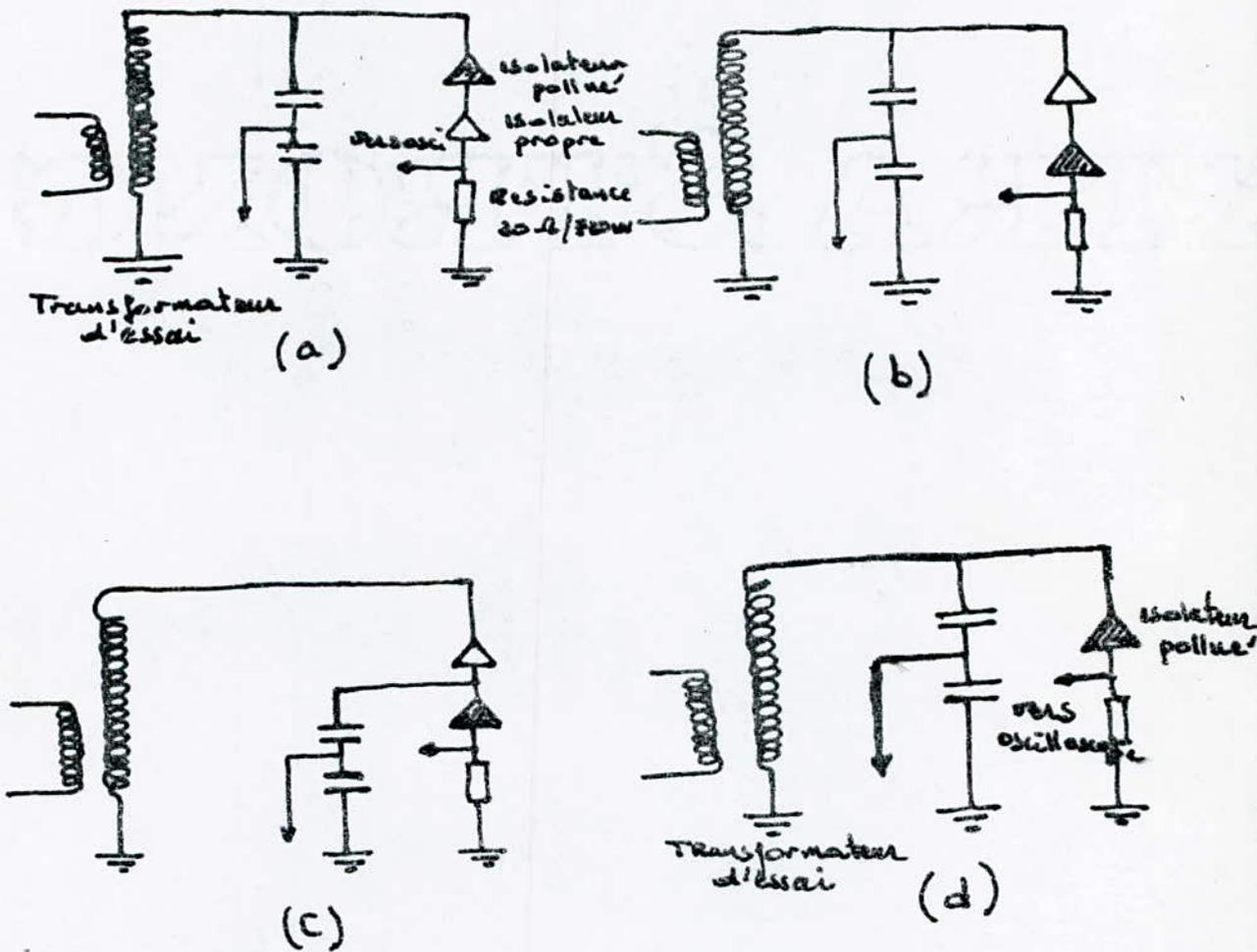


fig-3.3. Circuit de mesure pour les essais préliminaires.

Les relevés de mesure pour le circuit(d) nous ont donné une variation du courant de fuite de 15mA à 41,5 mA pour une tension appliquée variable entre 15 KV eff à 22 KV eff.

Par contre, pour les circuits(a - b - c), lorsque la tension varie de 28 KV eff à 49 KV eff, le courant de fuite, presque nul, passe de 1mA à 2mA. Nous constatons donc que ces trois derniers montages affaiblissent beaucoup la valeur du courant de fuite, alors que le premier montage permet les meilleurs résultats. L'explication réside dans la très grande résistance de l'isolateur propre qui diminue considérablement la valeur du courant. Pour les essais qui suivent, nous utiliserons le circuit(d).

3-6- Mode Opératoire :

3-6-1- Objet d'essais :

Pour nos essais, nous avons utilisé à chaque fois un isolateur choisi, capot et tige, en verre, suspendu horizontalement par les deux fils d'alimentation à 112 cm du sol. Sa tige étant fixée à la haute tension, le capot est relié au fil de prise de terre.

3-6-2- Humidification de l'objet d'essai :

La couche de pollution est humectée de deux manières différentes, une seule fois avant l'application de la tension ou continuellement durant tout l'essai. L'Humidification est assurée par deux pulvérisateurs, déjà mentionnés, chacun humectant une face de l'isolateur pollué.

3-6-3- Application de la tension :

La Tension d'essai peut être appliquée de deux manières différentes progressivement, jusqu'au contournement, elle nous permet d'étudier le temps, en fonction de la tension, la longueur de l'arc et le courant de fuite par palier, pendant un temps suffisant pour avoir le régime stable permanent, elle nous donne pour chaque niveau de tension, la longueur de l'arc(X) et le courant de fuite(I) correspondant.

Cette deuxième méthode d'application est souvent utilisable parcequ'elle nous permet d'avoir, pour chaque type d'isolateur, les caractéristiques V(I), V(X) et X(I).

3-6-4- Enregistrement de la longueur d'arc et du courant de fuite :

L'Enregistrement de la longueur d'arc (X) et du courant de fuite (I) nécessite des caméras. N'étant pas disponibles, nous avons prévu trois appareils photographiques. Deux pour l'enregistrement de l'arc. Situées de chaque côté de l'axe de l'isolateur, elle visent chacune une de ces faces. La troisième visualité le courant de fuite qui apparait sur l'écran de l'oscilloscope. Les appareils photographiques doivent être placés dans le prolongement de l'axe de l'isolateur.

3-7- Essais :

Pour nos essais, nous avons appliqué deux méthodes.

/1/ Méthode I / : L'isolateur pollué, alors hors tension est soumis à une fine pulvérisation continue d'eau distillée. Ensuite la tension est appliquée et augmentée par échelon jusqu'à une valeur choisie inférieure à la valeur critique.

Le passage d'un niveau de tension à un autre, supérieur, se fait à partir du niveau de tension précédemment appliqué. Pour chaque niveau de tension nous prenons des photographies de l'arc électrique et du courant de fuite correspondant.

/2/ Méthode II / : L'isolateur pollué, alors hors tension, est soumis à la pulvérisation continue d'eau distillée. Ensuite la tension est appliquée et augmentée jusqu'à une valeur choisie. Nous prenons les photographies de l'arc électrique et du courant de fuite. Nous revenons au niveau de tension zéro avant de reprendre les mesures suivantes. Pour chaque isolateur, nous effectuons 3 mesures.

3-7-1- Observation du phénomène :

3-7-1-1- Arc électrique :

Lorsque la tension appliquée atteint celle de l'effet couronne. Les premières décharges apparaissent sur la surface de la couche polluante de l'isolateur et sur son pourtour sous forme d'aigrettes lumineuses.

L'explication de ceci peut être attribuée au fait que le champ électrique est très intense autour des particules de la couche polluante ou sont apparues les décharges électriques.

Quand la couche commence à sécher, nous constatons que ces décharges disparaissent et réapparaissent autour de la base du capot et de la tige de l'isolateur (électrodes d'alimentation). En augmentant la tension à un certain niveau, l'arc s'allonge en balayant une zone à peu près circulaire et bien de limitée autour des électrodes qu'il assèche progressivement. La pulvérisation étant continuellement entretenu un régime permanent d'établit d'établit.

Si nous augmentons encore la tension, les arcs s'allongent, la zone balayée s'étant puis se stabilise à nouveau. En élevant ainsi progressivement la tension par échelon, nous allons atteindre un état critique au delà duquel toute nouvelle augmentation de la tension provoque immédiatement le contournement de l'isolateur.

Lors d'une évaporation accentuée, l'apparition de ces arcs est fugitive et leur disparition à lieu quand la couche devient sèche.

Durant nos essais, nous avons constaté que le développement de l'arc s'effectue surtout sur la partie inférieure des isolateurs. Ceci se conçoit par la position horizontale de notre objet d'essai et du suitelement des gouttelettes vers le bas.

3-7-1-2- Courant de Fuite :

Dès l'apparition des premières décharges, le courant de fuite commence à ciculer à travers le dépôt de pollution humecté. Au fur et à mesure que la tension augmente le courant augmente également. Lorsque l'arc électrique s'établit, le courant cesse dès cet instant d'être sinusoïdal pour n'être plus constitué que d'impulsion de niveau variable.

3-7-2- Résultats Obtenus :

3-7-2-1- Résultats Obtenus des essais effectués sur les Isolateurs prélevés dans la région de Hassi Messaoud :

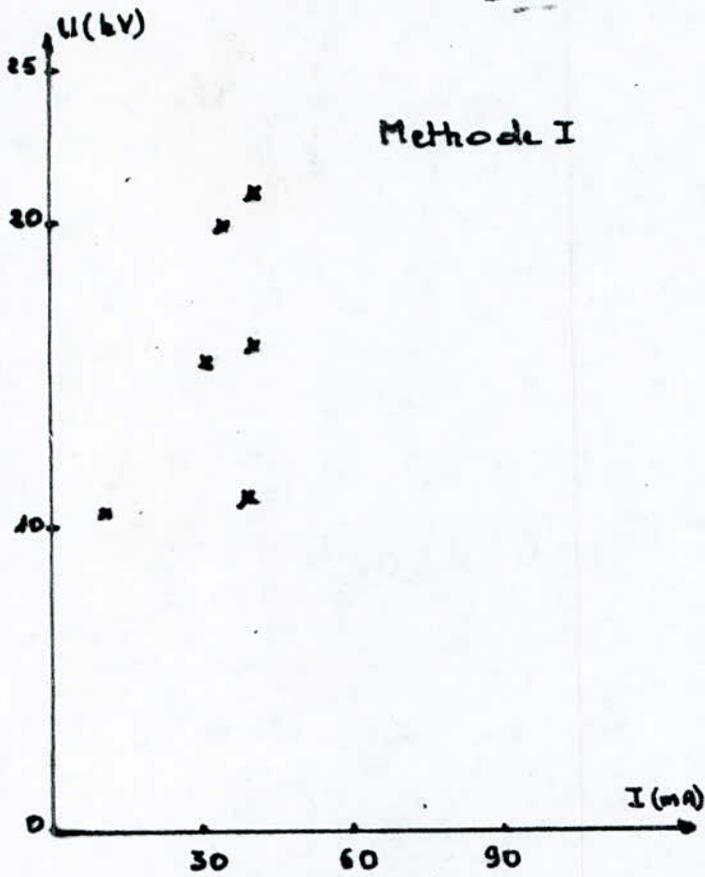
- // Méthode I // :

Sous Chaines	Tension appliquée KV eff	Courant de Fuite (mA)	longueur d'arc côté Tige (cm) Décharge partielle	Longueur d'arc côté Capot (cm)	Longueur totale d'arc (cm)	Conditions climatiques
H M 1 - 1	11	36		7	7	
	22	44,5	2	10,5	12,5	
	25	41	18	10,5	28,5	
H M 1-5	14	44,32	4,75	1	5,75	
	18,5	45	5	6,5	11,5	
	22,5	47,5	15,5	10,5	26	
H M 2-1	11	40	3	Décharges Partielles	3	
	16	41	1	12,3	13,3	
	21	41	2	12,3	14,3	
H M 2-5	10,5	20,4	0	5,75	5,75	
	15,5	31,25	Décharge Partielle	9	9	
	20	35	2	9,7	11,7	
H M 3-1	9	25	/	3,65	/	
	16	39	2,5	/	/	
	22	42,05	6,5	/	/	
H M 3-2	8,5	34,1	/	8,1	8,1	
	16	38,63	4,5	10,5	15	
	21	40,91	18	10,5	28,5	
H M 3-3	10	41	1	6,25	7,25	
	16,5	43,18	7	10,5	17,5	
	21	48,3	7	10,5	17,5	

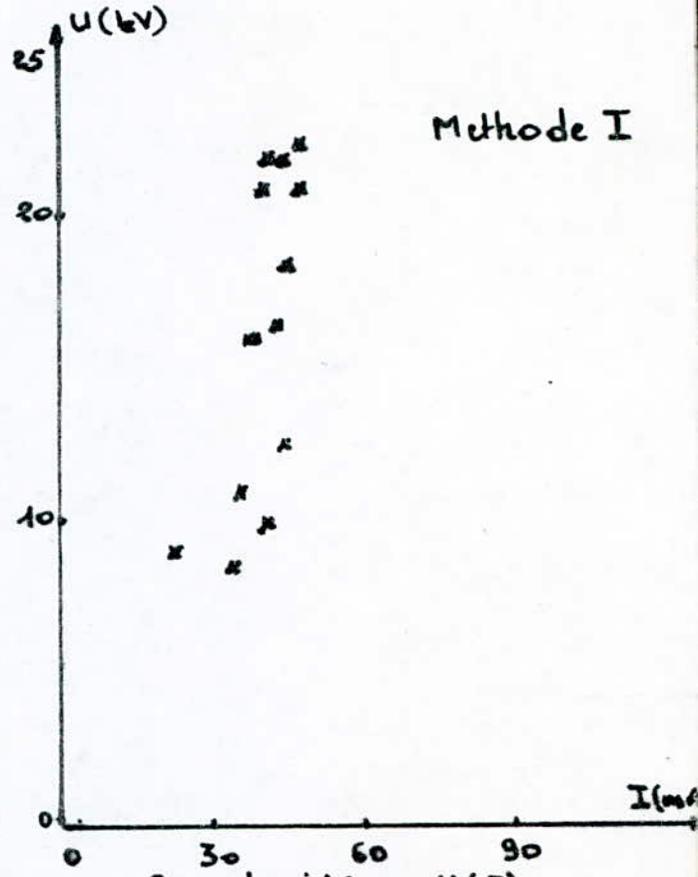
T = 23° ; H = 68 M ; P = 761 / M G

- // Méthode II // -

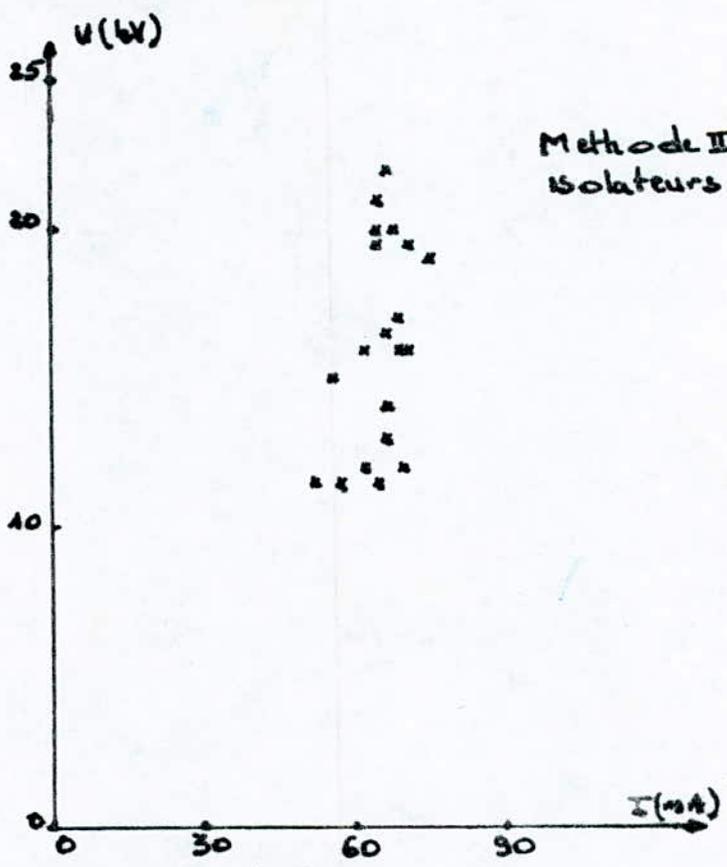
Sous Chaines	Tension appliquée KV eff	Courant de fuite (mA)	Longueur d'arc côté Tige (cm)	Longueur d'arc côté Capot (cm)	Longueur totale d'arc (cm)	Conditions Climati- ques
5 - 1	11,5	57,15	2	5,25	7,25	; H = 72 % ; P = 760 mm / Hg ; T = 23°
	17	68,75	4	10	14	
	19	74,11	8,25	10,3	18,55	
5 - 2	12	69,6	2	4	6	
	16	70,5	8	2,25	10,25	
	19,5	70,6	8,75	8,75	17,5	
5 - 3	13	67	8	0	8	
	16	69,64	8,4	0	8,4	
	20	67,85	8,5	0	8,5	
5 - 4	14	61,78	7	10	17	
	16,5	66	7,5	9,5	17	
	22	66	8,5	10	18,5	
5 - 5	12	61,78	7,8	0	7,8	
	15,5	60,71	8	0	8	
	20	64,28	8	10	18	
3 - 1	11,5	64,28	/	6,4	/	
	14	66,07	/	8	/	
	21	65	/	7,5	/	
3 - 2	13	51,78	5,5	Décharges Partielles	5,5	
	15	55	8,4	1,5	9,9	
	20	/	8,5	10	18,5	
3 - 3	11,5	37,5	4,5	3	7,5	
	15,5	35	6	3,5	9,5	
	19,5	65	14	8,75	22,75	



Caracteristiques U(I)
isolateurs: HM 21 et HM 2-5
Massi Messoud

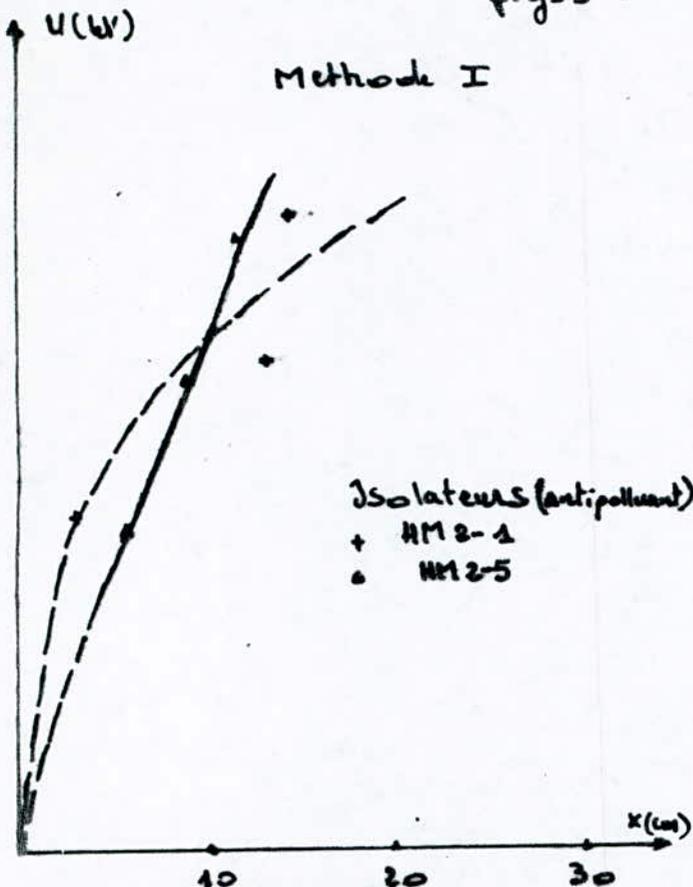


Caracteristique U(I)
isolateurs: HM 1-1, HM 4-5
HM 3-1, HM 32 et HM 33

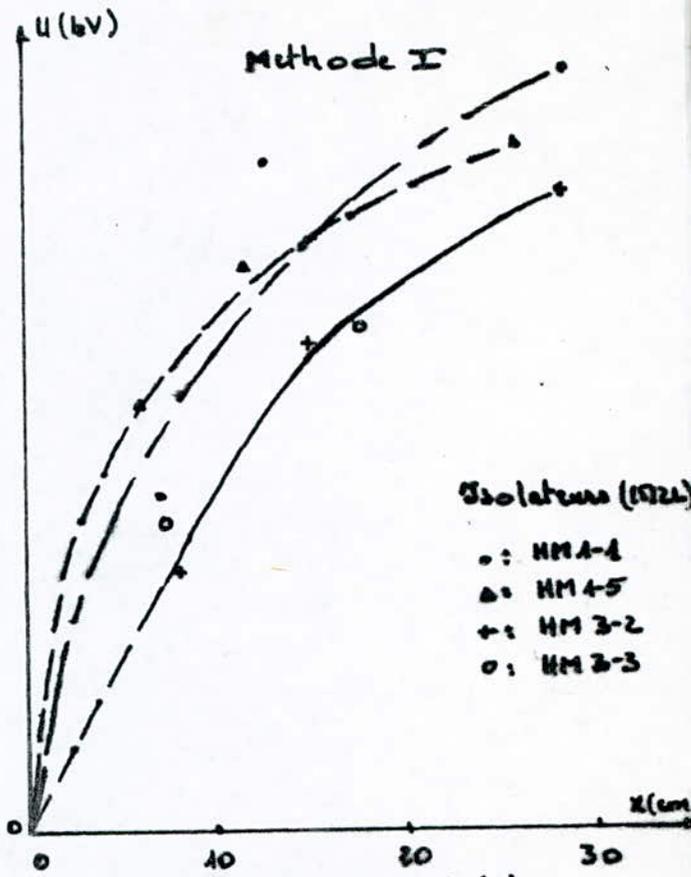


Methode II
isolateurs: HM 5-1 à HM 5-5
HM 3-1 à HM 33

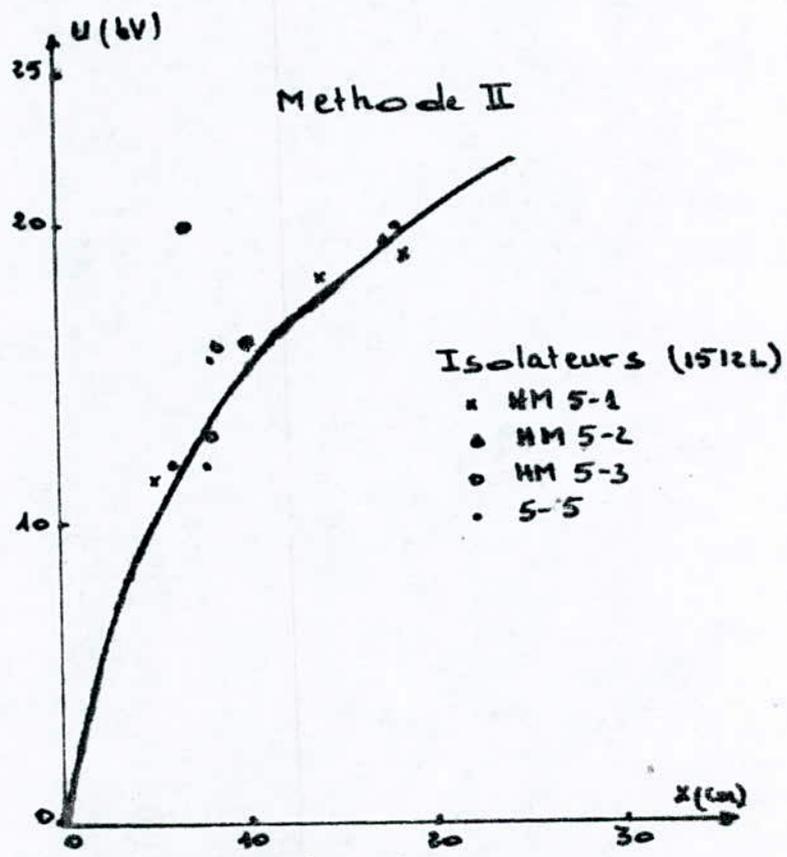
caracteristique U(I)



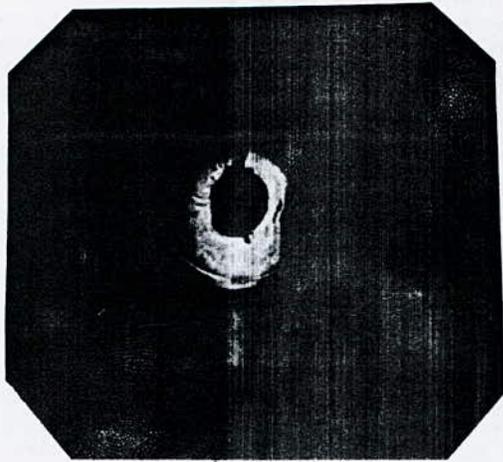
Caracteristiques $U(x)$
 Region Hassi Messaoud.



Caracteristiques $U(x)$
 Region Hassi Messaoud

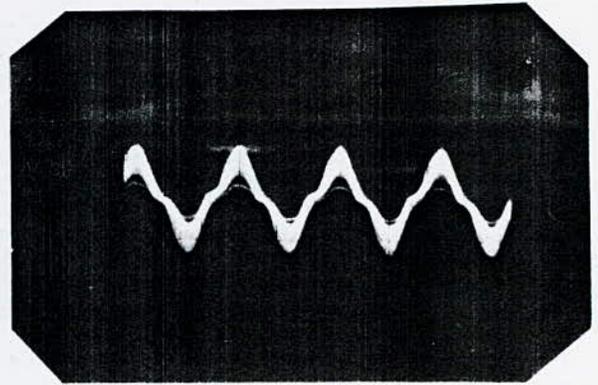


Caracteristique $U(x)$



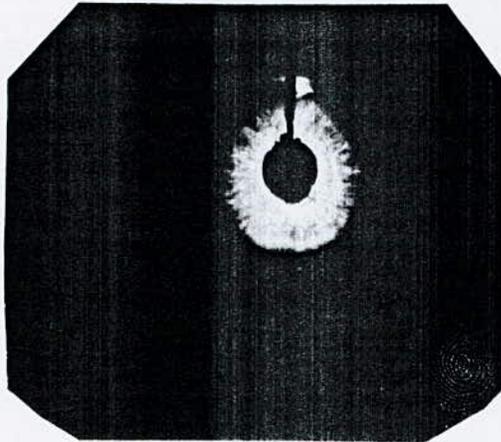
(1)

$U = 11,5 \text{ kV}_{\text{eff}}$
cote' de la tige.



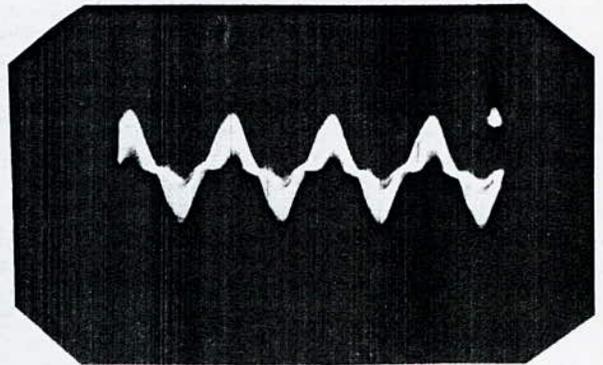
(1)

25 mA/cm

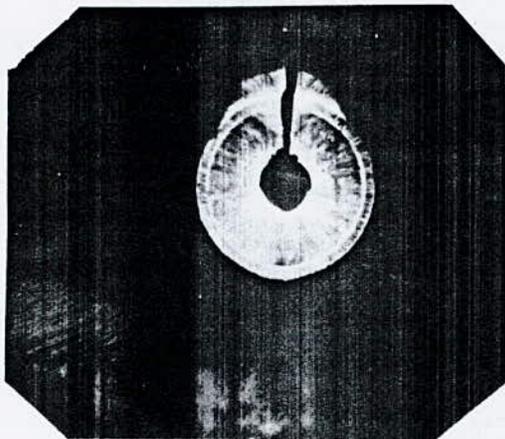


(2)

$U = 15,5 \text{ kV}_{\text{eff}}$

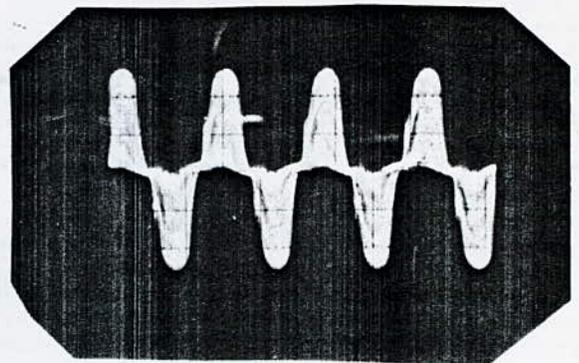


(2)



(3)

$U = 19,5 \text{ kV}_{\text{eff}}$



(3)

courant de fuite

fig - 3.6 - Developpement de l'arc et le courant de fuite correspondant. - Methode II -

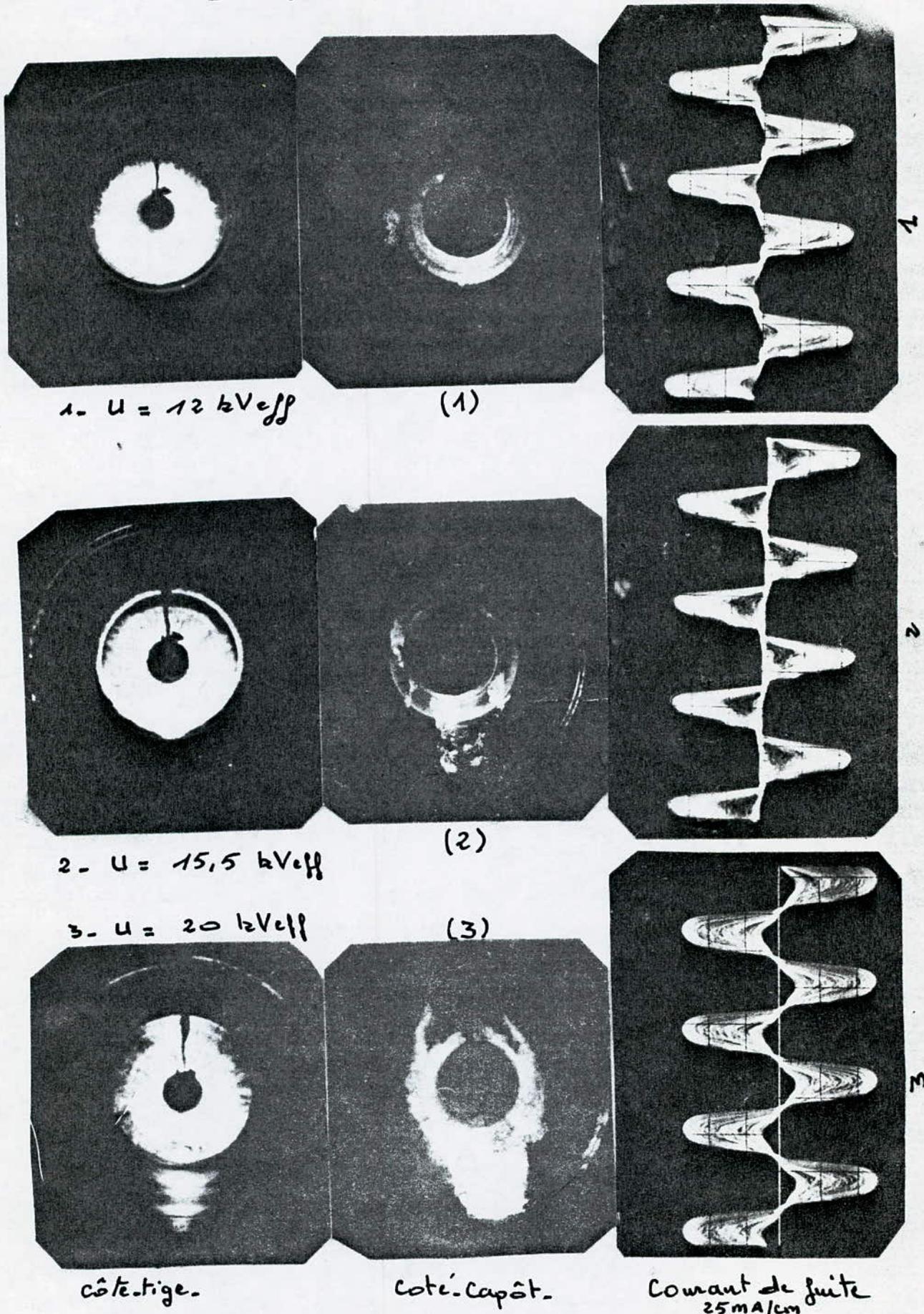


fig-3. 7- Developpement de l'arc sur l'isolateur (HM6-5) prelevé dans la region de Hassi Mssaoud.

3-7-2-2- Résultats Obtenus des essais effectués sur les isolateurs prélevés
dans la région de Hassi R'Mel :

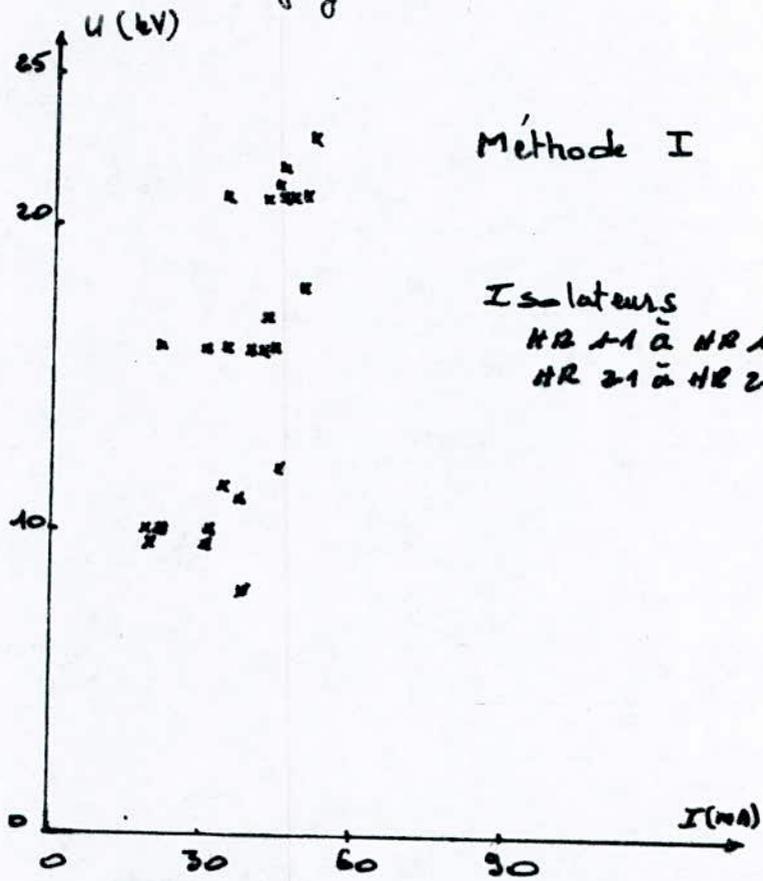
- // Méthode I //

Sous Chaines	Tension appliquée KV eff	Courant de Fuite (mA)	Longueur d'arc côté Tige (cm)	Longueur d'arc côté Capot (cm)	Longueur totale d'arc (cm)	Conditions climati- ques
H R 1-1	9,5	31	4	Décharge Partielle	4	P = 765 mm Hg ; H = 72 % ; T = 20°
	16	30,5	4,5	5,5	9,5	
	21	34	3,5	10,5	14	
H R 1-2	10	22	3	3,75	6,75	
	16	39	3,75	X = 8	11,75	
	22	45	2	10,5	12,5	
H R 1-3	10	32	2,75	3	5,75	
	16	35	4,75	4	8,75	
	21,5	44	3	10,5	13,5	
H R 1-4	9,5	19	/	Décharge	/	
	16	21	/	3,75	/	
	21	42	Décharge Part	10,3	10,3	
H R 1-5	10	18	3	Petite décharge	3	
	16	41,5	3,75	10,3	14,05	
	21	46	4	10,5	14,5	
H R 2-1	11	38	/	6,5	/	
	16	44	0	10,5	10,5	
	18	47	Néant	10,5	10,5	
H R 2-2	8	40	/	10,5	/	
	12	45	3,9	2,25	6,15	
	21	50	6,5	10,5	16,5	
H R 2-3	11,5	35	3	5	8	
	15,5	40	7,2	5	12,2	
	21	47,5	4,5	11,5	16	
H R 2-4	8,5	32,5	/	/	/	
	17	41,9	/	/	/	
	23	51,5	/	/	/	

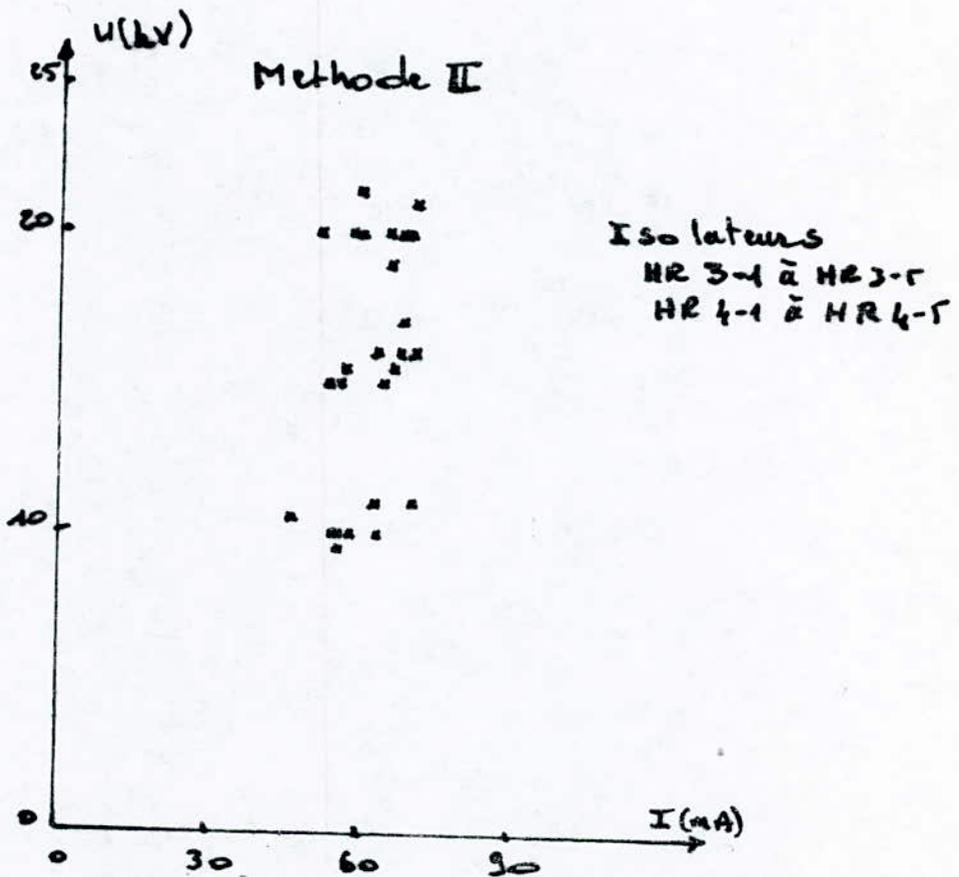
- /)/) éthode II /

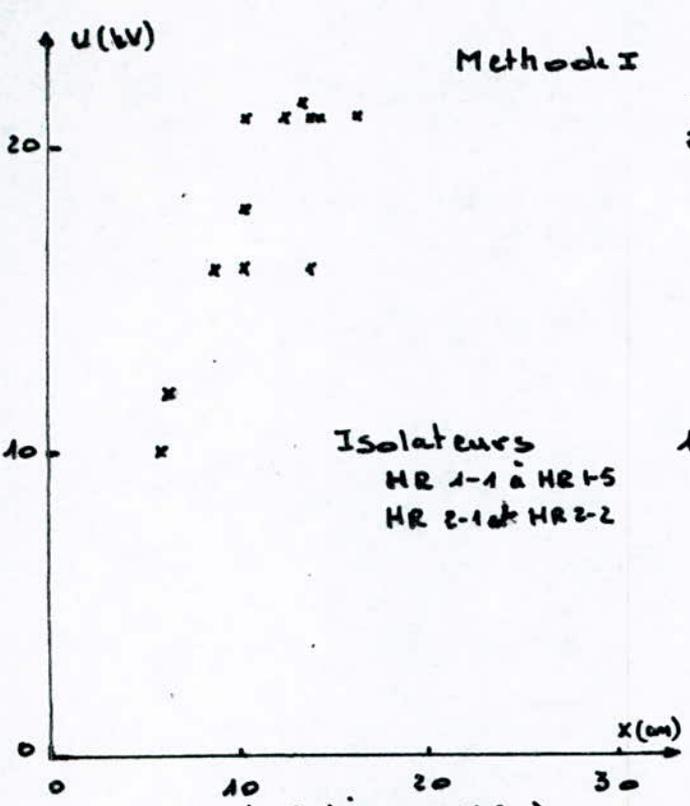
Sous Chaîne	Tension appliquée KV eff	Courant de Fuite (mA)	Longueur d'arc-côté (cm)	Longueur d'arc -côté (cm)	Longueur totale d'arc (cm)	Condirions Climatiques
	11	62,5	5	6,5	11,5	
R 3 - 1	16	67	6	7,5	13,5	
	19	65	8	9	17	
R 3 - 2	10	63	4	-	--	
	17	67,5	8	2,5	10,5	
	21	70	13,8	7,5	21,3	
R 3 - 3	9,5	55	3,5	-	-	
	16	62,5	-	2	-	
	20	65	8	10	18	
R 3 - 4	10	55	3	-	-	
	15,5	66	6	4,5	10,5	
	20	67,5	8	8,5	16,5	
R 3 - 5	11	62,5	5	4,5	9	
	16	70	5,8	5	10,8	
	20	69	8,5	6,2	14,7	
R 4 - 1	11	71	1	7,7	8,7	
	15,5	66,5	5,5	6	11,5	
	20	68	4	7,5	11,5	
R 4 - 2	10	57	3,7	3,1	6,8	
	15	56,5	8,5	4,5	13	
	20	58,5	10	5	15	
R 4 - 3	10,5	45	8	3,2	11,2	
	15	52,5	6	5,5	11,5	
	20	58	4,3	7	11,3	
R 4 - 4	10	54	4	3	7	
	15	55	8	4,5	12,5	
	20	50	9	3,5	12,5	
R 4 - 5	11	35	-	-	-	
	15,5	56,25	6	6	12	
	21,5	57,5	8	8,5	16,5	

H = 70 %
; H = 762 mm / Hg
; P = 762 mm / Hg
° C = 21 ° C

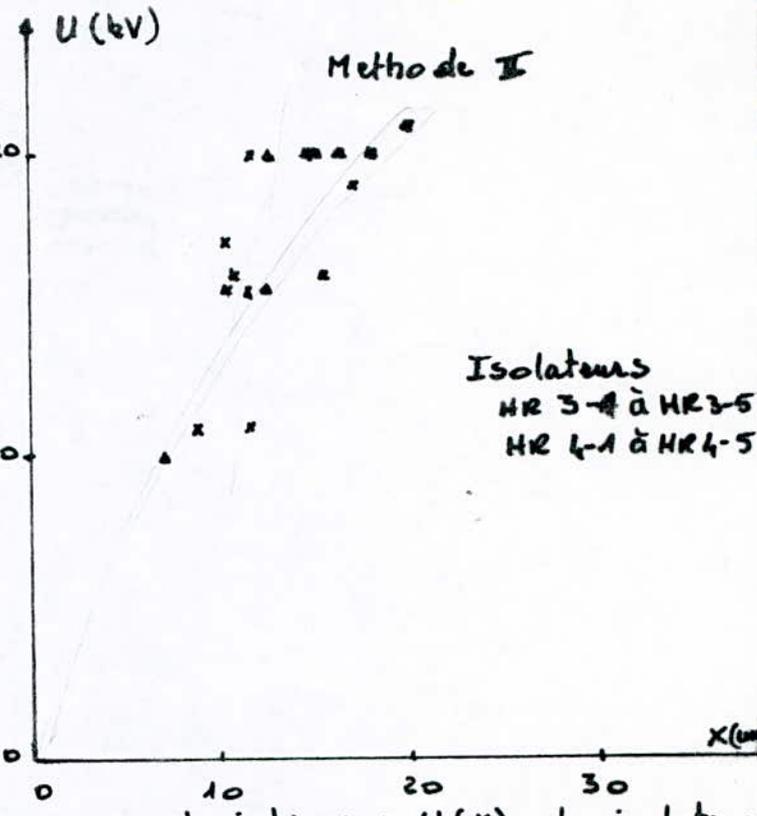


Caractéristique U(I)
Hassi R'Mel

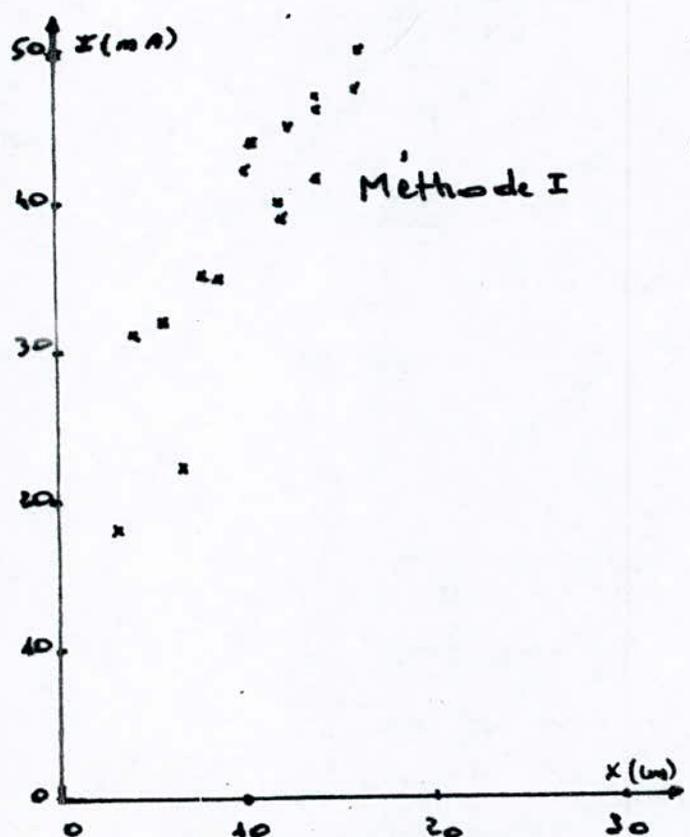




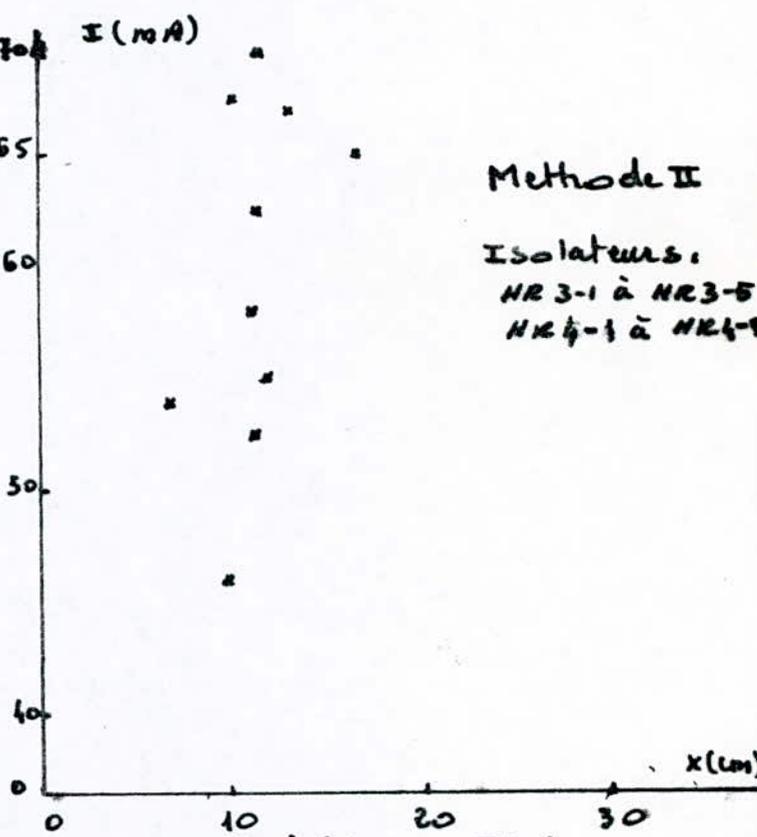
Caractéristique U(x).
Hassi R'Mel



caractéristiques U(x) des isolateurs
de la région de Hassi R'Mel



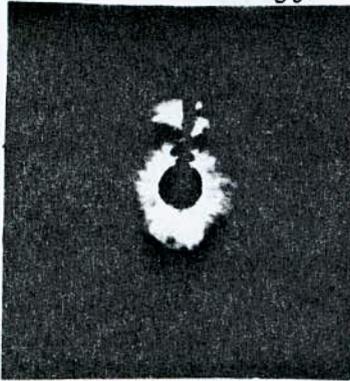
Caractéristique I(x)
Hassi R'Mel



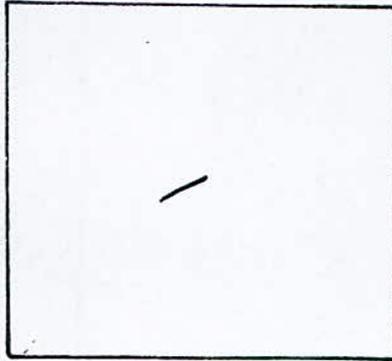
Caractéristique I(x)
Hassi R'Mel

fig-3.9-

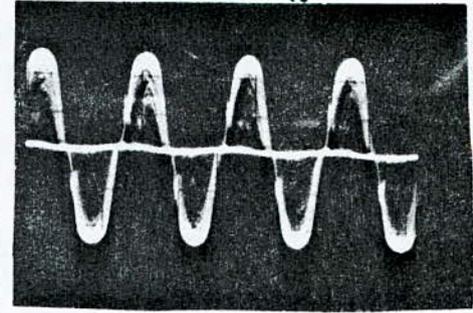
$U = 10 \text{ kV}_{eff}$



(1)



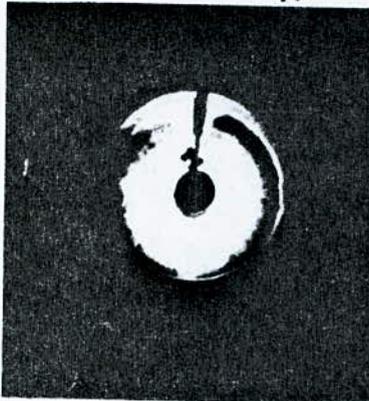
$U = 10 \text{ kV}_{eff}$



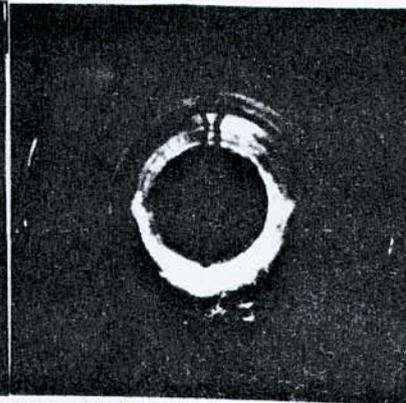
(1)

25 mA/cm

$U = 17 \text{ kV}_{eff}$

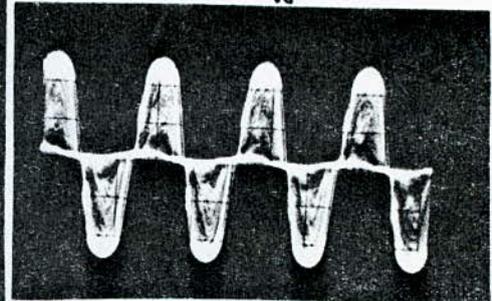


(2)



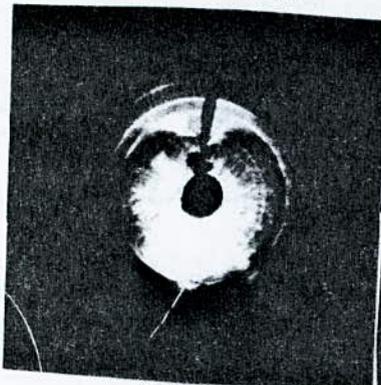
(2)

$U = 17 \text{ kV}_{eff}$



(2)

$U = 21 \text{ kV}_{eff}$

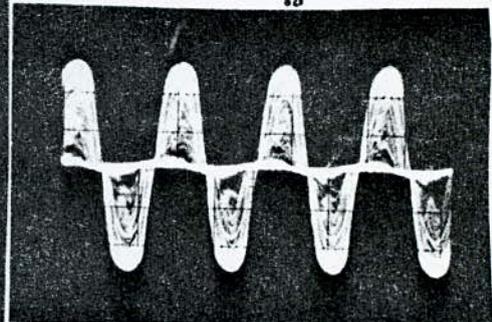


(3)



(3)

$U = 21 \text{ kV}_{eff}$



(3)

côté de la tige

côté du capôt

courant de fuite

fig - 3.10 - Développement de l'arc sur l'isolateur (N° HR 3-2) et le courant de fuite correspondant.
- Méthode II -

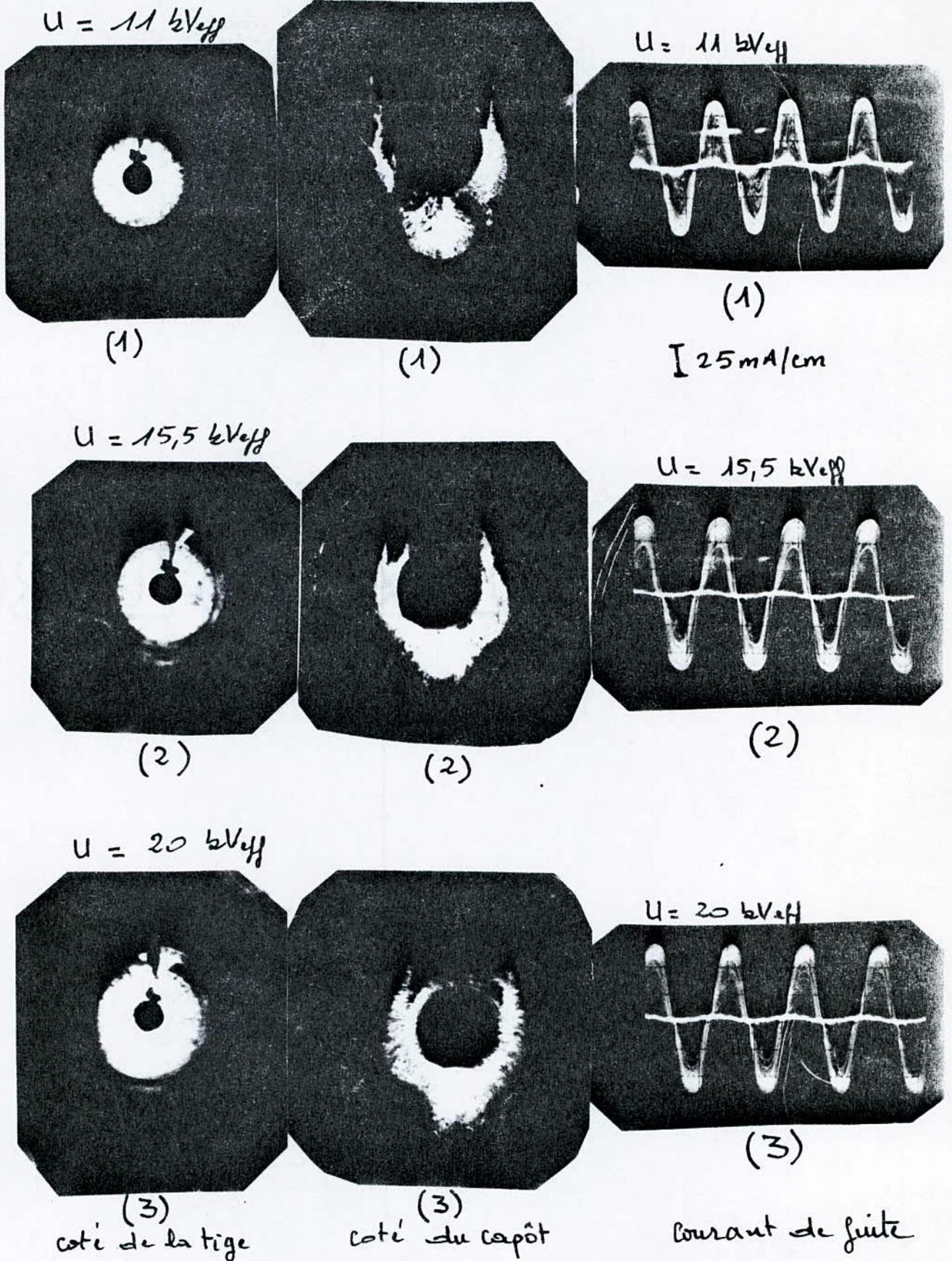


fig - 3.11 - Développement de l'arc et le courant de fuite correspondant. (Isolateur N° HR 3-5)
Méthode II -

3-7-3- Interprétation des résultats :

D'après les résultats obtenus à partir des essais réalisés sur les isolateurs des régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel nous pouvons constater que :

Pour le même type d'isolateur et la même méthode d'essai, les résultats obtenus avec les isolateurs de la région de Hassi Messaoud ne diffèrent pas beaucoup de ceux obtenus avec les isolateurs de la région de Hassi R'Mel. Ceci peut être expliqué par le fait que les couches de pollution recouvrant la surface des isolateurs prélevés dans les deux régions possèdent presque les mêmes caractéristiques physiques, chimiques et électriques.

Les valeurs de l'intensité du courant de fuite obtenus à l'aide de la deuxième méthode sont plus importantes que celles obtenues en utilisant la première méthode. Ceci s'explique par le fait que dans le cas de la deuxième méthode, la quantité de sels solubles conservés dans les couches est plus importante et la formation des zones sèches est moins facilitée dans le cas de la première méthode.

Pour les caractéristiques $U(I)$ et $U(X)$ tracées (figures), l'augmentation de la tension appliquée entraîne l'augmentation du courant de fuite et de la longueur de l'arc électrique. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que la pulvérisation d'eau distillée est continue. Cependant, on peut constater que nous avons obtenu plusieurs valeurs aberrantes. En effet dans certains cas le courant de fuite et la longueur de l'arc diminuent lorsque la tension augmente. Cette contradiction est due au fait que la pulvérisation n'est pas rigoureuse, c'est à dire elle n'est pas la même pendant chaque essai et que le suintement des gouttelettes d'eau vers la partie inférieure de l'isolateur diminue la quantité de pollution sur la surface de celui-ci. Ceci engendre la variation de la conductivité superficielle.

Avec l'élongation de l'arc, le courant de fuite augmente et la progression de ce courant sur la surface de l'isolateur conduit à la formation des zones sèches. Lorsque la couche devient complètement sèche, l'arc s'éteint et aucun courant ne circule alors dans le circuit.

Les valeurs déterminées de la longueur de l'arc électrique ne sont pas très correctes. Ceci pourrait être attribué à des erreurs de mesure pouvant être dues à l'emplacement des appareils photographiques qui n'étaient pas exactement dans le prolongement de l'axe de l'isolateur et aux erreurs faites lors des mesures des longueurs de l'arc sur les photographies prises lors des essais.

La variation, dans le temps, du courant de fuite sous forme de pics est bien représentée par les photographies de la figure. Les pics de courant changent de forme et d'amplitude avec la variation de la conductivité superficielle de la couche polluante et avec la forme de l'isolateur.

-o00o- **C O N C L U S I O N** -o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

Après le stage effectué dans les régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel et d'après les résultats d'essais au laboratoire, nous pouvons constater que ces régions sont peu polluées.

Malgré les difficultés rencontrées, les résultats obtenus concordent plus ou moins avec ceux déjà trouvés par d'autres auteurs.

Le développement de l'arc électrique dépend de la forme de l'isolateur, la nature et la distribution de l'agent polluant sur la surface de l'isolateur et de la méthode d'essai.

Le courant de fuite mesuré sous tension de service peut être utilisé pour indiquer le degré de pollution d'un site. Il dépend aussi de la méthode d'essai.

La quantité de pollution sur la surface d'un isolateur diminue sa tension de contournement.

De l'étude particulière des deux régions, nous conseillons aux exploitants du réseau de transport d'énergie électrique, un nettoyage fréquent des isolateurs se trouvant dans ces régions.

En plus des essais au laboratoire, nous recommandons la réalisation de stations d'essais sur différents sites du pay pour des essais dans les conditions de pollution naturelle réelle.

Enfin, nous espérons que cette approche de l'étude du développement de l'arc électrique sur des isolateurs pollués dans les conditions naturelles soit plus développer à l'avenir. Pour cela, nous souhaitons que des études soient réalisées sur différents types d'isolateurs et selon les disposition possibles par rapport au sol, avec la méthode du brouillard salin.

Nous suggérons du matériel pour le laboratoire de l' E N P qui répondrait au mieux aux besoins de l'élaboration de ces études et aux exigences de la C. E. I.

-----ooo-----

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

FLYING XES

-o00o-

-o00o-

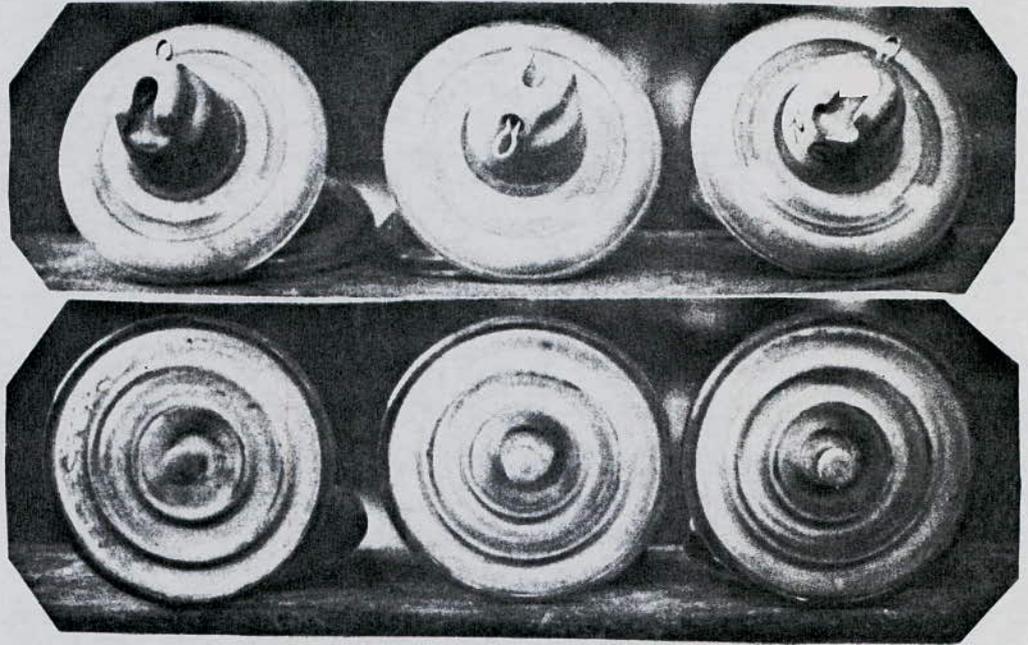
-o00o-

-o00o-

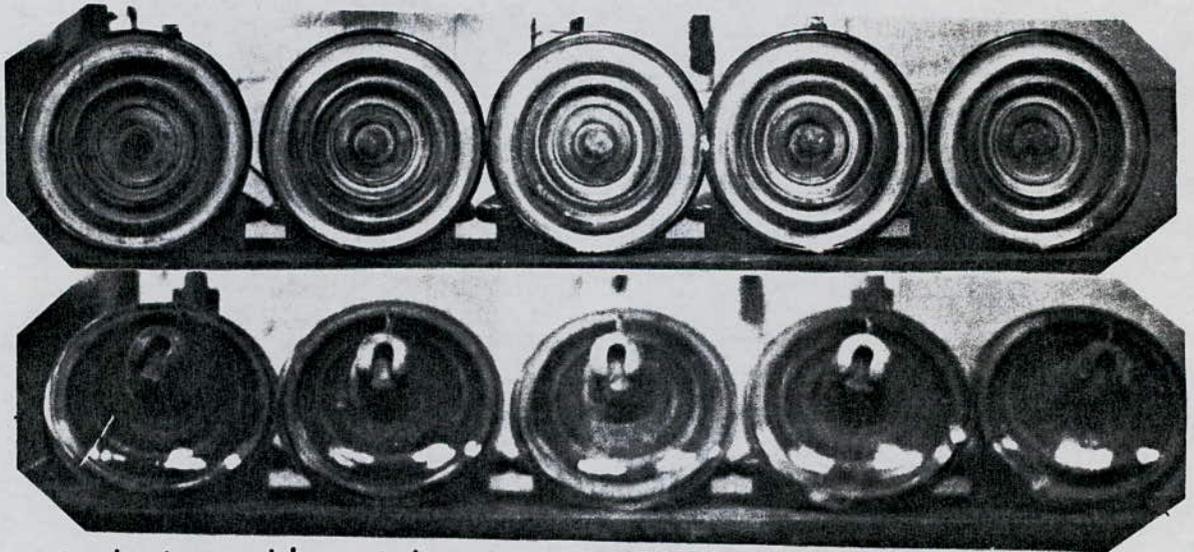
-o00o-

-o00o-

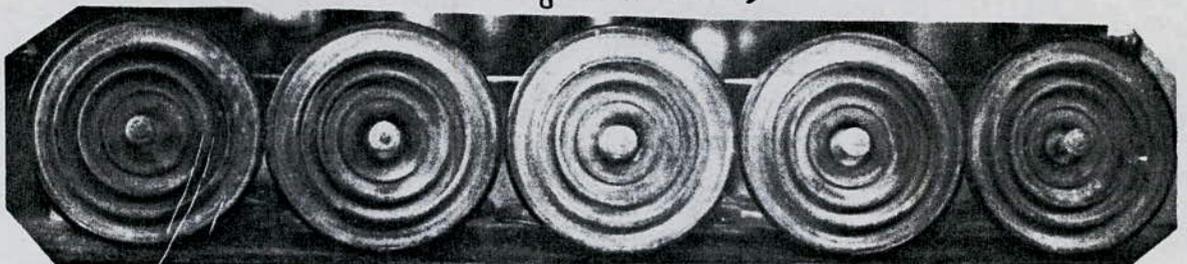
fig - 1.1 - Répartition de la pollution.



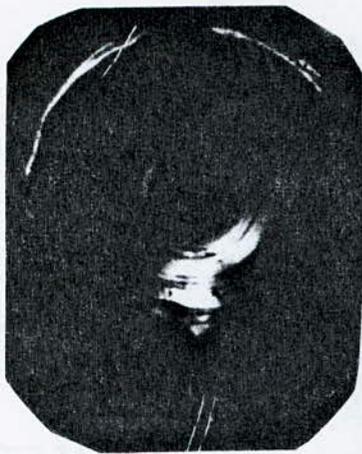
(a)- chaîne d'isolateurs prélevée à 2 km de la centrale de Hassi R'Mel. (ligne 30 kV)



(b)- chaîne d'isolateurs prélevée dans la zone de Hassi Messaoud. (ligne 60 kV)



(c) chaîne d'isolateurs prélevée entre Laghouat et Djelfa (ligne 60 kV)

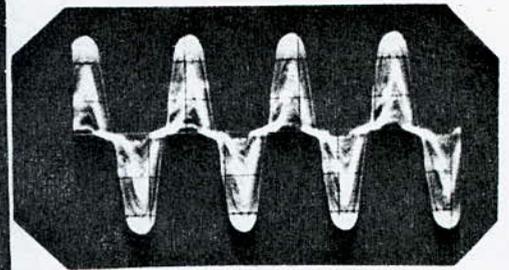


(1)



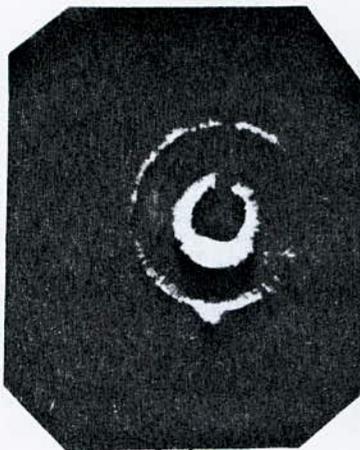
(1)

$U = 11 \text{ kV}_{\text{eff}}$



(1)

$I = 25 \text{ mA/cm}$

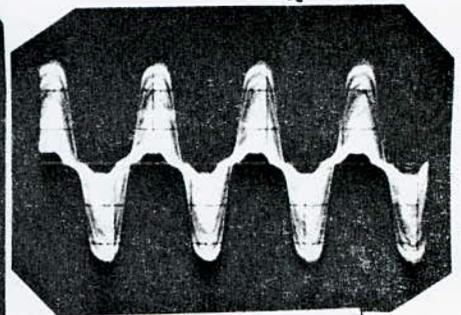


(2)

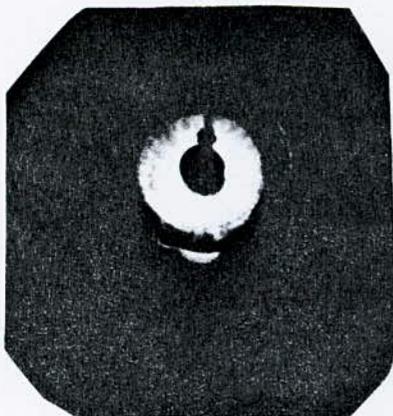


(2)

$U = 15 \text{ kV}_{\text{eff}}$



(2)

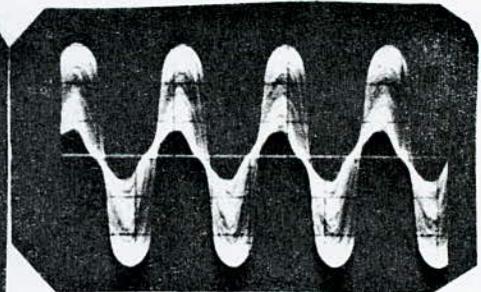


(3)



(3)

$U = 20 \text{ kV}_{\text{eff}}$



(3)

cote' de la tige

cote' du capot

Courant de fuite

fig - 1.2 - Developpement de l'air et le courant de fuite correspondant. (isolateur N° HR 2-1)

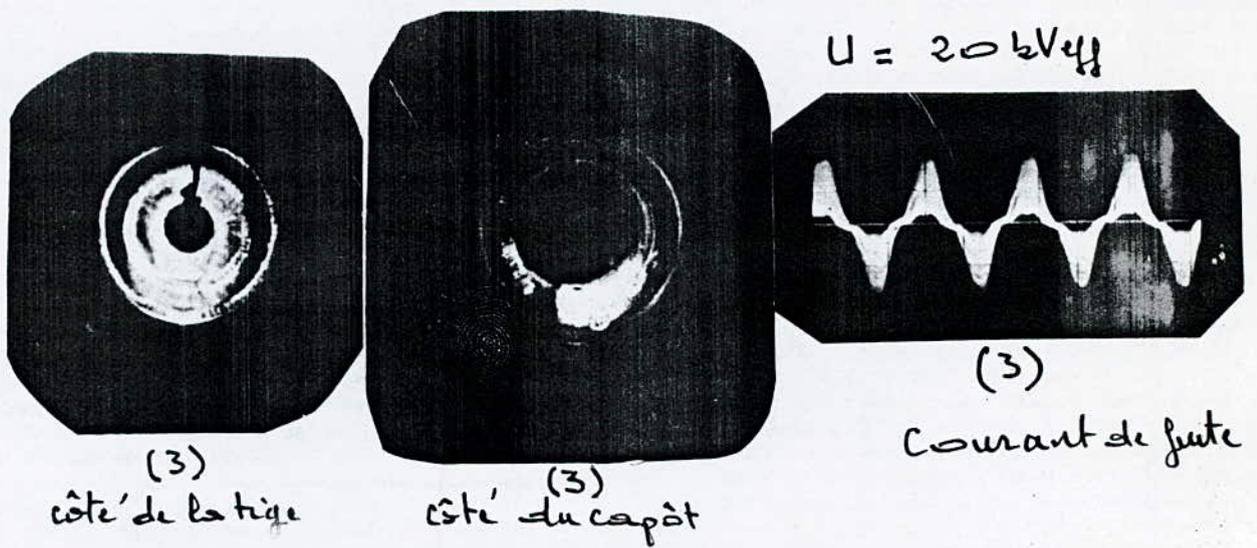
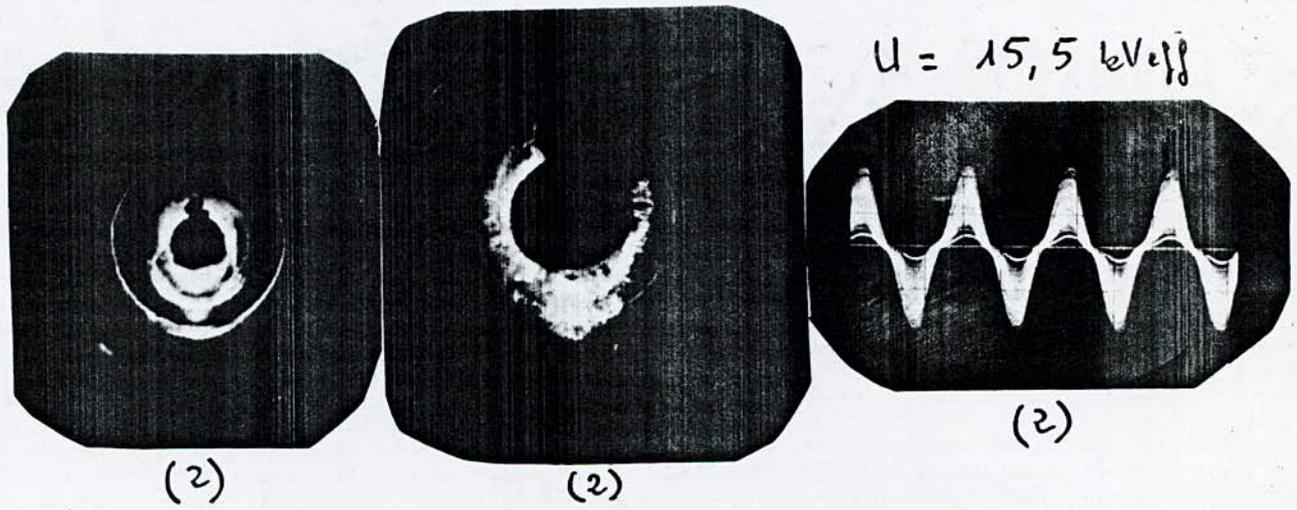
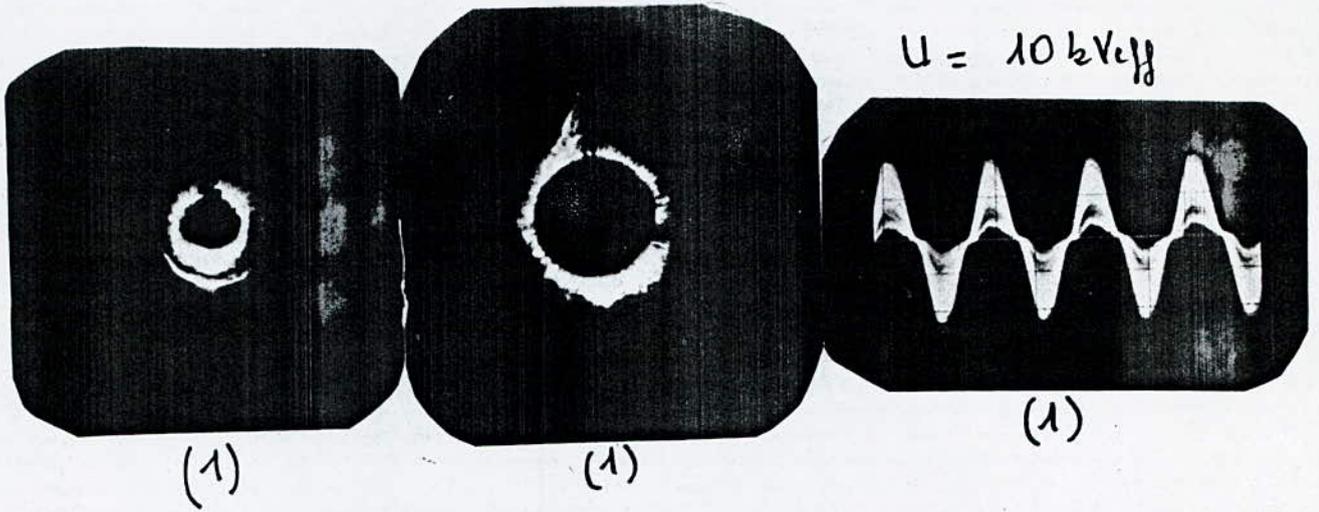


fig - 1.3

Isolateur HR 2-4

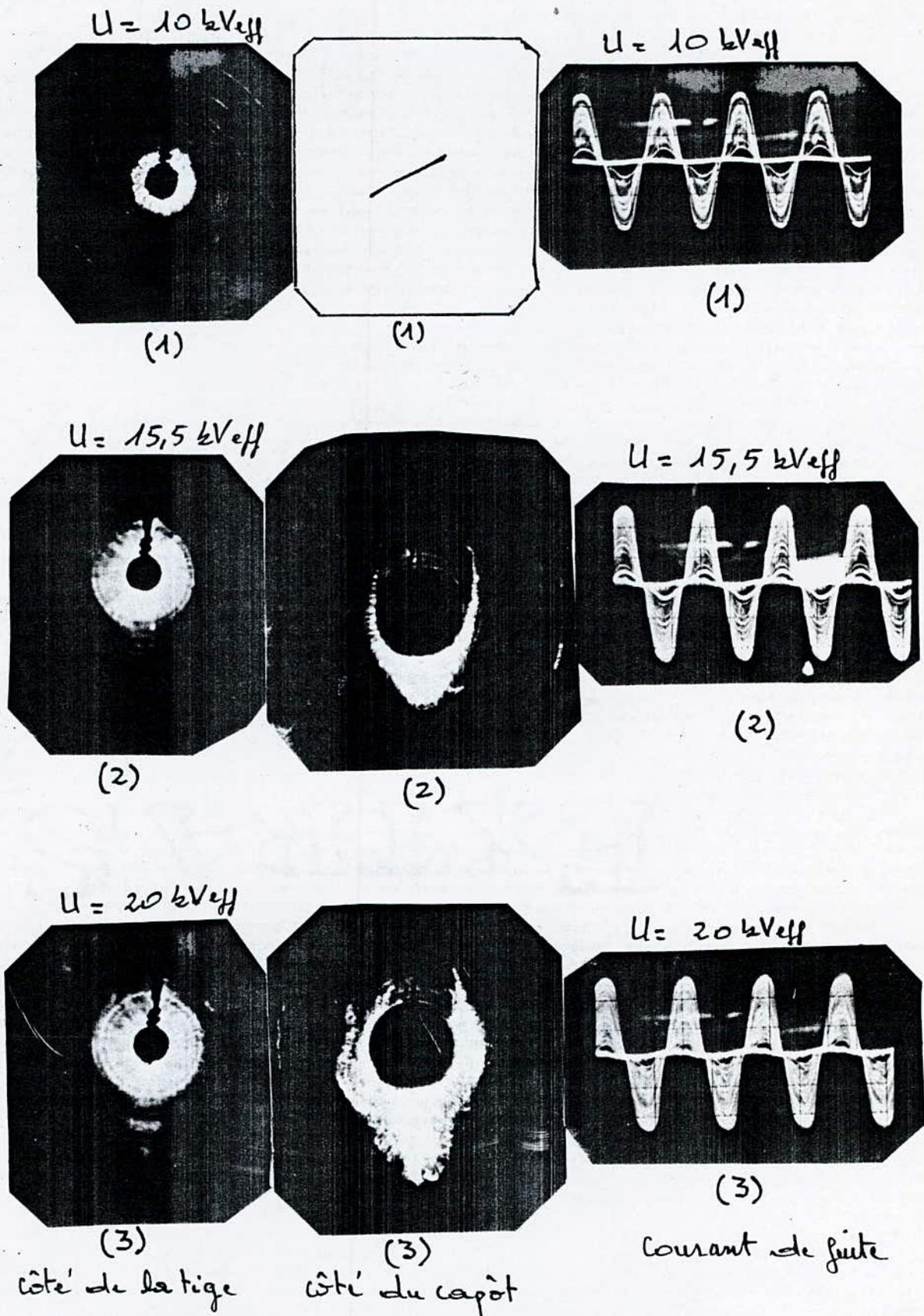


fig - 1.4 - Développement de l'arc et le courant de fuite correspondant. (Isolateur N° HR 1-4)
 - Méthode II -

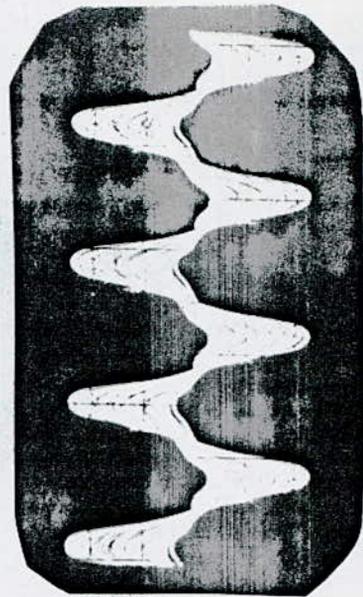
$u = 11,5 \text{ kVeff}$



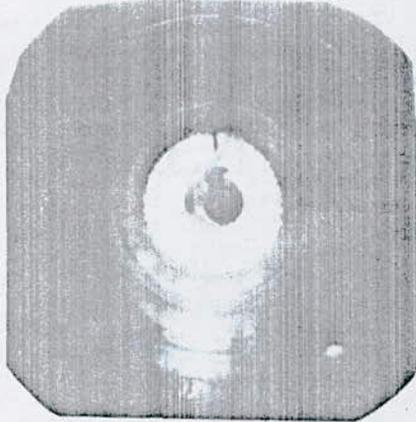
(1)



(1)



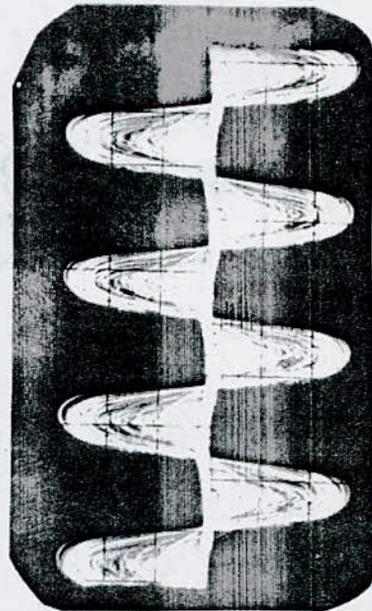
$u = 17 \text{ kVeff}$



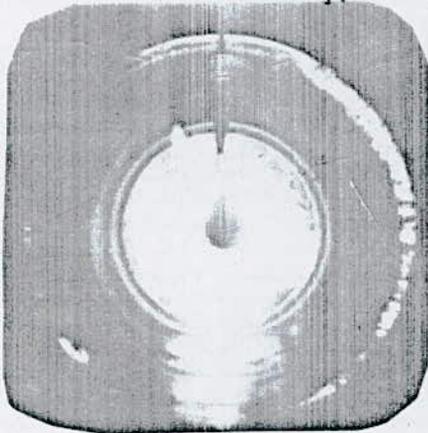
(2)



(2)

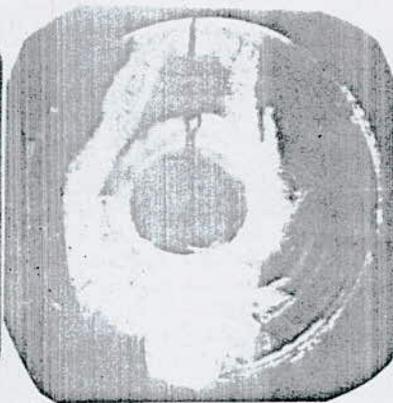


$u = 19 \text{ kVeff}$



(3)

côté de la tige



(3)

côté du capôt

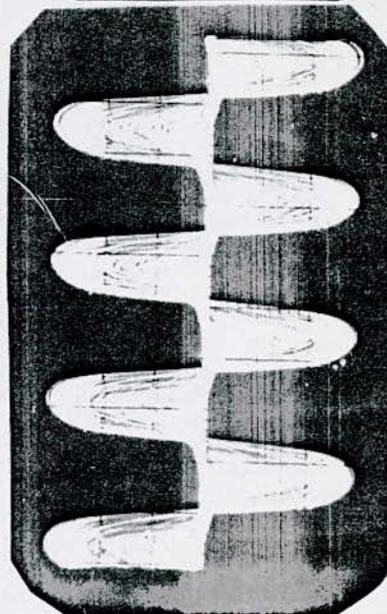


fig-1.5 - Isolateur N° HM 6-1

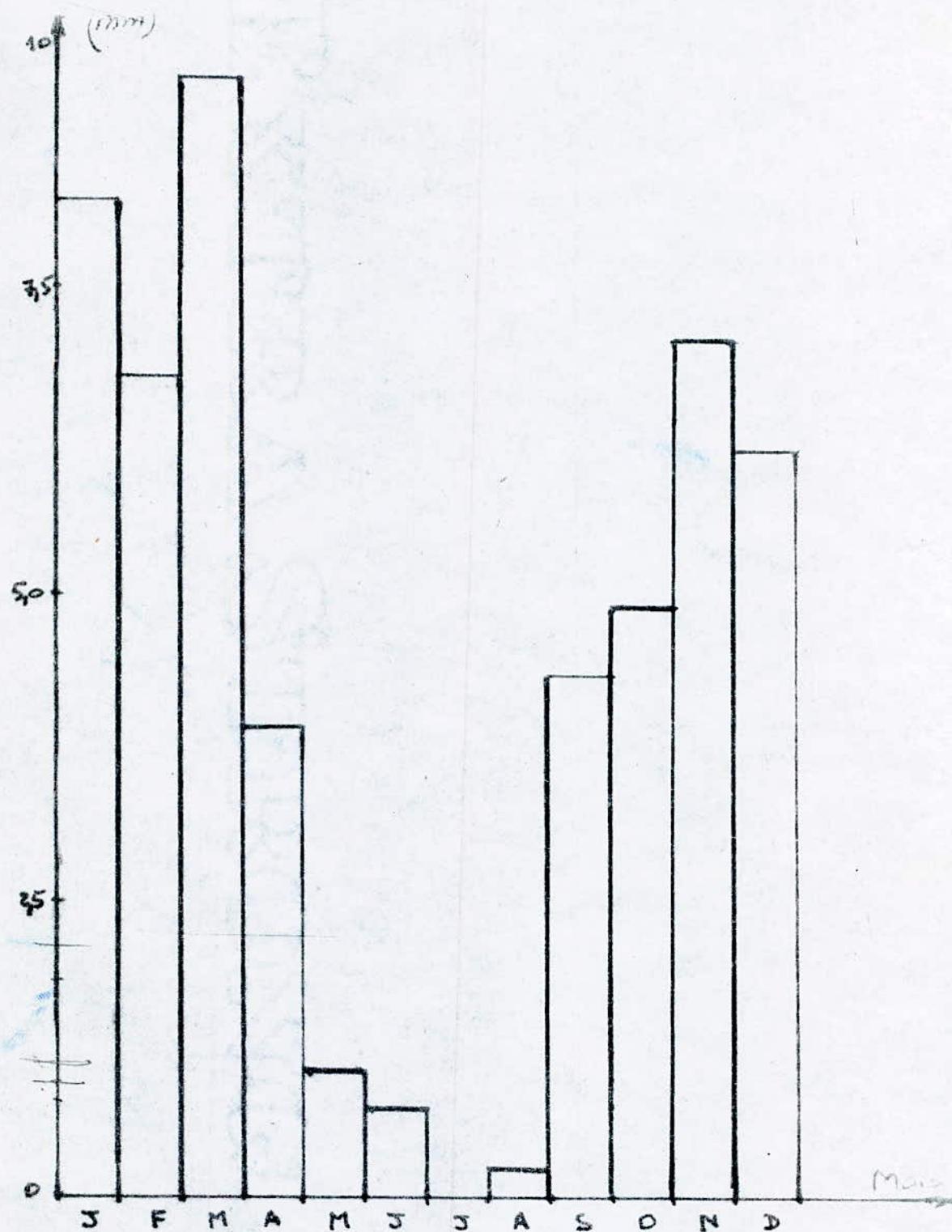


fig-2.1 - Hauteur moyenne mensuelle de précipitations en (mm)
 Région de Hassi Messaoud (Altitude 142 m)
 période (1971 ÷ 1974 + 1982 ÷ 1986).

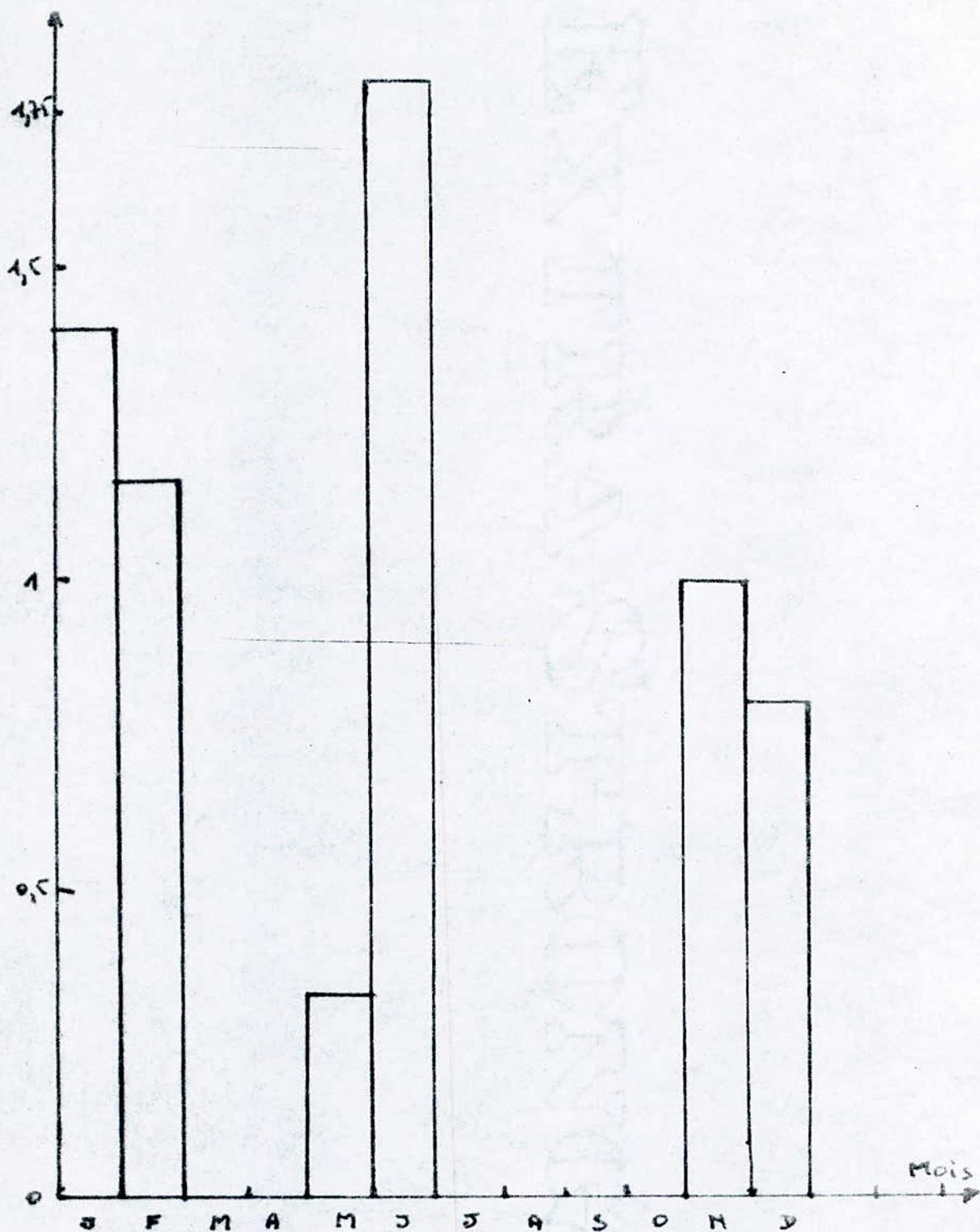


Fig - 2.2 - Nombre de jours moyen mensuel de brouillard
 région de Haoua Messaoud
 période (1960 ÷ 1969 + 1972 + 1974 ÷ 1982)

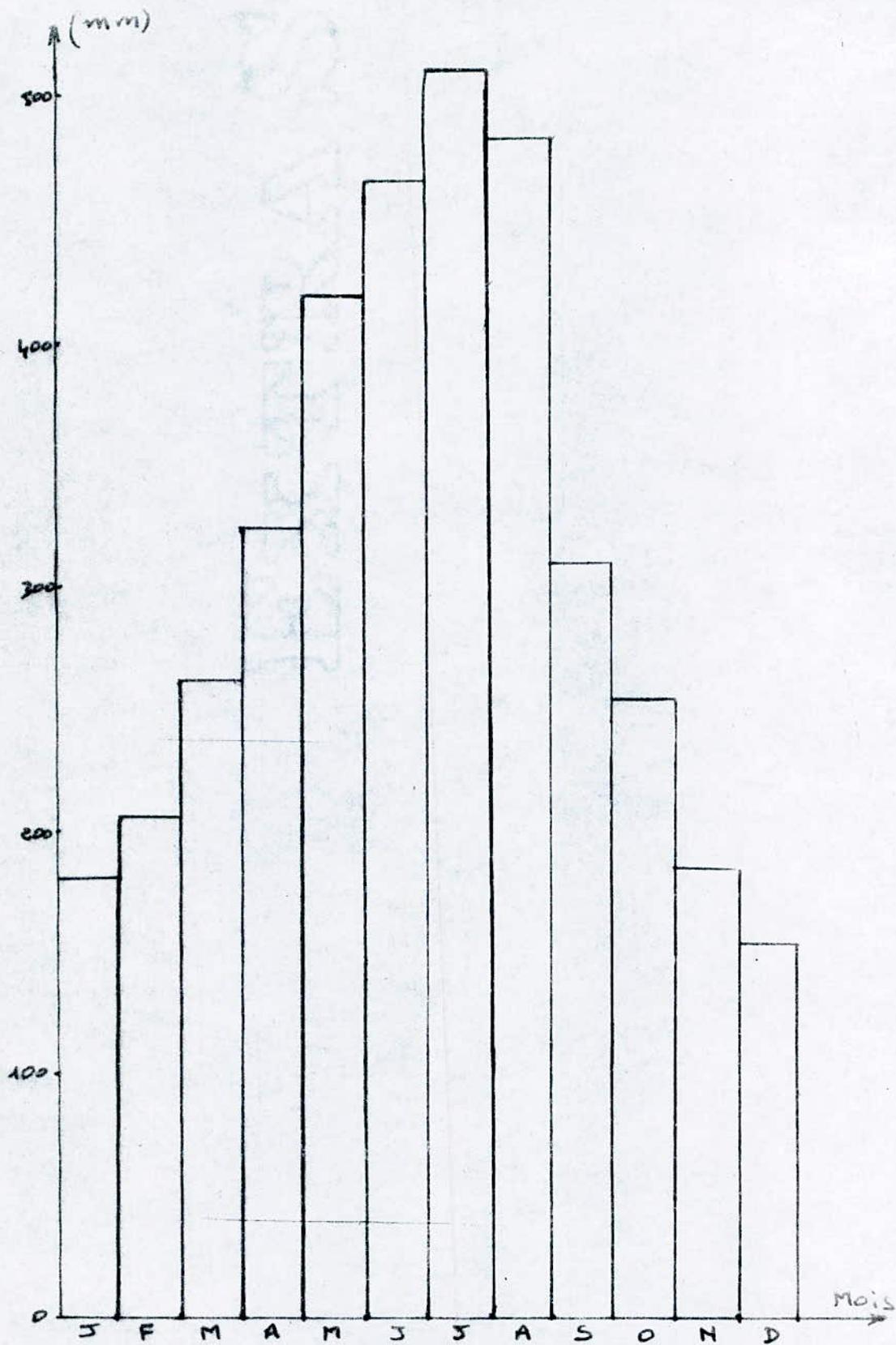


Fig- 2.3 - Hauturs moyennes mensuelles d'évaporation (mm)
 Région Ghardaia (Altitude 468m)
 Période (1983 ÷ 1986)

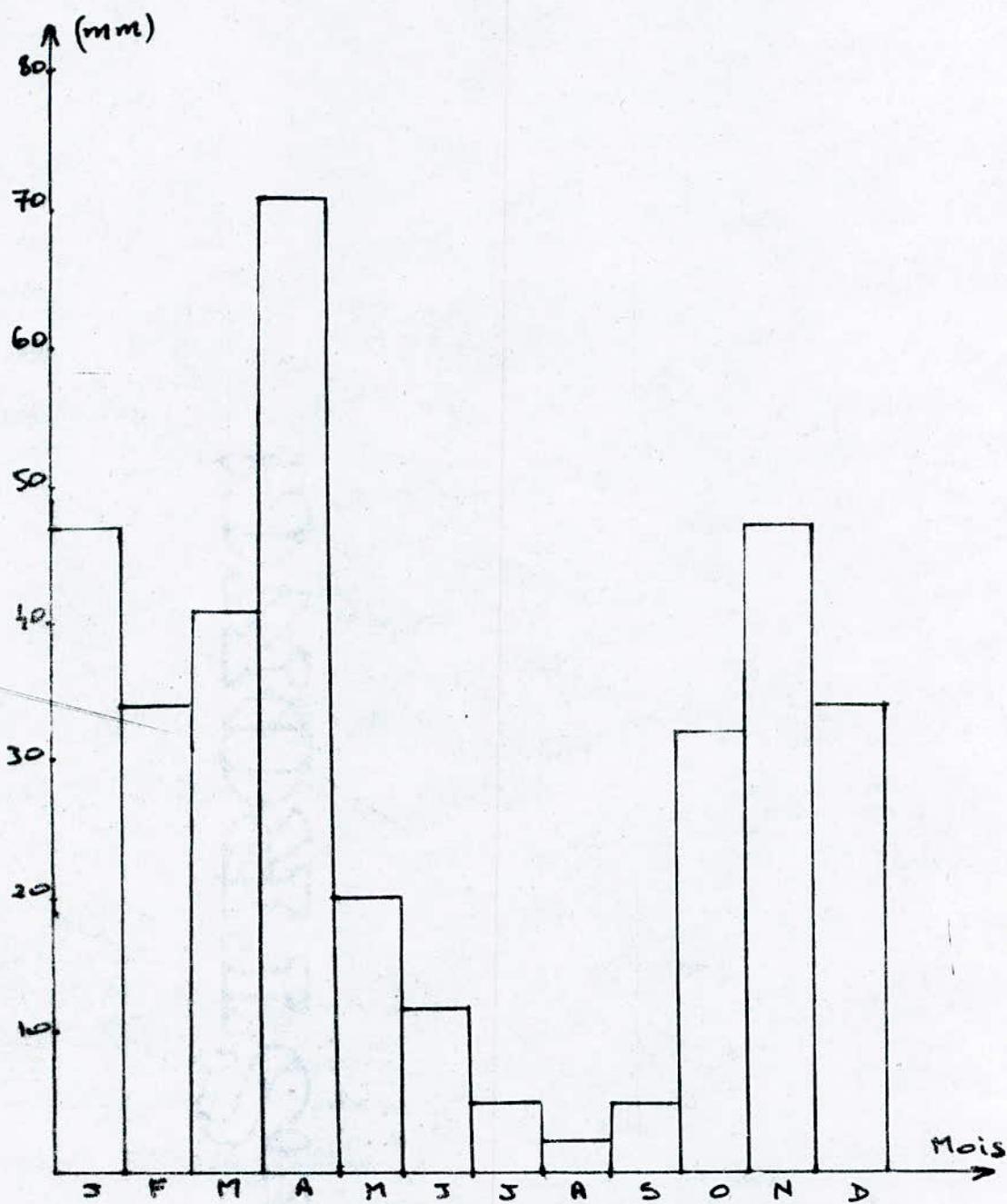


fig- 2.4 - Hauteurs maximales des pluies mensuelles (mm)
 Region de Ghardaia
 periode (1926 ÷ 1960)

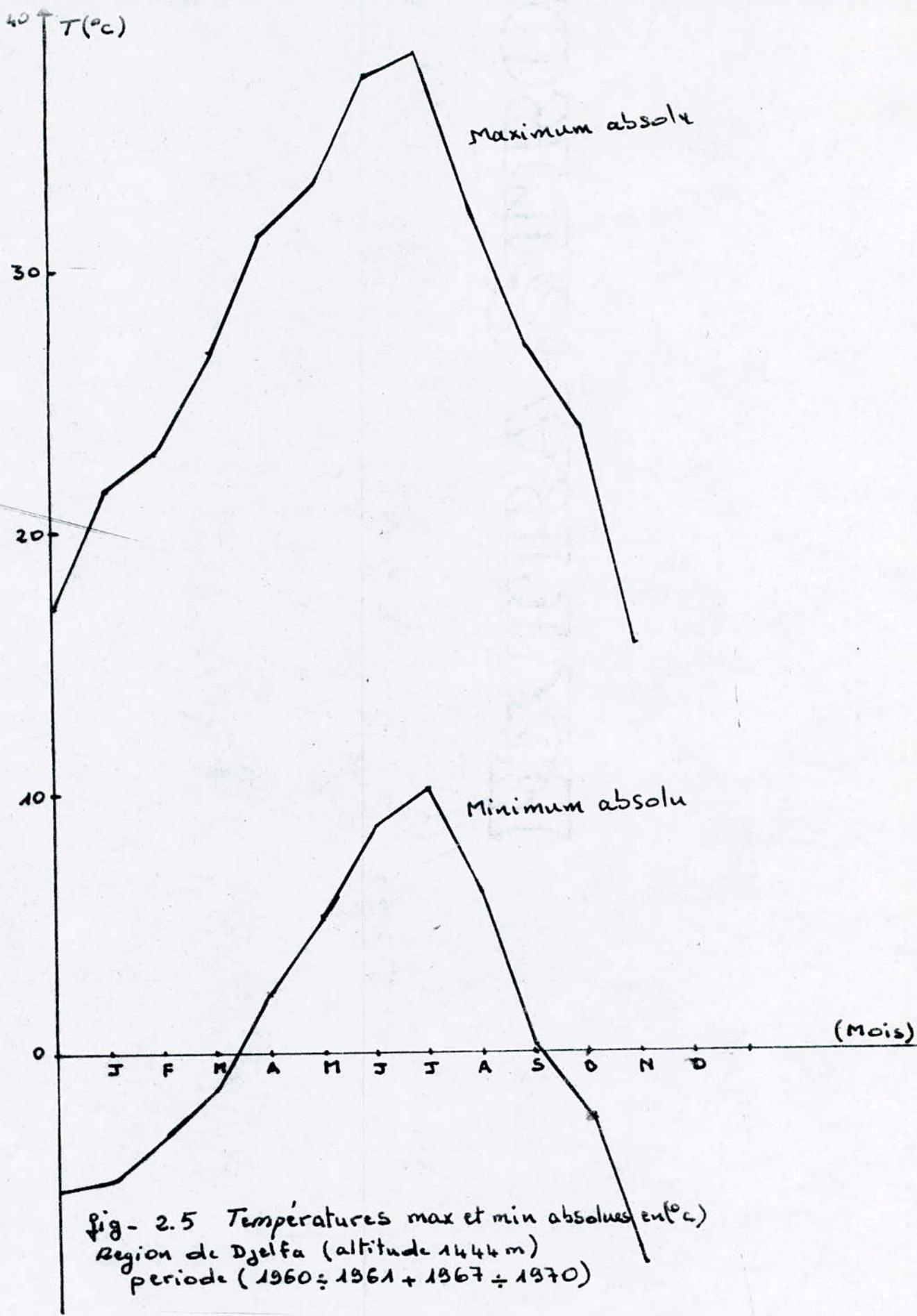


fig- 2.5 Températures max et min absolues en(°C)
 Région de Djelfa (altitude 1444 m)
 période (1960 ÷ 1961 + 1967 ÷ 1970)

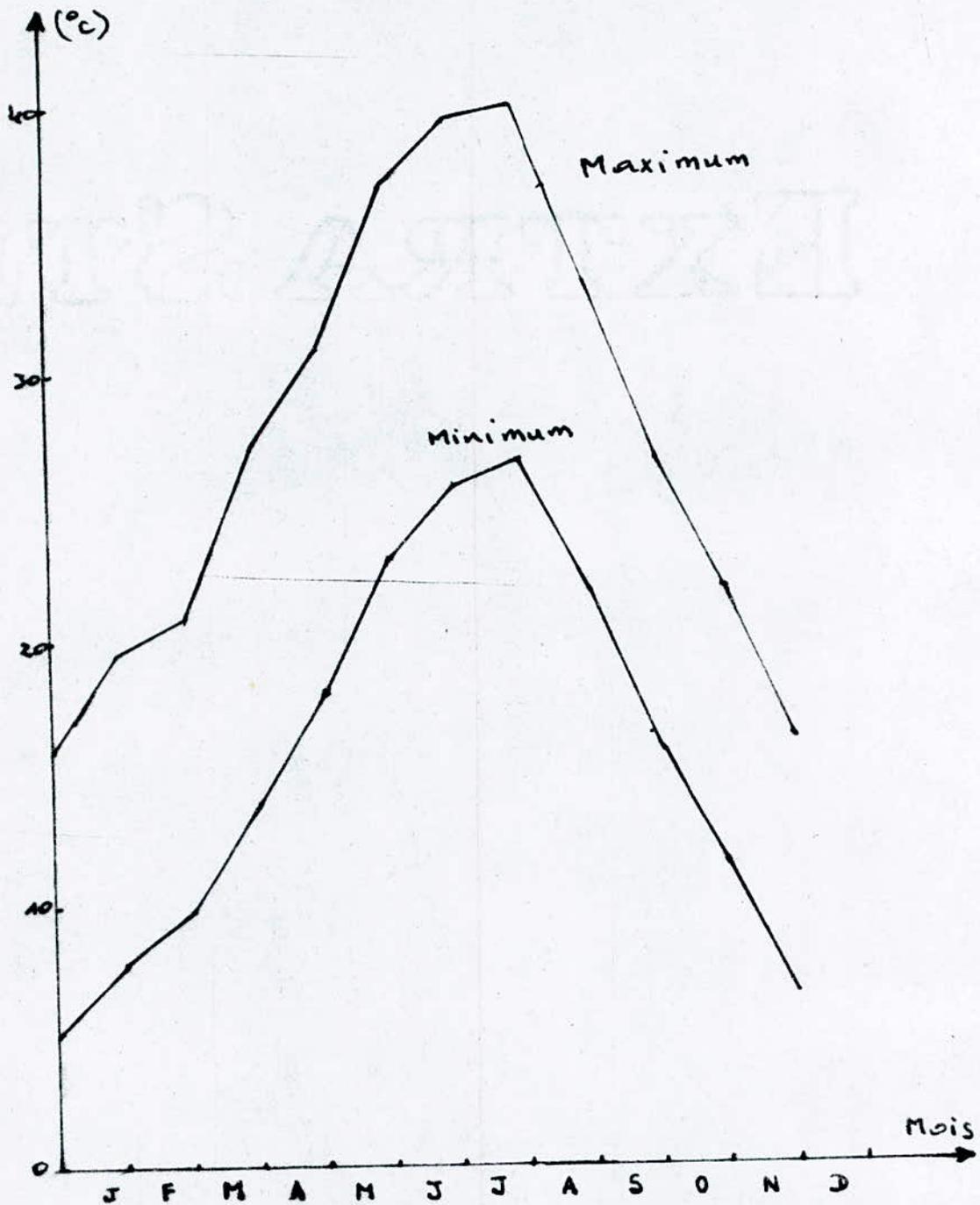


fig - 2.6 - Températures maximales moyennes
 Températures minimales moyennes
 Région de Ghardaia (Altitude 468 m)
 période (1983 ÷ 1986)

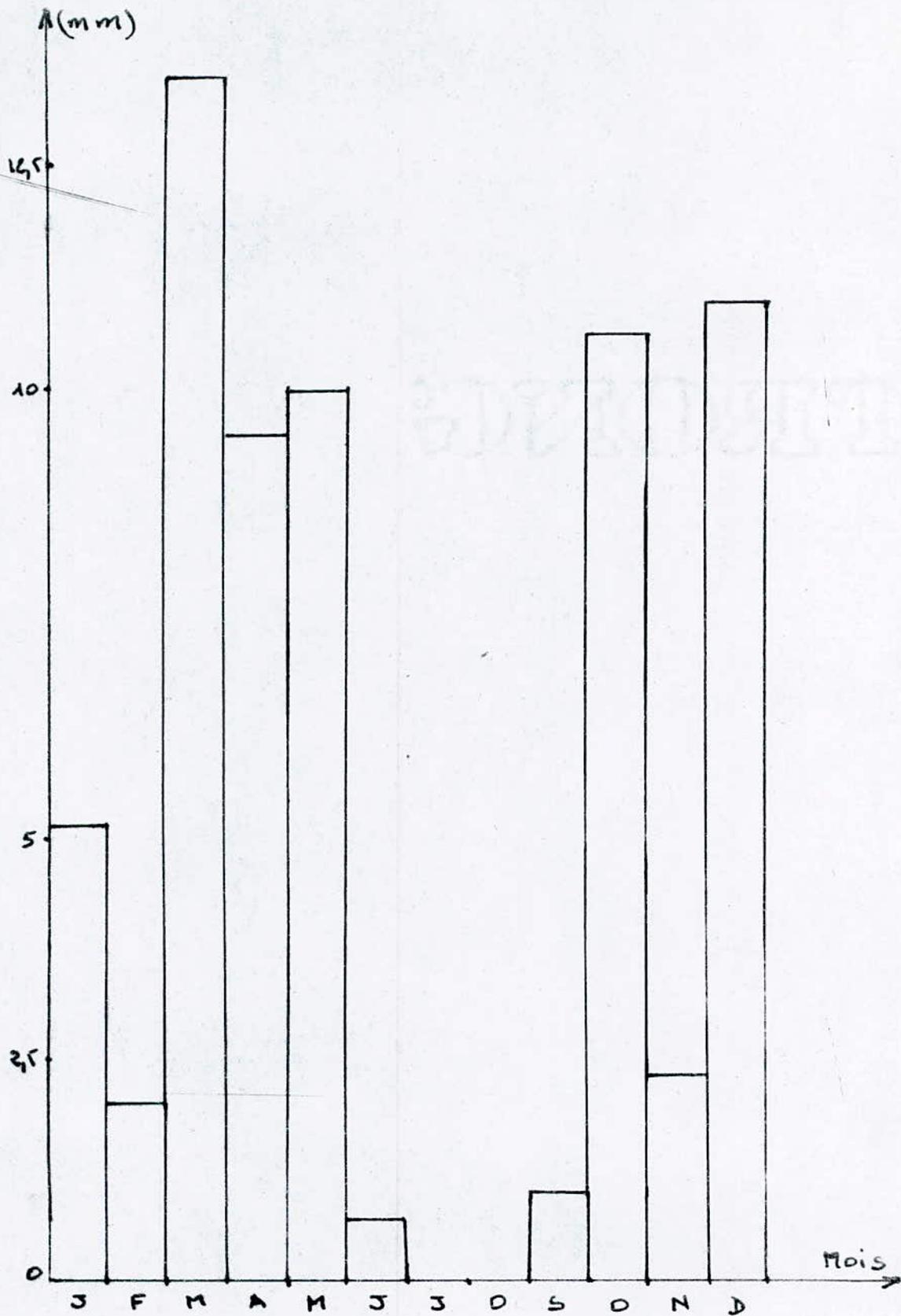


fig - 2.7 - Hauteurs moyennes des precipitations.
 Region d'EP Sud.
 periode (1985 - 1986)

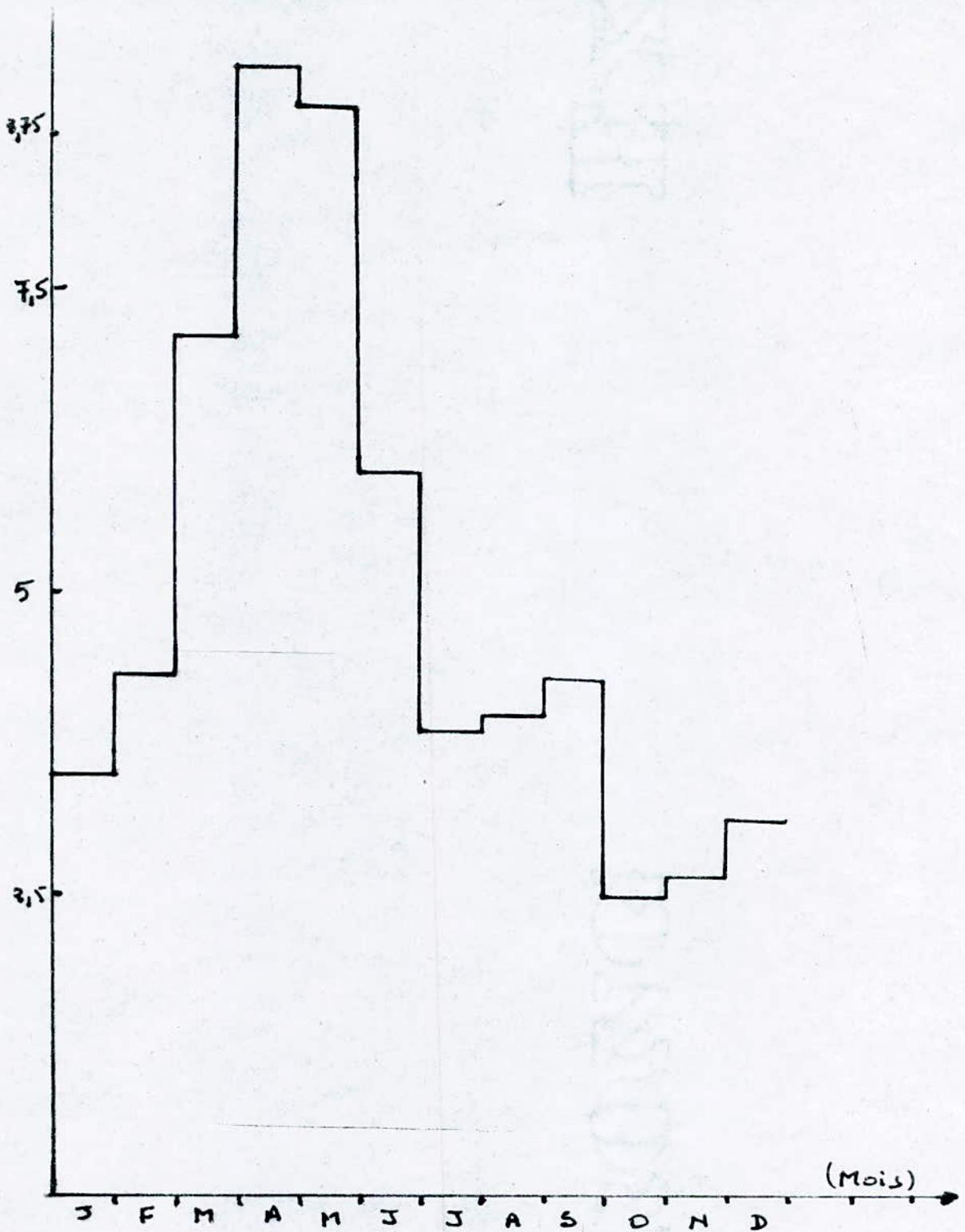


fig- 2.8 - Nombre de jours moyen mensuel de brume de sable
 Region de HASSI MESSAOUD (Altitude 142m)
 periode (1974 ÷ 1982)

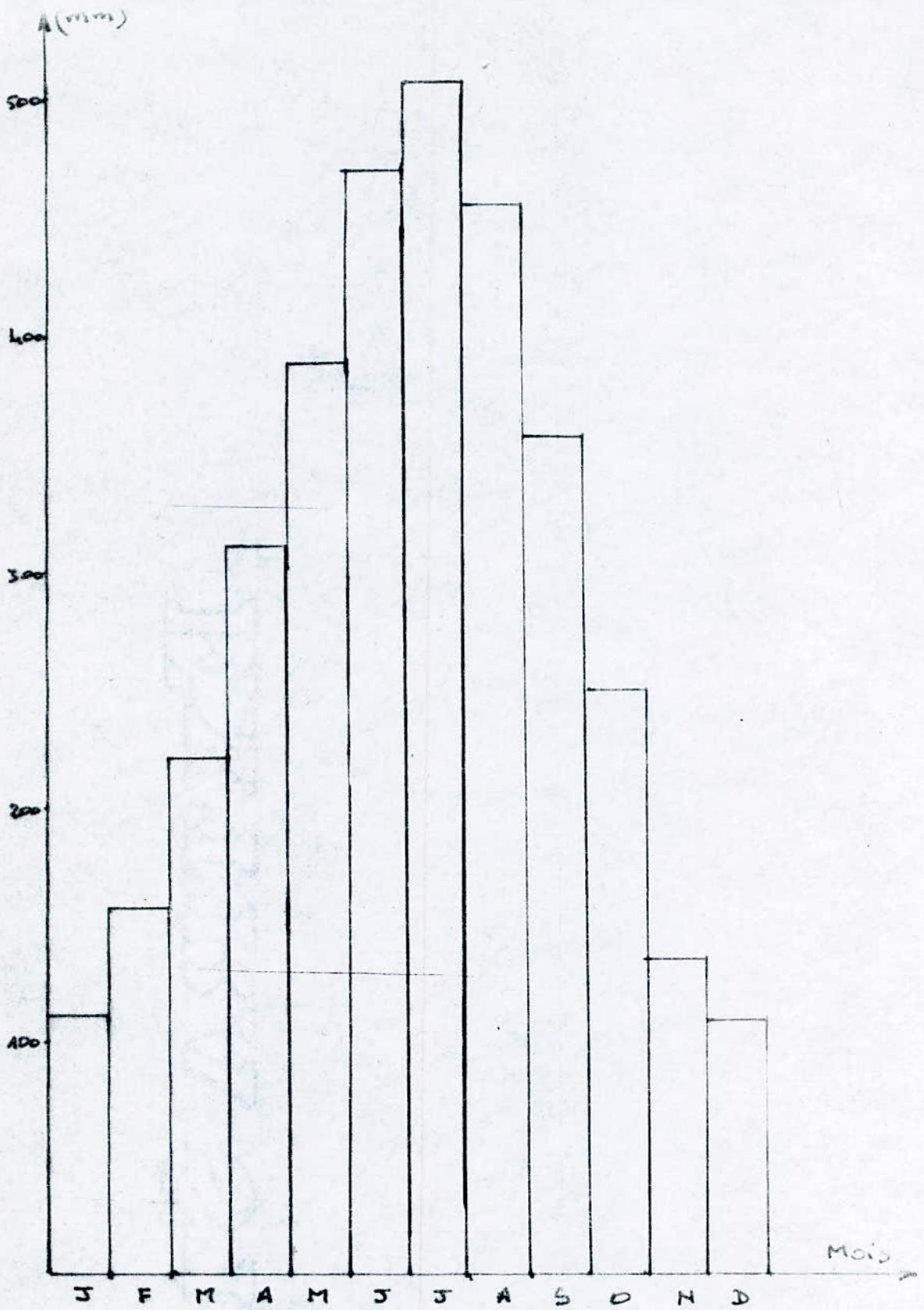


fig - 2.9 - Hauteurs moyennes mensuelles d'évaporation (mm)
 Région de Hassi Messaoud (Altitude : 162m)
 période (1974 ÷ 1986)

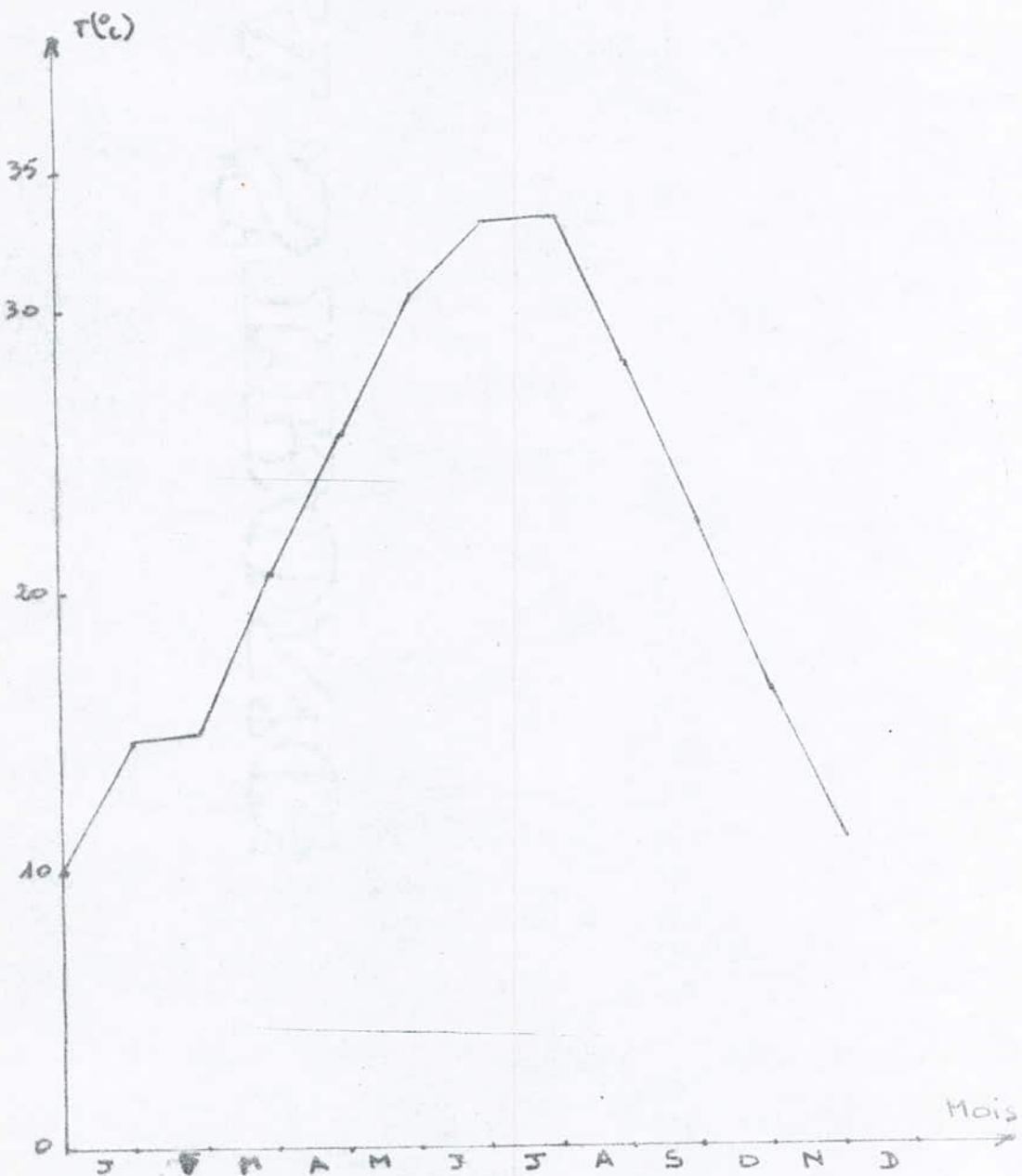


fig- 2.10- Moyenne des Temperatures max et min moyennes
 periode (1985 - 1986)
 Station Guemar El Oued

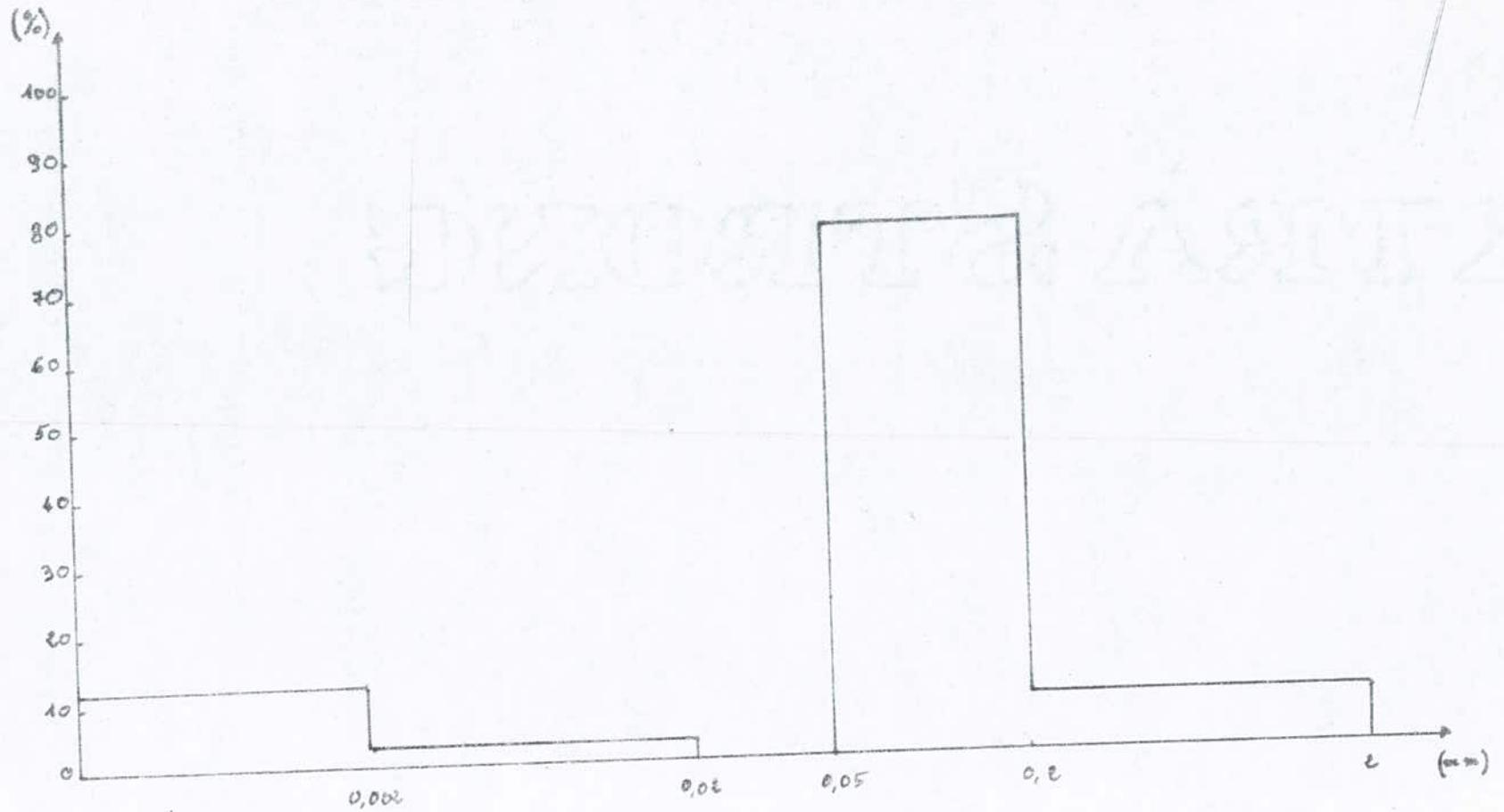


fig - 3.1 - Distribution granulométrique du sable
 Laghouat (Niveau: 0m)
 Échantillon N°: HR 1

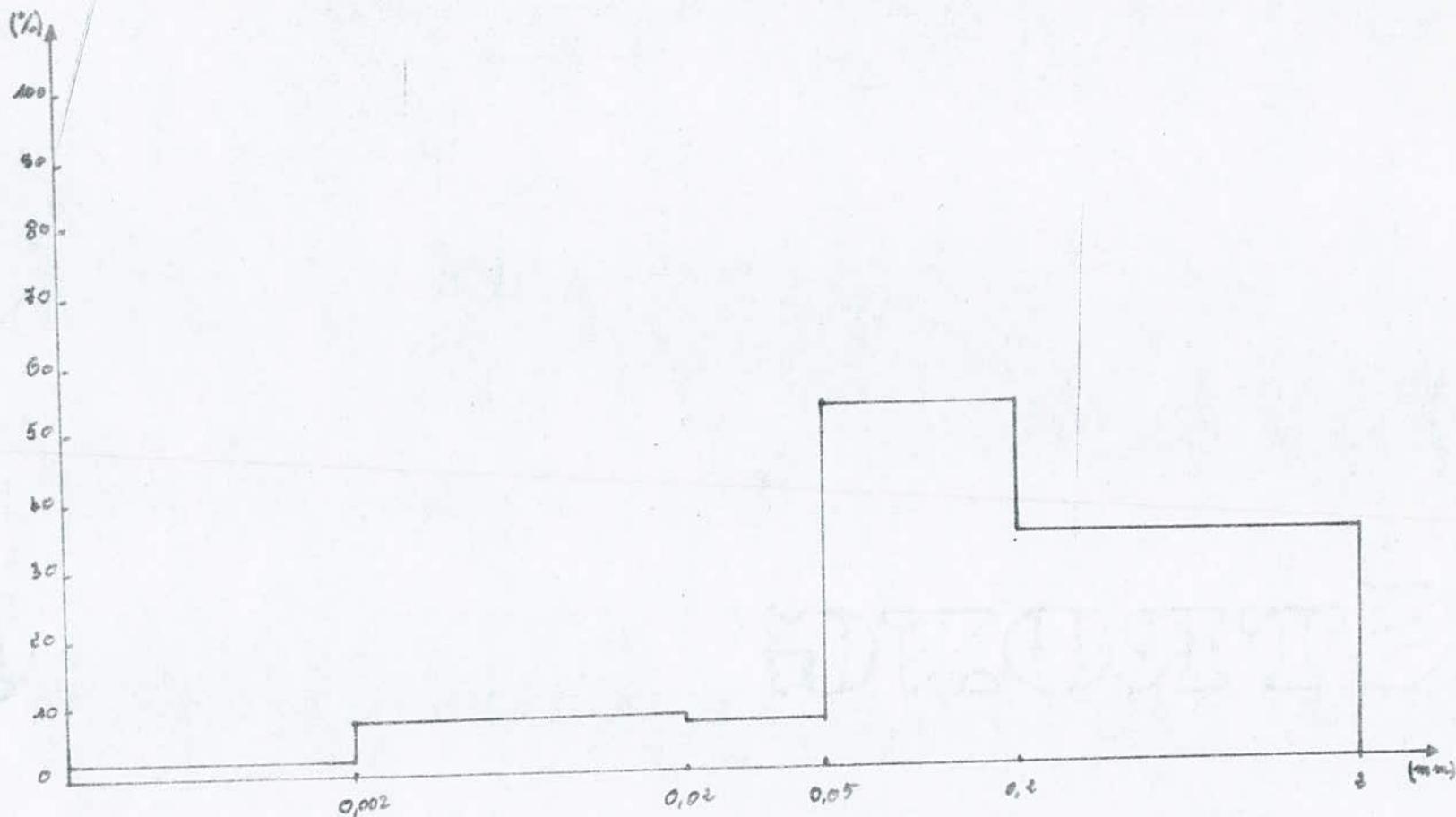


fig- 3.2 - Distribution granulometrique du sable
Hassi R'Mel (Niveau \approx 0m)
Echantillon N^o : HR 4

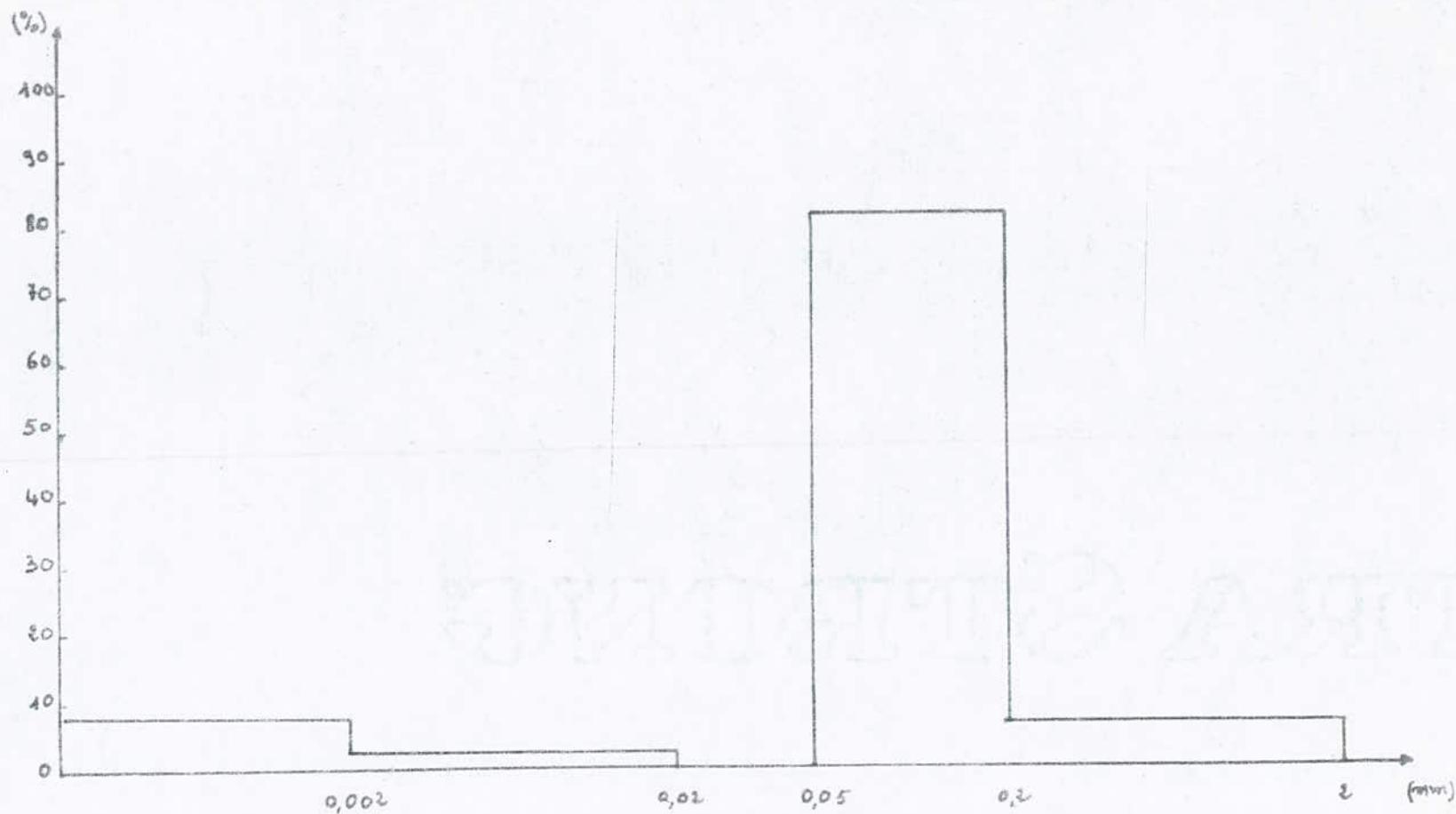


fig - 3.3 - Distribution Granulometrique du sable
Our Gla (Niveau ± Dm)
Echantillon N°: H18

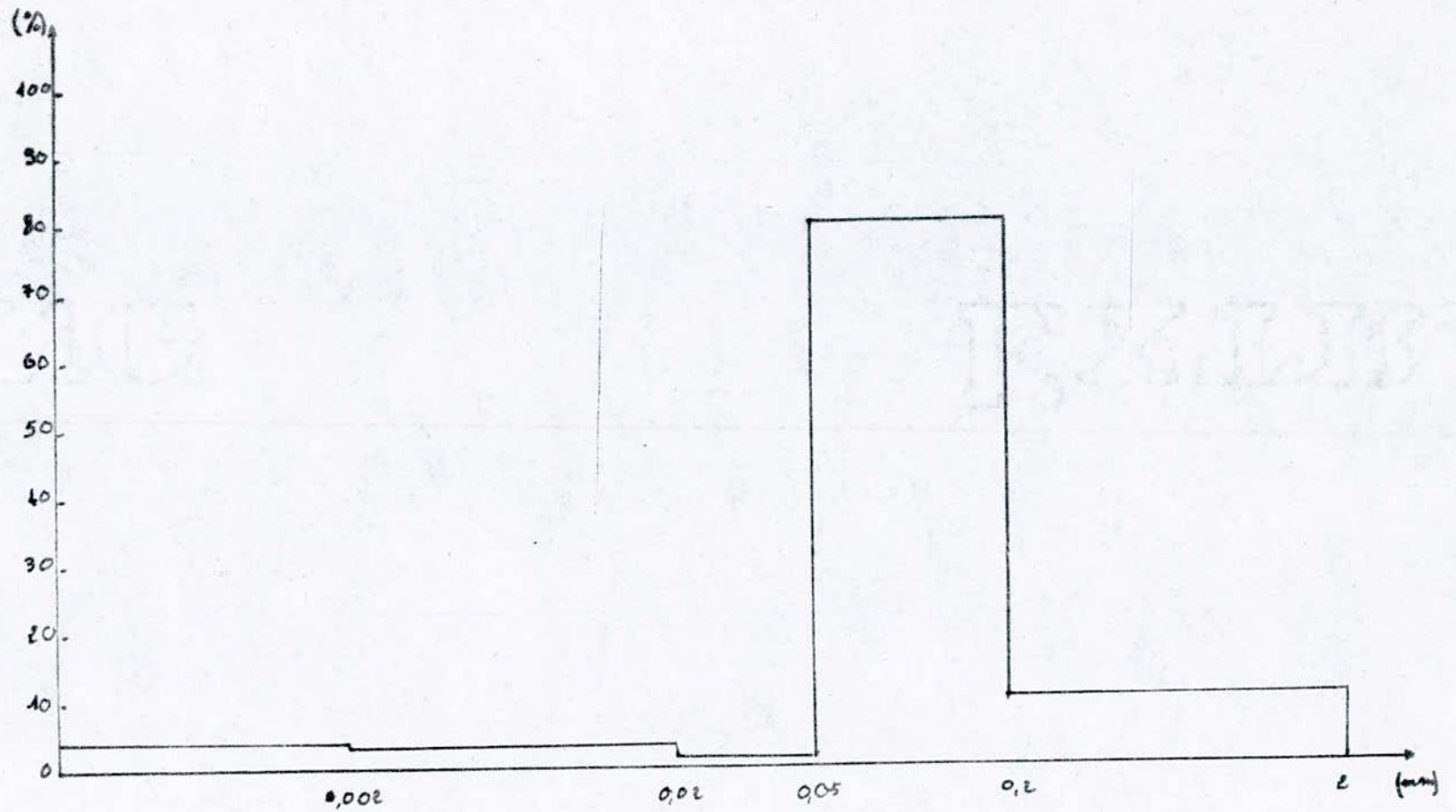


Fig-3.4 - Distribution granulometrique du sable
 Touggourt (Niveau 24m)
 Echantillon N°: HM10

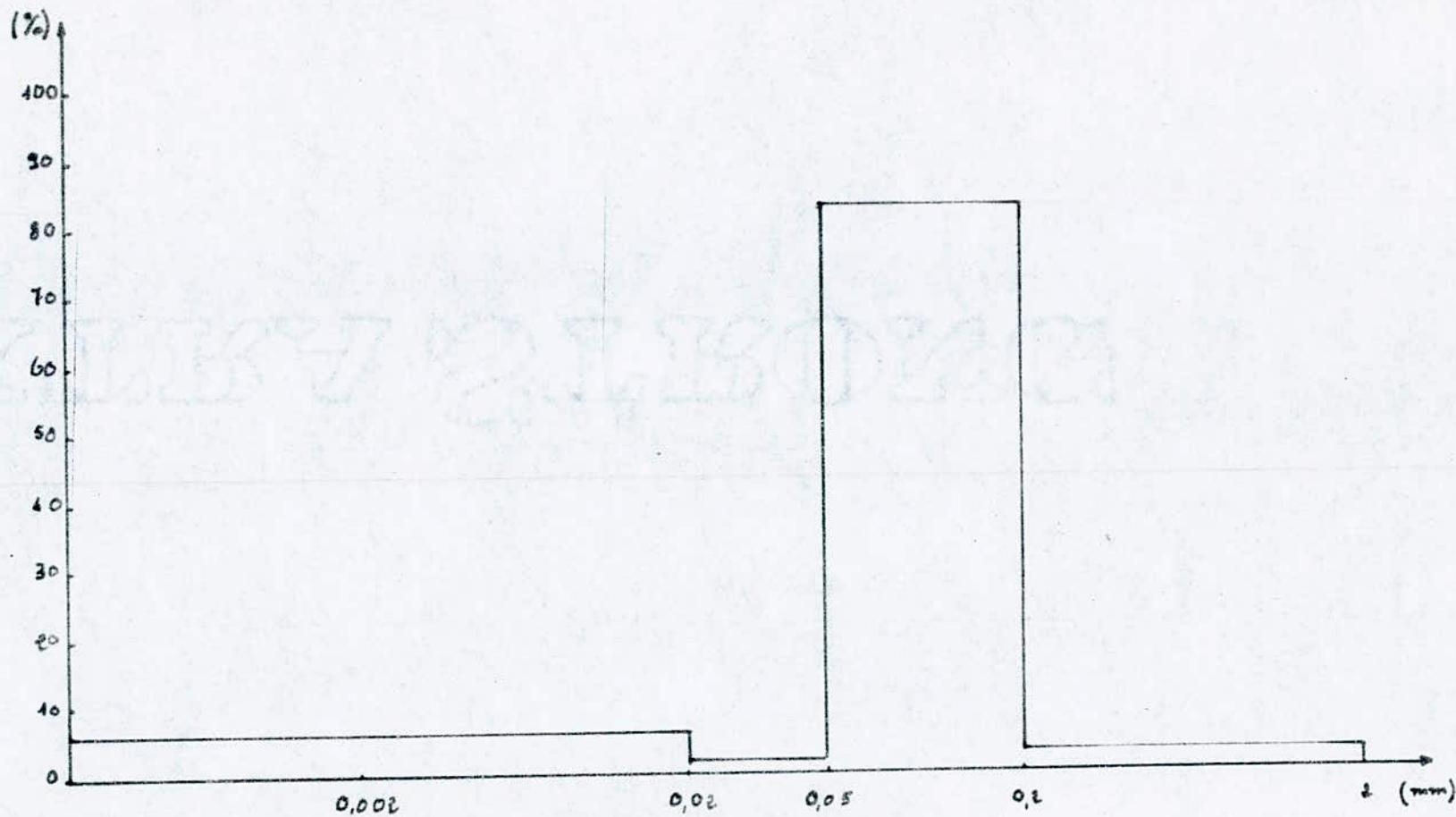


fig - 3.5 - Distribution granulométrique du sable
El Oued (Niveau $\approx 0m$)
Echantillon N° HM4

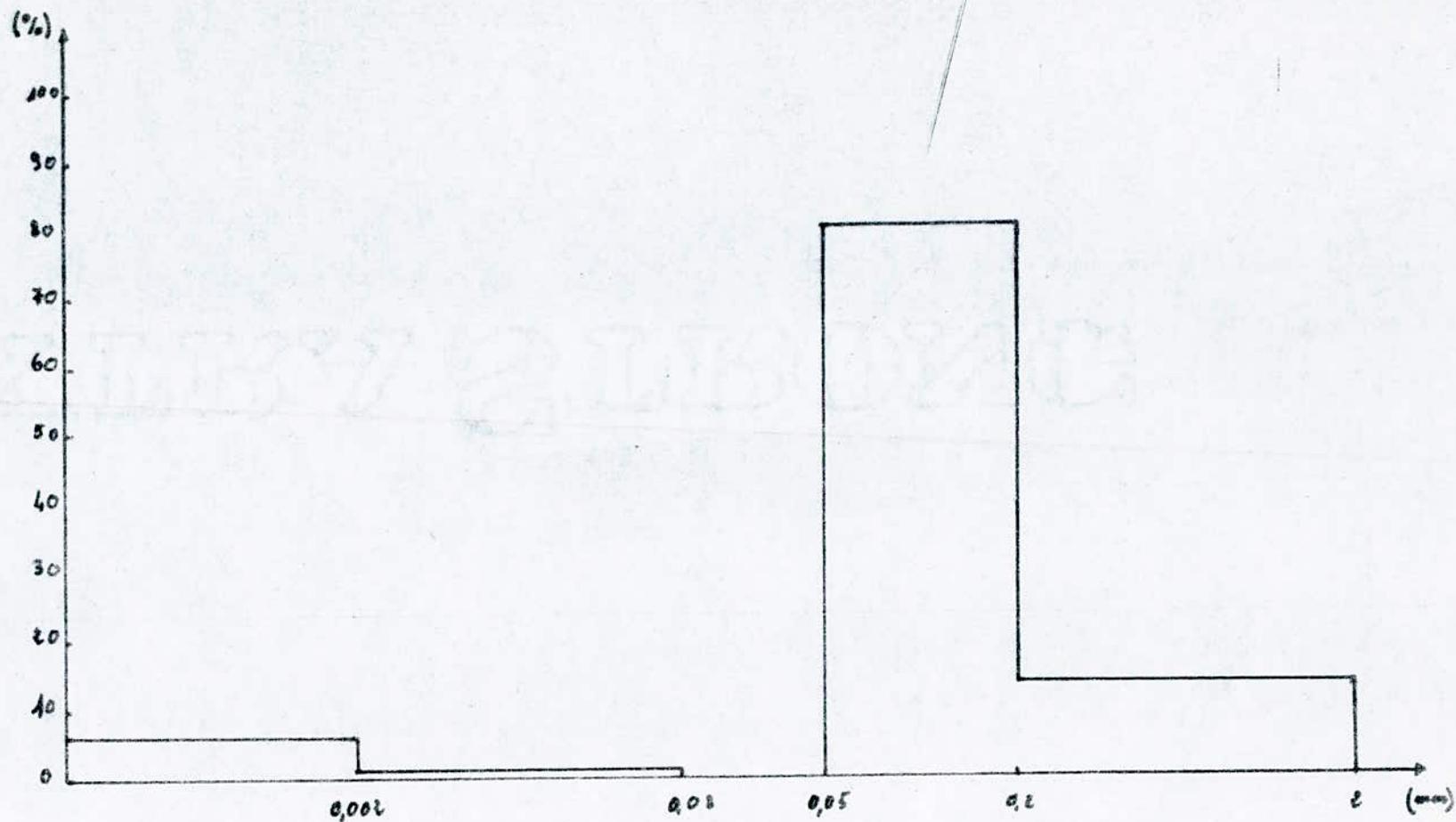


fig-3.6 - Distribution granulométrique du Sable
Hassi Messaoud (Niveau \approx 0m)
Echantillon N° HM1

-o00o- BIBLIOPHIE -o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

-o00o-

- 1- Boubekeur et Zain-" la pollution des isolateurs de haute tension dans les conditions Sahariennes" (Thèse de Fin d'étude E N P A, 1975).
- 2- Nouar et Mekhanet -"Etude du développement d'un arc électrique sur une surface isolante contaminée par la pollution désertique"(Projet de Fin d'étude E N P A Janvier 1987).
- 3- Mekhaldi et Boudjeltia -"Contribution à l'étude de la pollution des isolateurs de haute tension dans la région électrique de Annaba" (Projet E N P A, Juin 1984).
- 4- Djemai et -" Essais sur site et au laboratoire d'isolateurs contaminés par la pollution industrielle au bord de la mer"(Projet E N P A Juin 1986).
- 5- Claverie et Porcheron- " Les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en régions polluée"(166/R.G.E. Tome 82 n° Mars 1973).
- 6- Mahmoud A.B El-KOSHAIRI et Farouk A.M Rish-" Comportement des isolateurs des lignes de transport à très haute tension dans des conditions de pollution désertique"(Cigre 33-05 session 1970).
- 7- M.A.B El KOSHAIRY, E. El SHARIKAOUI, M.M. AWAD, H.E.M ZARZOURA, M.H. KHALIFA et A. NOSSEIR-" Performance de chaines d'isolateurs haute tension soumises à la pollution du désert"(Cigré 33-09 session de 1982).
- 8- M.DOBARZIC-"(Formes des décharges glissantes sous tension de choc 1,2/50 sur les surfaces de diélectriques solides pollués par le sable du Sahara."(Thèse de doctorat E N P A 1975).

- 9- A. CIMADOR, M. COJAN, P. Hautefeuille et M. Moreau - "Méthode de dimensionnement des isolateurs de lignes Aériennes en régions polluées" (Cigre 33-04 session de 1978).
- 10- Farouk A. MRIZEK - "Mathematica models for pollution flaschover ELECTRA n , 78 pages 71 - 103 .
- 11- M.P VERMA, H. NIKLASCH, W. Lipken, H. SEHREIBER et G.F. LUXA - " Critère de Contournement par pollution et ses applications pour le dimensionnement et le contrôle de l'isolation "(Cigre 33 - 09 session de 1978).
- 12- E. EL SHARKAWI, M. AWAD, H. SAID et M. MORSI - "Reappraisal of pollution severity of overhead Transmission lines insulators using the highest Leakage Current pulses"(I S H 46 - 7 1983).
- 13- J. DANIS et J. SCHNORCH - "The correlation between the parametre in the different pollution testes methods"(I S H 54 - 12 , 1979).
- 14- A. Boubekeur - "Influence de la pollution atmosphérique sur le transport de l'énergie électrique en Algérie". (JTEA 1984).
- 15- AFFICES Nationaux de météorologie. (Région de Hassi Messaoud et de Hassi R'Mel).
- 16- A. Boubekeur - "Essais d'isolateurs H.T sous conditions Naturelles de pollution" (Rapport de stage de DOKTARA, 15 Mars - 15 Avril 1977).
- 17- R. KOSZTALUK, W. CZAPLAK et R. KUCHARSKI - "Mesure de pollution Essais d'isolateurs pollués, choix des isolateurs-" (Cigre 33-07, session de Septembre 1978)
- 18- M. ISHI, K. SHIMADA, T. KAWAMURA et T. MATSUMOTO - " FLASHO VER OF Contaminated surfaces under Low atmosphèrie pressure-" (I S H 46 - 02 , 1983).
- 19- Z. HANG RENYU, ZHU DEHENG et GUAN ZHICHENG - " A Study on the relation between the flashover voltage the tea bage curent of naturally a artificially polluted insulators- I S H 46 - 01 , 1983.