

UNIVERSITE DES SCIENCES
ET DE LA TECHNOLOGIE D'ALGER

10/83

2^{et}

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE ET D'ELECTROTECHNIQUE



ELECTROTECHNIQUE

PROJET
DE FIN D'ETUDES

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE LA POLLUTION DES ISOLATEURS
DE HAUTE TENSION DANS LA
REGION D'ARZEW

Proposé par: A. BOUBAKEUR
Docteur Es-Sciences Techniques

Etudié Par: L. CHOUGUI
et R. BELAICHA

UNIVERSITE DES SCIENCES
ET DE LA TECHNOLOGIE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE ET D'ELECTROTECHNIQUE

FILIERE D'INGENIEUR EN

ELECTROTECHNIQUE

PROJET
DE FIN D'ETUDES

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE LA POLLUTION DES ISOLATEURS
DE HAUTE TENSION DANS LA
REGION D'ARZEW

Proposé par: A. BOUBAKEUR
Docteur Es-Sciences Techniques

Etudié Par: L. CHOUGUI
et R. BELAICHA

DEDICACES

A la mémoire de ma mère

A toute ma famille

A mes amis

L. CHOUGUI

A mon père et à ma mère

A mes frères et soeurs

A mes amis

R. BELAICHA

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur M^r.A.BOUBAKEUR pour nous avoir suivis dans l'élaboration de ce projet et pour les précieux conseils qu'il nous a prodigués .

Nous exprimons également notre profonde gratitude au personnel de la SONELGAZ et à toutes les équipes de postes et de lignes de la région Ouest qui nous ont facilité la tâche durant notre stage .

Nos remerciements vont également à M^r PANAYATOV du département de génie chimique (ENP), aux responsables des laboratoires de pédologie de l'INA et de la SONAREM-BOUMERDES pour avoir si bien réalisé l'étude chimique de nos échantillons de pollution .

Nous remercions aussi toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de cet ouvrage , notamment les responsables du service climatologique de l' ONM(GAMBETTA- ORAN) et du service de la SONELGAZ d'Alger pour les renseignements et la documentation qu'ils nous ont fournis .

Notre profonde gratitude va également à M^r SENHADJI SLIMANE qui a dactylographié cet ouvrage .

Que tous les professeurs qui ont contribué à notre formation ,
trouvent ici notre profonde reconnaissance

SOMMAIRE

CHAPITRE I : POLLUTION DES ISOLATEURS .

- I.1- Isolateurs .
- I.2 - Pollution .
- I.3 - Contournement sous pollution .
- I.4 - Facteurs contre la pollution .

CHAPITRE 2 : REGION D'ARZEW .

- 2.1 - Identification de la région d'Arzew .
- 2.2 - Isolateurs H.T utilisés dans cette région .
- 2.3 - Couches polluantes .
- 2.4 - Statistiques de contournement des isolateurs H.T pollués .
- 2.5 - Critères de choix des isolateurs utilisés .
- 2.6 - Moyens utilisés contre la pollution .
- 2.7 - Essais .

CHAPITRE 3 : ESSAIS SUR ISOLATEURS POLLUES .

- 3.1 - Généralités .
- 3.2 - Essais au laboratoire .
- 3.3 - Essais sur site .
- 3.4 - Station d'essai "in situ" .

CHAPITRE 4 : ESSAIS AU LABORATOIRE DE L'ENP .

- 4.1 - Généralités .
- 4.2 - Equipement de la station d'essai à fréquence industrielle .
- 4.3 - Essais réalisés .
- 4.4 - Résultats .

CONCLUSION

INTRODUCTION

Les isolateurs des lignes aériennes et des postes H.T, installés dans les régions où règne une pollution atmosphérique importante sont sujets à des incidents graves dus aux contournements des chaînes d'isolateurs ou des colonnes isolantes polluées. Ceux-ci résultent d'une contamination de la surface des isolateurs qui devient plus ou moins conductrice sous l'effet des apports d'humidité.

Ce phénomène pose de sérieux problèmes aux exploitants des réseaux électriques dans de nombreux pays. En Algérie, pays industriellement en développement, la SONELGAZ (Société Nationale de l'Electricité et du Gaz) est aussi confronté à ce problème.

La pollution des isolateurs H.T est beaucoup plus ressentie dans les régions côtières fortement industrialisées de notre pays.

La région d'Arzew est un cas bien particulier qui nécessite une grande attention afin de prendre connaissance des phénomènes de pollution et permettre l'utilisation des moyens anti-pollution.

En effet, les problèmes dus à la pollution des isolateurs H.T dans cette région inquiètent sérieusement la SONELGAZ depuis la mise en service des lignes de transport à 220 kV.

Le but principal de ce projet est justement de contribuer à l'étude de la pollution des isolateurs H.T dans la région d'Arzew et de déterminer les performances des isolateurs sous pollution naturelle.

Ce projet a nécessité un stage dans la région d'Arzew (du 14 Septembre au 10 Octobre 1982) en collaboration avec la SONELGAZ (Direction de la Production et du Transport-Région de l'Ouest-).

Un premier chapitre traitera du phénomène de pollution des isolateurs H.T et des problèmes qu'il engendre. Dans le deuxième chapitre, nous présenterons la région d'Arzew. Le troisième chapitre concernera les essais des isolateurs pollués et le quatrième chapitre sera

consacré à la présentation de nos essais et à l'équipement qui nous a permis de les effectuer au laboratoire à haute tension de l'E.N.P.

CHAPITRE I

POLLUTION DES ISOLATEURS

I.I- ISOLATEURS

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

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

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

I.I.I- Utilisation des isolateurs dans les lignes aériennes et les postes.

On les rencontre sous différentes formes : Isolateur support, de traversée et de ligne.

a) - On désigne sous le nom d'isolateurs supports, des pièces isolantes destinées à supporter, en les isolant, des éléments conducteurs autres que les lignes.

b) - Les isolateurs de traversée sont des pièces isolantes établies pour permettre le passage d'un conducteur sous tension à travers un obstacle plus ou moins conducteur (mur, paroi, etc...). Leur emploi principal consiste en bornes de transformateur ou d'interrupteur dans l'huile.

c) Isolateurs de lignes aériennes.

Les conducteurs des lignes aériennes sont fixés aux supports par l'intermédiaire d'isolateurs. On utilise, pour constituer ces isolateurs, la porcelaine ou le verre. Ces isolateurs doivent présenter deux qualités principales, l'une est d'ordre électrique et l'autre d'ordre mécanique.

- L'isolateur doit posséder une tension de tenue suffisante pour tenir, avec un coefficient de sécurité adéquat, la tension de service sans qu'il

ne se produise ni percement de l'isolation, ni arc de contournement.

- L'isolateur doit avoir les propriétés mécaniques requises pour résister aux sollicitations exercées sur lui par le conducteur et les facteurs atmosphériques (vent, variations de température, givre, etc...).

Les isolateurs des lignes aériennes se présentent sous deux formes : les isolateurs rigides et les isolateurs suspendus.

Les isolateurs rigides ou à tiges sont scellés sur une ferrure et sont utilisés pour des tensions ne dépassant pas généralement 60 kV (I).

Les isolateurs suspendus (chaînes) sont composés de plusieurs éléments et sont employés pour des tensions plus élevées. Le principal type d'isolateur suspendu est celui à "Capôt et tige" (figures I.1-I.2-I.3). Le nombre d'isolateurs utilisés dans une chaîne dépend surtout de la tension de service de la ligne.

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

I.1.2- Tensions de contournement des isolateurs

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

La formule valable pour les systèmes à pointe donne une assez bonne approximation de cette tension. :

$$U_{cs} = 14 + 3,16 a_s \quad (\text{kV}_{\text{eff}})$$

où a_s : la plus courte distance dans l'air entre les électrodes (cm).

Elle correspond à la ligne d'arc ou distance disruptive.

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

Pluie normalisée : - angle d'incidence : 45°

- résistivité de l'eau : $5000 \text{ à } 11000 \Omega \cdot \text{cm}$.

- 3 mm de pluie par minute.

Cette tension peut être calculée à partir de la formule de

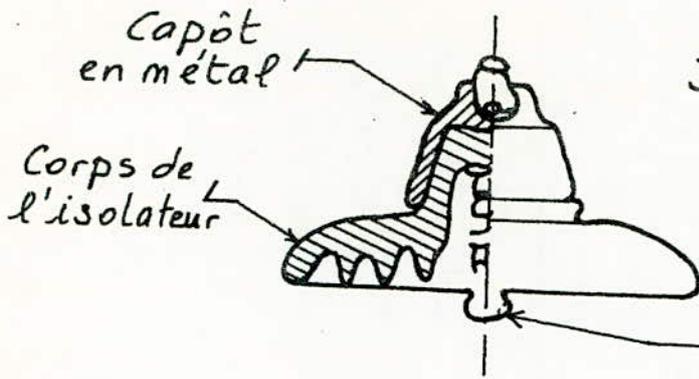
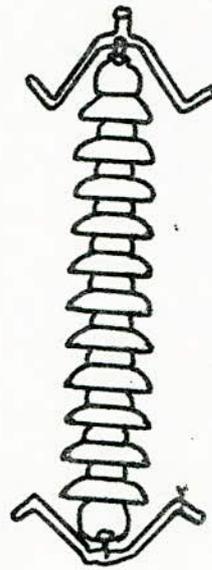
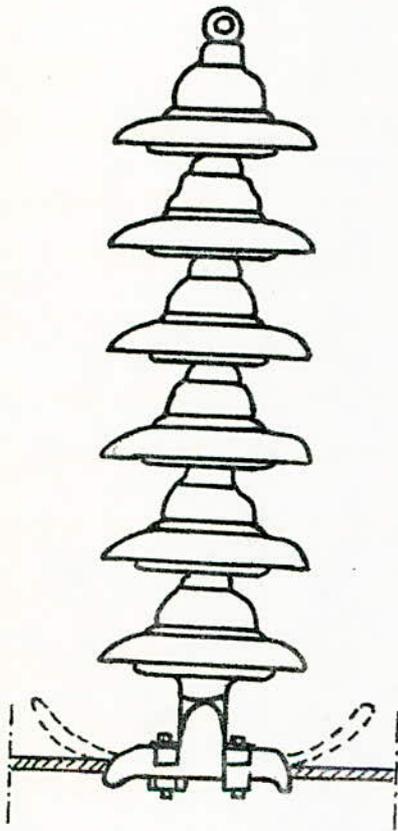


fig 1.1 - Isolateur à
"Capôt et tige"

tige métallique

fig 1.2 - Isolateur suspendu
en une seule pièce



Les armatures
sous forme de
cornes (cornes
de garde) ont
pour but de
tenir l'arc
écarté des
cloches isolantes.

fig 1.3 - Chaîne d'isolateurs
de 6 éléments
à capôt et tige

(Les deux cornes tracés en pointillés
servent à améliorer la distribution
du potentiel le long de la chaîne -)

$$\text{KOPPELMAN : } U_{\text{cm}} = I, I \sum a_m + 3,9 \sum a'_s \quad (\text{kV}_{\text{eff}})$$

avec a_m : Segment de chemin de contournement le long de la surface de l'isolateur (mouillé) en cm.

a'_s : Segment de chemin de contournement dans l'air en cm.

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

I.2- POLLUTION

L'exploitation des lignes aériennes, risquerait si l'on n'y prenait garde d'être rendue très difficile du fait qu'un dépôt se produit sur les isolateurs. Les pollutions atmosphériques (2) qui conduisent à la formation de dépôt sur les isolateurs peuvent être classées en trois grandes familles.

I.2.1 - Pollution d'origine naturelle

Bord de mer, marais salants, poussières provenant du sol, latérites, sables, etc...

Ces pollutions peuvent affecter d'importants tronçons du réseau.

I.2.2 - Pollution d'origine industrielle

Cimenteries, aciéries, minerais, engrais, industries chimiques, Centrales thermiques, ...etc.

Ses effets sont le plus souvent restreints à des aires peu étendues et n'intéressent que quelques tronçons de lignes.

I.2.3 - Pollution d'origine mixte

Ce type de pollution est la combinaison des deux précédentes.

Comme exemple on peut citer les complexes industriels en bord de mer.

I.2.4 - Sévérité de pollution d'un site

La sévérité d'un site donné peut être caractérisé par le degré de pollution. Celui-ci peut être déterminé en nettoyant la surface d'un isolateur pollué à l'aide d'un coton pur imbibé d'eau distillée (3). La conductivité de la solution contaminée par le coton permet, par des

mesures, d'obtenir la quantité équivalente de sel.

La salinité équivalente ou degré de pollution est considérée comme la base de référence pour le classement des sites pollués. Plusieurs échelles conventionnelles sont utilisées, à titre d'exemple le tableau suivant montre un type de classement utilisé en France(4).

Classe	Définition du site	Salinité équivalente (g/l)
I	Zone non polluée où l'isolement normal convient.	2,5
II	Zone faiblement polluée où le renforcement de l'isolement est néanmoins nécessaire.	10
III	Zone à forte pollution nécessitant un renforcement important de l'isolement.	80
IV	Zone à très forte pollution nécessitant un isolement exceptionnel ou l'isolement de la classe III associé au graissage ou lavage périodique des isolateurs.	≥ 160

I.3 - CONTOURNEMENT SCUS POLLUTION

Les isolateurs de lignes ou de postes exposés à la pollution industrielle se recouvrent de poussières plus ou moins conductrices, retenant l'humidité. Dans la plupart des cas, les surfaces des isolateurs sont nettoyées par la pluie et ce lavage suffit généralement à redonner à l'isolateur ses qualités primitives. Mais, dans une atmosphère polluée, l'agglomération de ces poussières sur les isolateurs peut atteindre une épaisseur importante sous forme d'une couche adhérente, après notamment une certaine période de sécheresse.(5).

Lorsque cette couche de poussière se charge d'humidité, (par exemple

à la première apparition de brouillard ou de pluie fine) elle se comporte comme un buvard et absorbe l'eau rendant ainsi la surface de l'isolateur conductrice. Un amorçage est alors susceptible de se produire par le développement d'un arc électrique court-circuitant tout l'isolateur : c'est le contournement.

Ce phénomène de contournement est identique sous pollution marine : celle-ci se manifeste par l'apparition à la surface des isolateurs de dépôts formant, en présence d'humidité, une pellicule conductrice. Cette pellicule réduit la résistance superficielle des isolateurs et peut entraîner ainsi des amorçages.

I.4 - FACTEURS CONTRE LA POLLUTION

Les mesures à prendre pour éviter les amorçages dus à la pollution des isolateurs sont de trois ordres :

- Amélioration de la tenue des isolements.
- Nettoyage des isolateurs.
- Protection des isolateurs par graissages.

I.4.1 - Dispositions constructives

a) - Un surisolement résultant de l'allongement de la ligne de fuite des isolateurs peut être obtenu soit en augmentant le nombre d'éléments des chaînes d'isolateurs, soit en adoptant un type de colonne à isolement renforcé.

b) - Certaines formes d'isolateurs ont été spécialement étudiées comme par exemple les isolateurs à jupes plus grandes (4) prévus pour équiper les lignes de transport situées en zones très polluées.

c) - L'emploi des chaînes horizontales ou inclinées de préférence aux chaînes verticales. Il s'est révélé, en effet, que le comportement des chaînes horizontales présentait, sous pollution, des performances supérieures à celles des chaînes verticales. Il y a là une explication logique : dans la position horizontale, la pluie facilite le lavage de la surface de l'isolateur.

I.4.2 - Nettoyage des isolateurs

Il s'est avéré, que de bonnes propriétés d'auto-lavage peuvent redonner aux isolateurs leur qualité primitive d'isolement, lorsqu'une pluie naturelle succède à une période de pollution de courte durée. Cependant, il est nécessaire de pratiquer le lavage périodique des isolateurs au jet d'eau ou à main nue. La fréquence de ces nettoyage dépend en particulier du type d'isolateur.

I.4.3 - Protection des isolateurs par graissage

Les produits utilisés sont :- la graisse aux silicones.

-la graisse " OTINA C" .

a)- Graisse aux silicones

Elle se présente sous forme d'une graisse translucide ou colorée, de consistance voisine de celle de la vaseline.(5). L'action de ce produit s'explique par les propriétés hydrofuges des silicones qui empêchent la formation de pellicules d'eau continues et conductrices en favorisant le ruissellement en gouttes fines, non jointives et non mouillantes. En outre, ces propriétés hydrofuges se combinent avec l'effet d'enrobage des grains de poussière déposés à la surface de la graisse : ces grains sont en quelque sorte "digérés" dans la masse de la graisse, donc isolés les uns des autres.

b)- Graisse "OTINA C"

Il s'agit d'une graisse brune, minérale appartenant à la famille chimique des paraffines tirées du pétrole.(5). Elle a été expérimentée pour la première fois par des exploitants anglais. La protection des isolateurs par la graisse "OTINA C" est assurée sensiblement de la même façon qu'avec les silicones. Ses propriétés hydrofuges sont inférieures à celles des silicones mais sa capacité de "digestion" des poussières est certainement supérieure. L'inconvénient pour l' "OTINA C" : un réchauffement est nécessaire avant toute application. Par contre, elle présente un intérêt économique beaucoup plus grand que la graisse aux silicones.

c)- Application des graisses

Les graisses peuvent être appliquées soit manuellement avec des chiffons ou un pinceau, soit par pulvérisation au pistolet.

L'application d'une couche de graisse suffisamment épaisse sur un isolateur H.T améliore sa tenue d'environ 20% pendant au moins 4 ans.

CHAPITRE 2

REGION D'ARZEW

2.I - IDENTIFICATION DE LA REGION D'ARZEW

2.I.1 - Situation géographique

Arzew est une région côtière située à une quarantaine de kilomètres à l'est d'Oran. Elle est délimitée à l'ouest par une péninsule haute de 700 mètres environ, à l'est par les marais de la Macta et au sud, par les salines d'Arzew. Son relief ne présente pas énormément d'aspérités, il est en général plat; les terrains sont quasiment sablonneux et rocailleux en certains endroits. Les poussières sont aussi très abondantes surtout durant la saison sèche.

Le littoral est implanté d'usines pétrochimiques telles que :

- GNL (Gaz Naturel Liquéfié)
- GPL (Gaz Propane Liquéfié)
- NH₃ (Ammoniac)
- RAF (Raffinerie)

qui s'étendent sur une distance de 15 Kilomètres.

La région d'Arzew est donc une zone à très forte concentration industrielle.

2.I.2 - Conditions climatiques

Les principaux facteurs climatiques rencontrés fréquemment dans cette région et qui influencent le comportement de l'équipement haute tension sont : l'humidité relative de l'air, le brouillard, la pluie et les vents.

Nous considérons le cas le plus défavorable aux isolateurs de H.T en prenant, dans la mesure du possible, les valeurs extrémales de ces facteurs. Pour cela, nous utiliserons les statistiques enregistrées par l'ONM (Office National de Météorologie) pour la durée 1975 - 1981 concernant les différents facteurs climatiques relatifs à la région d'Arzew.

a) - Température

La température moyenne dans la région d'Arzew est de l'ordre de 18°C. Elle varie suivant les saisons entre 9°C et 27°C. La plus basse tempéra-

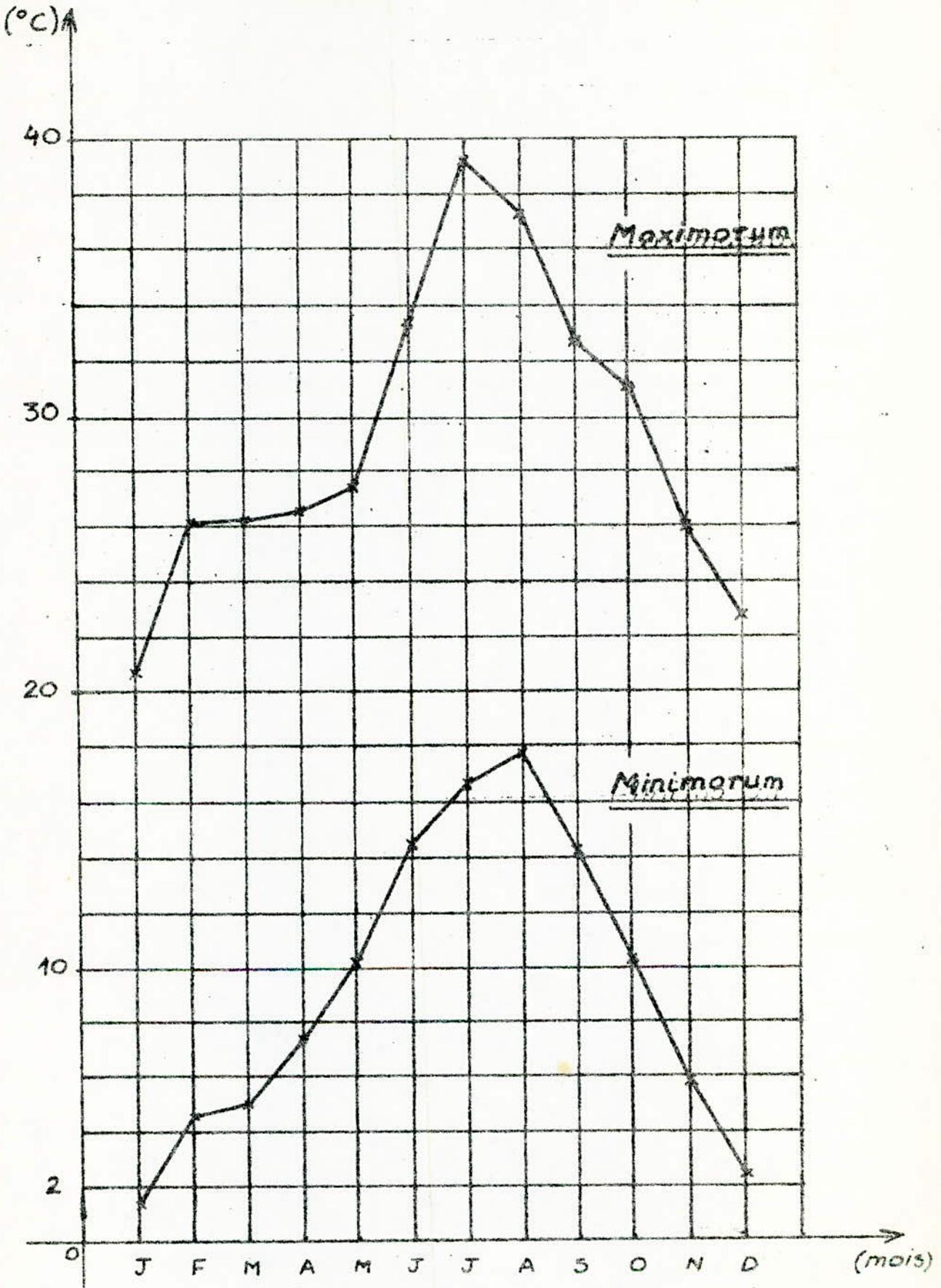


fig 2.1 - Températures extrêmes enregistrées
dans la région d'Arzew (de 1975 à 1981)

-ture ($- 2^{\circ}\text{C}$) a été enregistré pendant le mois de Janvier de l'année 1976. Les températures subissent de fortes variations (fig 2.1). Une baisse de température, au-delà d'une certaine limite (point de rosée) dépendant de l'humidité relative, donne naissance à la rosée. Ce phénomène est très fréquent la nuit et aux premières heures de la matinée, où l'humidité relative de l'air est importante et la température assez faible.

b) - Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air dans la région d'Arzew a une valeur moyenne de 67%. Elle varie suivant les saisons entre 54% et 82%, et peut atteindre 88% en hiver.

L'humidité relative de l'air est très forte durant la nuit, surtout aux premières heures de la matinée et assez faible (45%) aux environs de midi. On peut cependant conclure que la région d'Arzew est humide (fig 2.2).

c) - Précipitations pluviales

On remarque que la région d'Arzew qui reçoit moins de 500 mm de pluie par an est très peu arrosée. Son climat est caractérisé par de faibles précipitations en été (de Juin à Septembre) et relativement abondantes durant le reste de l'année (fig 2.3).

d) - Précipitations occultes

- La gelée blanche apparaît particulièrement pendant les mois de décembre, janvier et février; pour le reste de l'année elle est presque inexistante.

- Le brouillard apparaît le plus fréquemment durant la période Avril-Octobre. La présence de ce brouillard durant la saison estivale s'est avérée dangereuse pour les isolateurs. En effet, ceux-ci ont traversé la période du printemps où les pluies n'étaient pas suffisantes pour les laver.

- Quant à la rosée, on peut la considérer comme inexistante dans cette région.

- La neige ne se manifeste que très rarement; il y a eu une seule

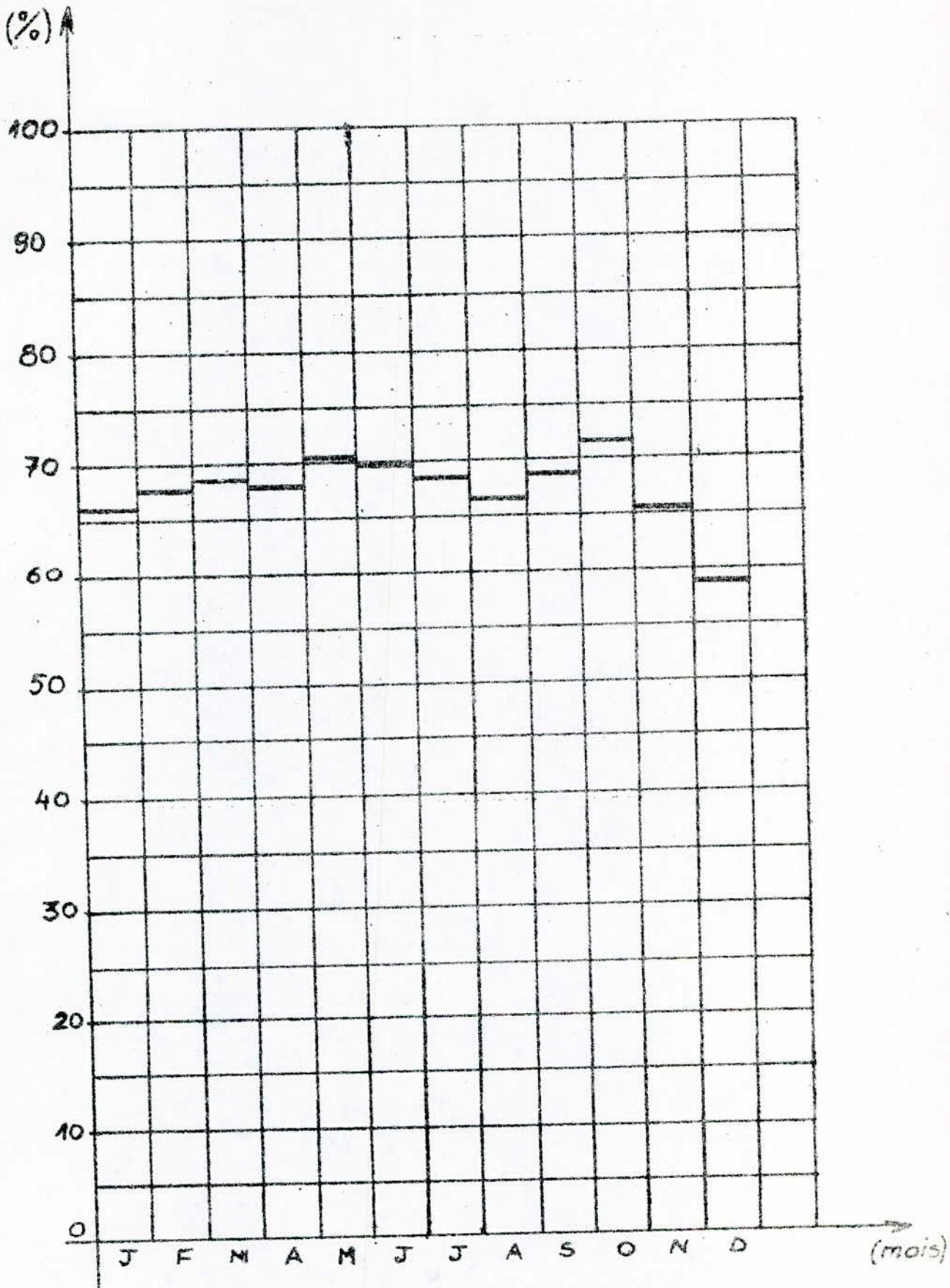


fig 2.2 - Humidité relative moyenne (de 1978 à 1981)

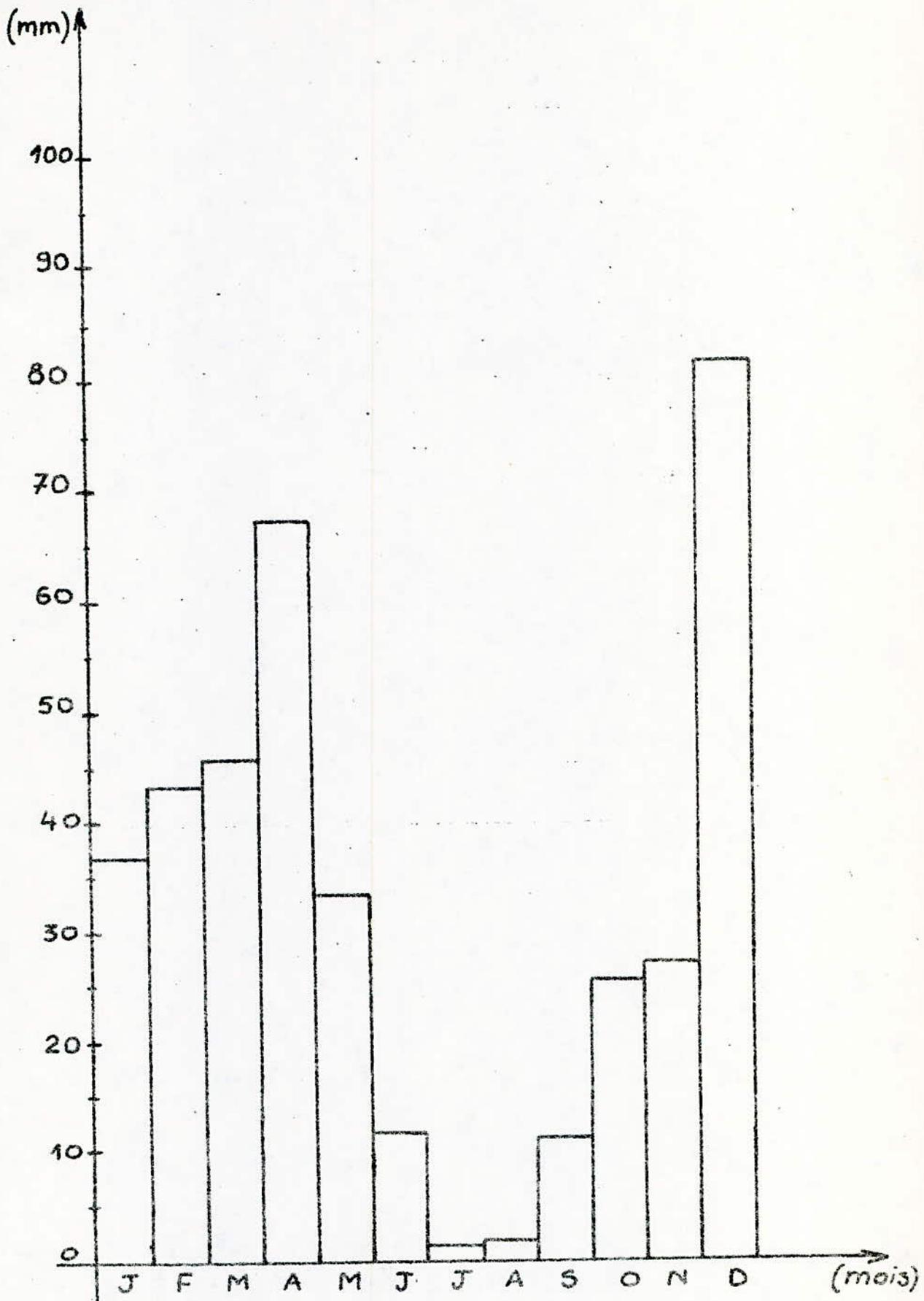


fig 2.3 - Hauteurs moyennes mensuelles
des précipitations (de 1975 à 1981)

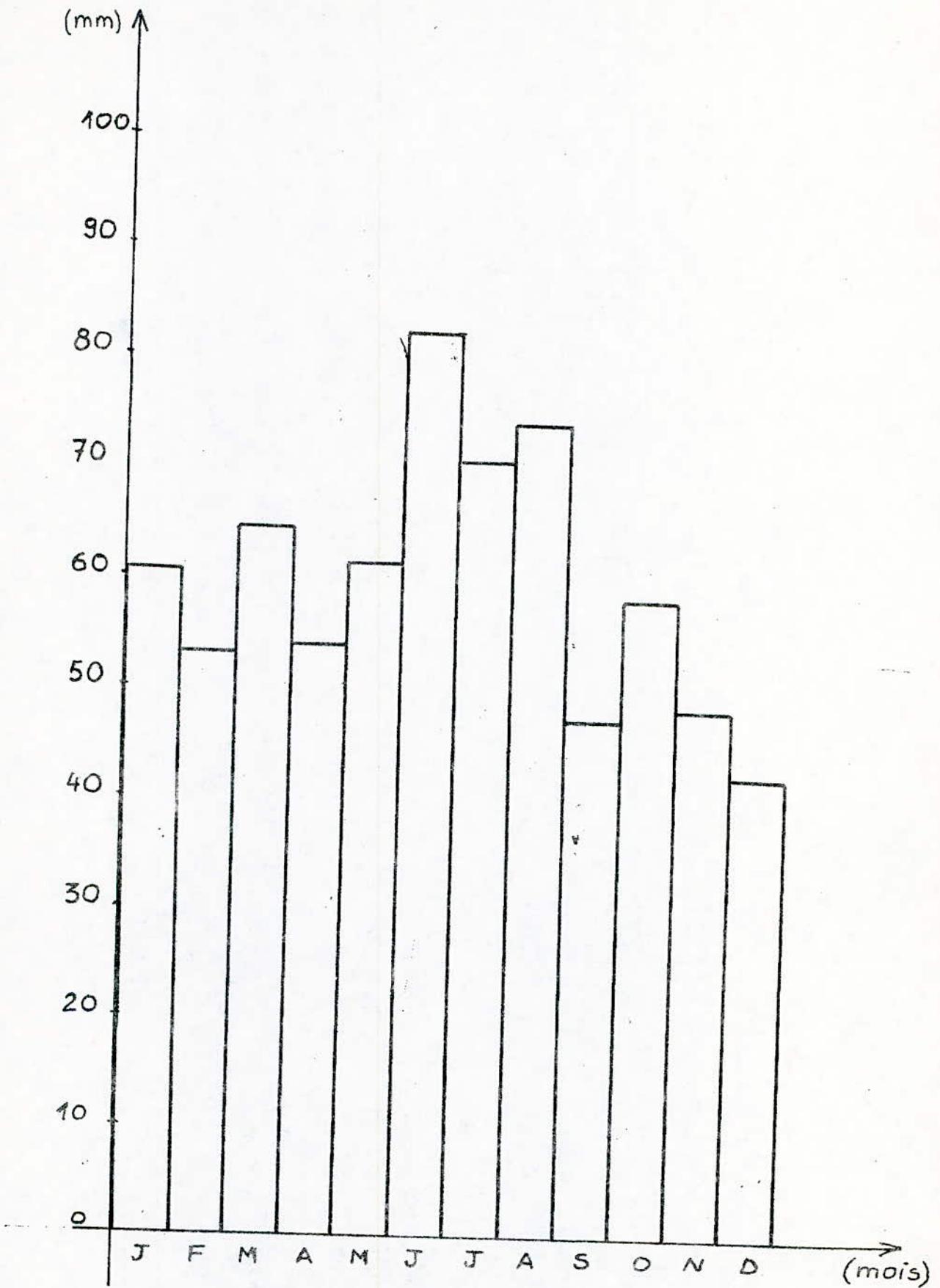


fig 2.4 - Hauteurs moyennes mensuelles
d'évaporation (de 1979 à 1981)

journée de neige pour chacune des deux années suivantes : 1976 et 1979.

c) - Les orages

Le nombre de jours d'orages peut varier considérablement d'une année à une autre; ils surviennent surtout aux mois de Mars, Avril, Novembre, et Décembre.

f) - Les vents

Les vents qui soufflent de la mer vers l'intérieur (vents marins) sont à l'origine de la propagation de la pollution marine. La direction habituelle des vents dans la région d'Arzew est d'ouest. Sur le tronçon Arzew-Mostaganem, les vents qui viennent de la mer sont prépondérants et peuvent atteindre des vitesses importantes de 18m/s. Ces vents sont très dangereux pour les isolateurs de haute tension proches et même éloignés de la mer car il s'est avéré que les embruns marins peuvent être transportés jusqu'à une centaine de Kilomètres de la côte.

g) - Insolation et phénomène d'évaporation

La durée d'insolation dans la région d'Arzew est assez importante. Cette insolation, très accentuée pendant la période estivale, provoque une évaporation pouvant atteindre une valeur moyenne annuelle de 57mm. Le phénomène d'évaporation est important pour le séchage des dépôts sur les isolateurs H.T.

Apparemment, les conditions climatiques sont très défavorables pour les équipements de haute tension dans la région d'Arzew car le phénomène d'auto-lavage n'est pas assuré vu que la région est très peu arrosée.

2.I.3 - Sources de pollution

Les sources de pollution peuvent être d'origines différentes.

a) - Pollution naturelle

Les terrains dans la région d'Arzew sont en général à vocation agricole, ce qui favorise un dépôt de poussières et de sables provenant du sol sur les isolateurs. La présence d'étendues de sable et de marais salants en certains endroits, à l'est de la région, n'est pas à négliger pour notre site.

b) Pollution industrielle

La région d'Arzew est caractérisée par une très forte industrie répar-
-tie comme indiquée sur la figure 2.5. Parmi les différentes usines, on
peut citer : - Usines pétrochimiques (Raffinerie, GPL, GNL).

- Usines chimiques (Ammoniac)

- Centrales thermiques (Aïn-El-Bya 20 MW, et Marsat-El-
Hadjadj 3 X 168 MW).

c) Pollution marine

La région d'Arzew est située entre la baie d'Oran et celle de Mosta-
-ganem, ce qui fait que les lignes et les postes H.T situés dans cette
zone sont très exposés aux brouillards salins.

2.2 - ISOLATEURS A HAUTE TENSION UTILISES DANS CETTE REGION

En 1977, quand la SONELGAZ avait fait passer son réseau de 60 kV à
220 kV dans la région d'Arzew, le nombre d'incidents et d'amorçages de
chaînes d'isolateurs avaient fortement augmenté. car elle n'a pas pris en
considération les dimensions favorables de l'isolement. Le degré de pollu-
-tion du site est aussi méconnu, ce qui a amené les responsables à adop-
-ter des chaînes d'isolateurs au hasard.

Ce n'était qu'en 1979 que la SONELGAZ s'est penchée sur le problème de
la pollution en adoptant des isolateurs dits anti-pollution. Ces isola-
-teurs sont, soit en porcelaine, soit en verre trempé.

2.2.1 - Types d'isolateurs

Pour l'isolement des lignes aériennes à haute tension, la SONELGAZ
utilise plusieurs types d'isolateurs parmi lesquels on peut citer :

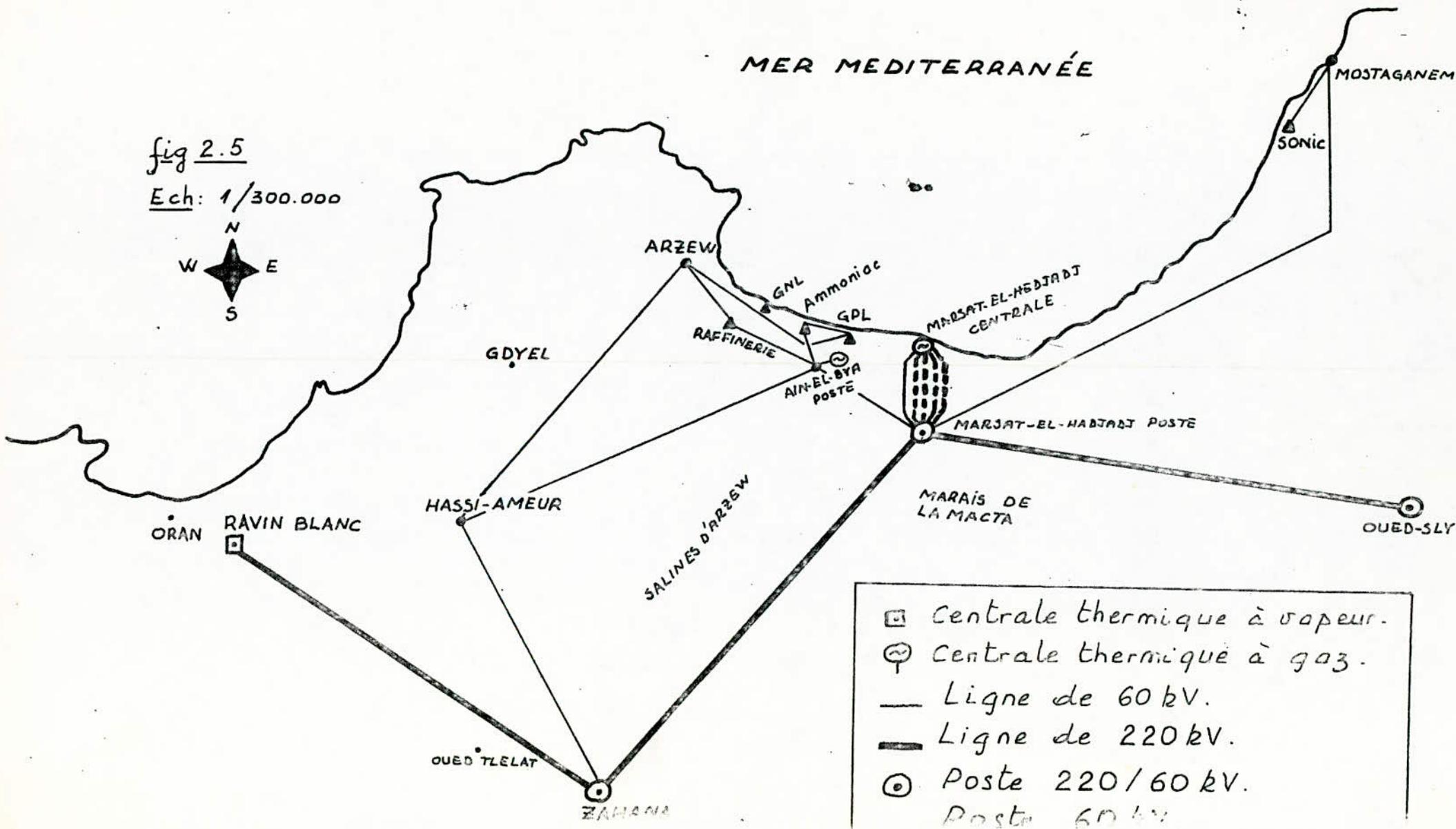
- - En verre : F I20P, F I2R, F I2D, F I2P, I5I2L.

- En porcelaine : NGK, CTBM.

Ce sont tous des isolateurs suspendus pour haute tension du type à "Capot
et tige". Le nombre d'isolateurs utilisés par chaîne varie de 16 à 18
éléments pour les lignes de 220 kV et de 6 à 7 éléments pour les lignes
de 60 kV. Parmi ces types d'isolateurs, les plus usités sont le FI20P et

fig 2.5

Ech: 1/300.000



- Centrale thermique à vapeur.
- ⊙ Centrale thermique à gaz.
- Ligne de 60 kV.
- Ligne de 220 kV.
- ⊙ Poste 220/60 kV.
- ⊙ Poste 60 kV.

le NGK, mais actuellement, la SONELGAZ met en essai le F I2D sur les lignes de 220 kV. C'est un isolateur anti-pollution dont le corps est davantage évasé et dépourvu de nervures.

Le F I2P n'est plus utilisé sur les lignes de 220 kV par contre on le retrouve encore sur la ligne 60 kV Arzew-Mostaganem.

Le CTEM aussi n'est plus utilisé vu sa mauvaise efficacité; auparavant il était sur les lignes 150 kV.

Pour l'isolement des conducteurs H. des postes extérieurs, la SONELGAZ utilise le I5I2L (en verre) du type à "Capôt et tige" ainsi que le NGK.

Le I5I2L est aussi utilisé pour l'isolement des lignes aériennes mais dans des zones peu polluées.

2.2.2 - Caractéristiques géométriques

Parmi ces caractéristiques, on peut citer principalement la forme et les dimensions de l'isolateur (voir figures 2.6 à 2.12).

Type d'isolateur	Diamètre (mm)	Pas (mm)	Ligne de fuite (mm)
NGK	254	I46	432
F I2OP	280	I46	445
F I2D	380	I27	340
F I2P	255	I30	390
F I2R	255	I40	292
I5I2L	255	I27	292
CTEM	240	I30	280

2.2.3 - Caractéristiques électriques et mécaniques

(Voir tableau pgs 2)

2.2.4 - Montage

Pour les pylônes d'alignement, on utilise la position verticale, tandis que pour les pylônes d'arrêt, on rencontre, soit des positions horizontales, soit des positions inclinées (phase du milieu).

Dans les postes, les chaînes sont positionnées horizontalement.

fig 2.6

NGK

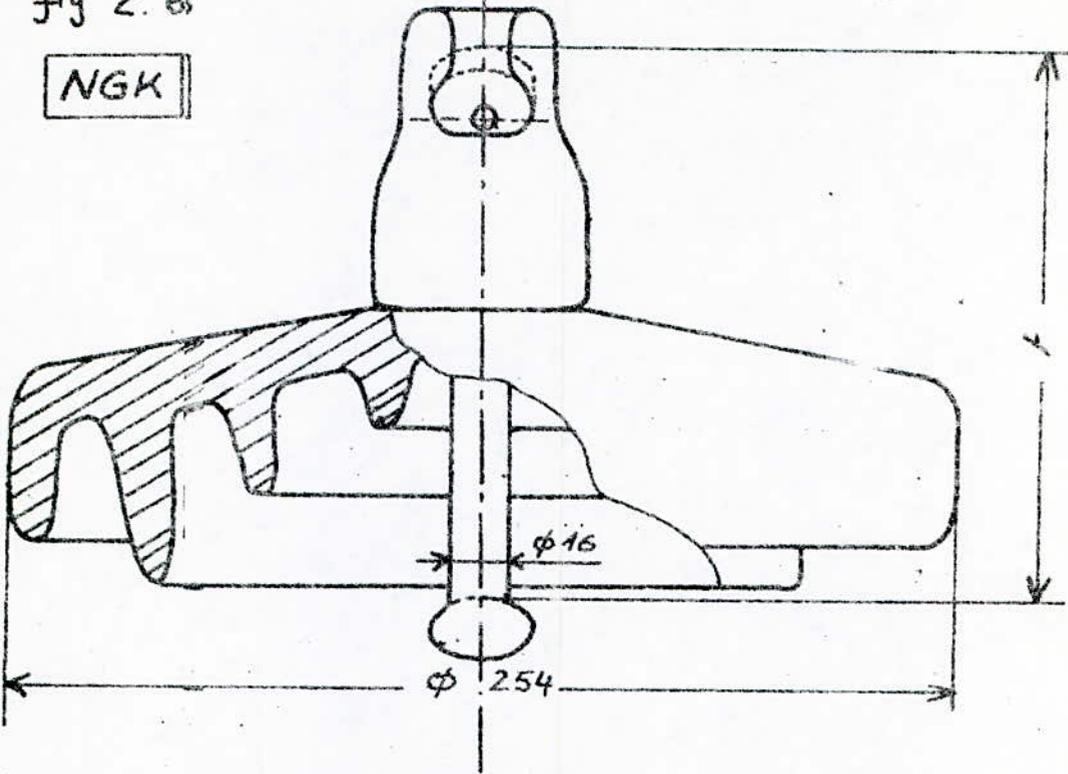


fig 2.7

F120P

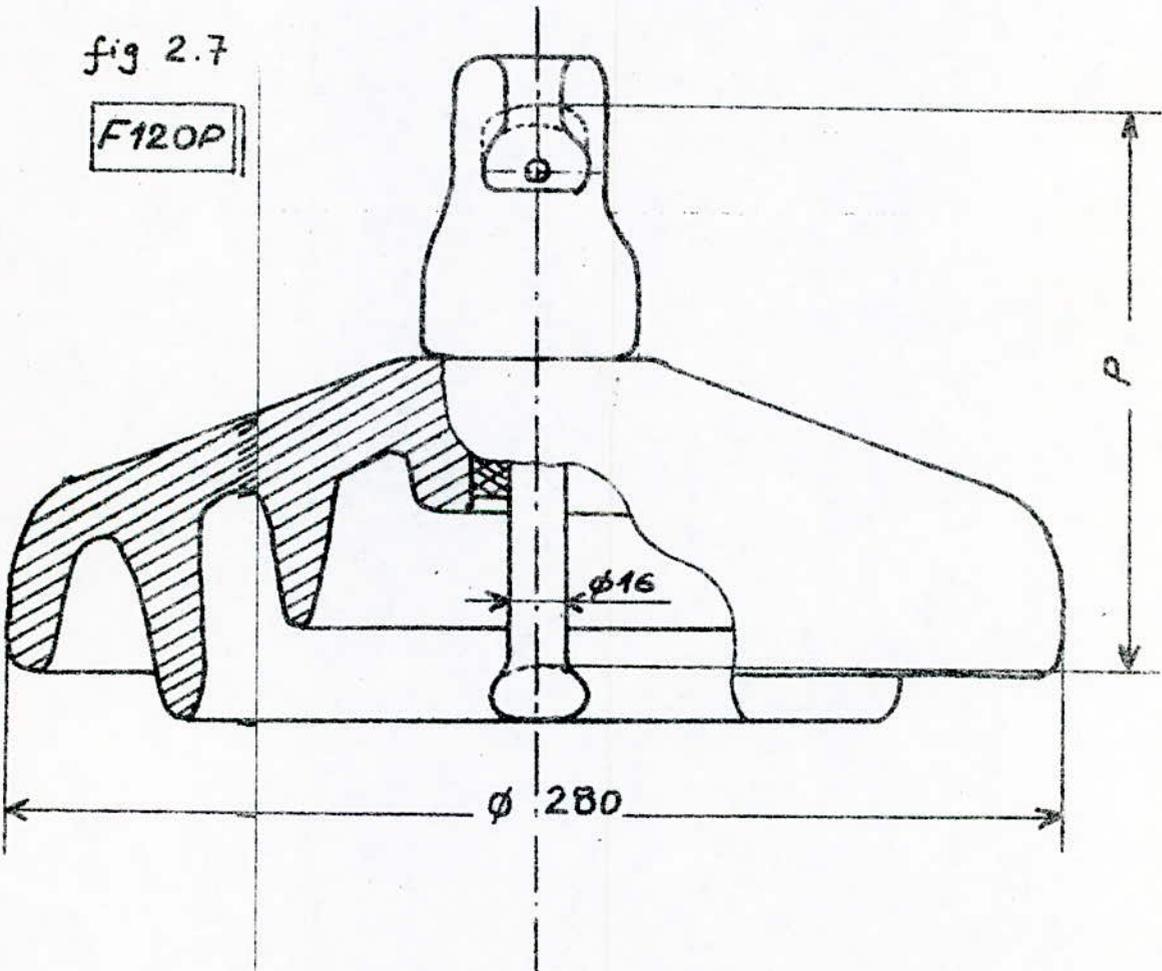


fig. 2.8

F12D

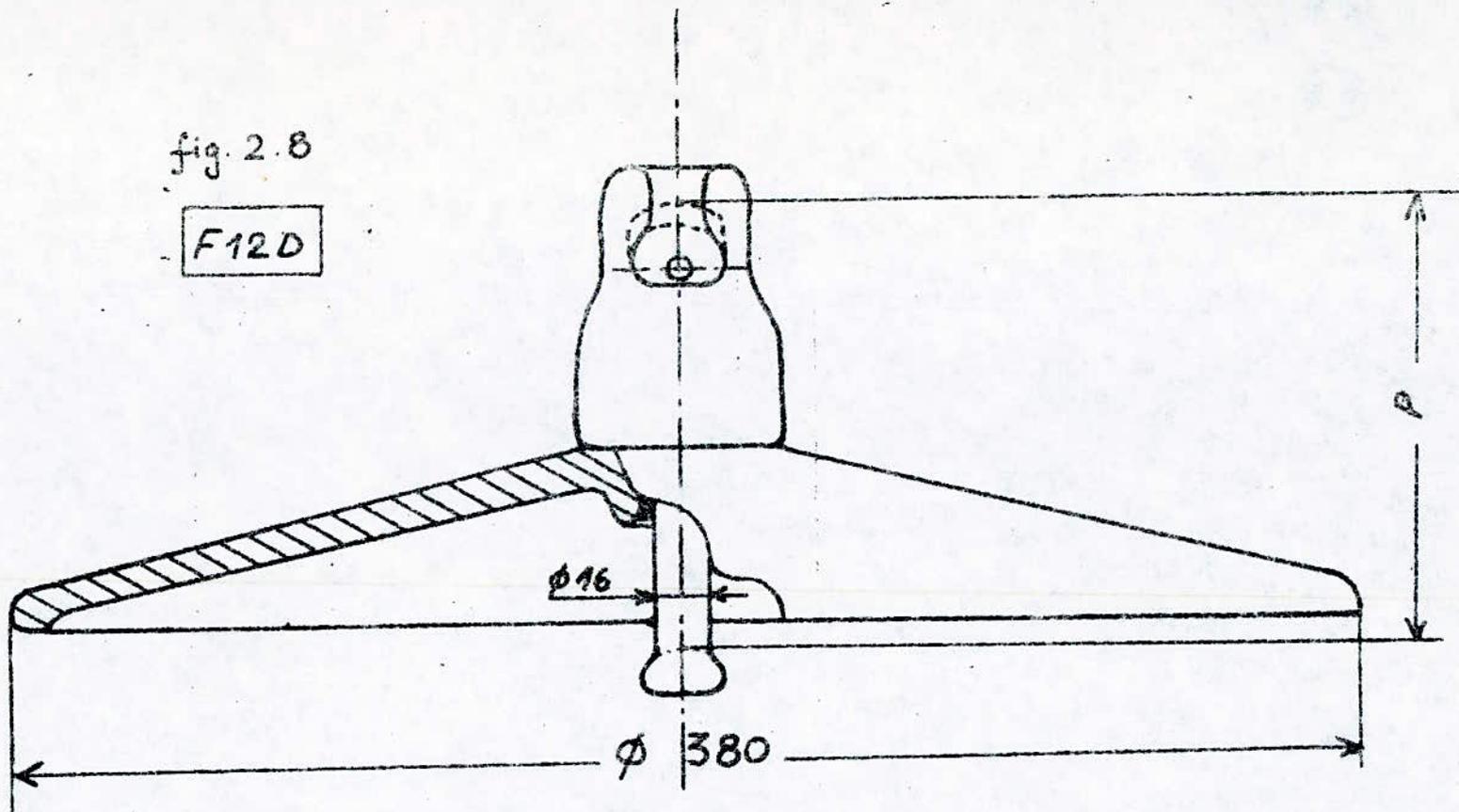


fig 2.9

F12P

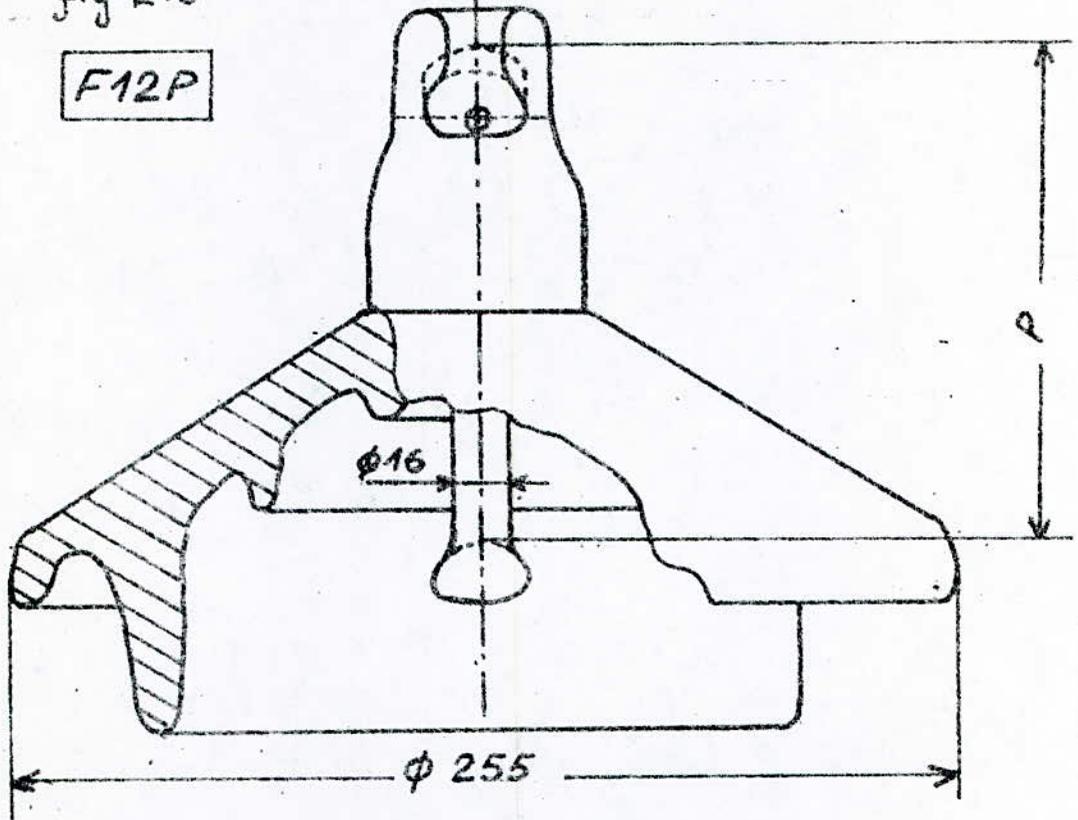


fig 2.10

1512 L

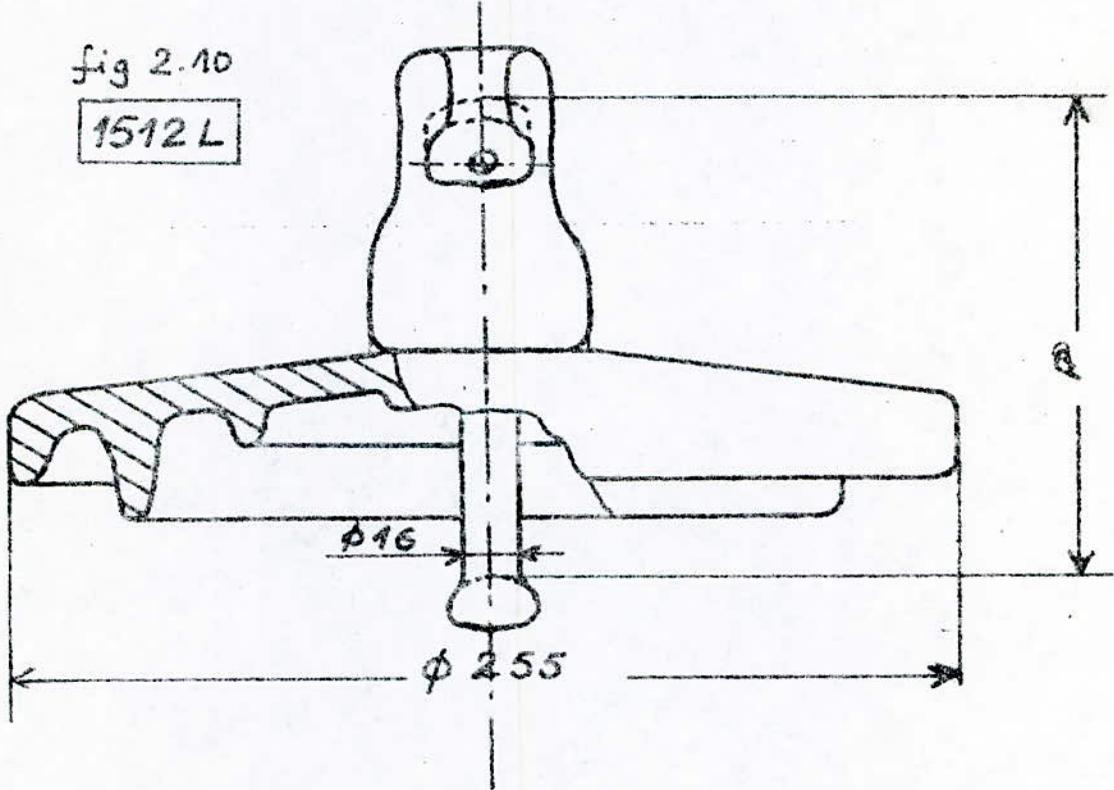


fig. 2.11

F12R

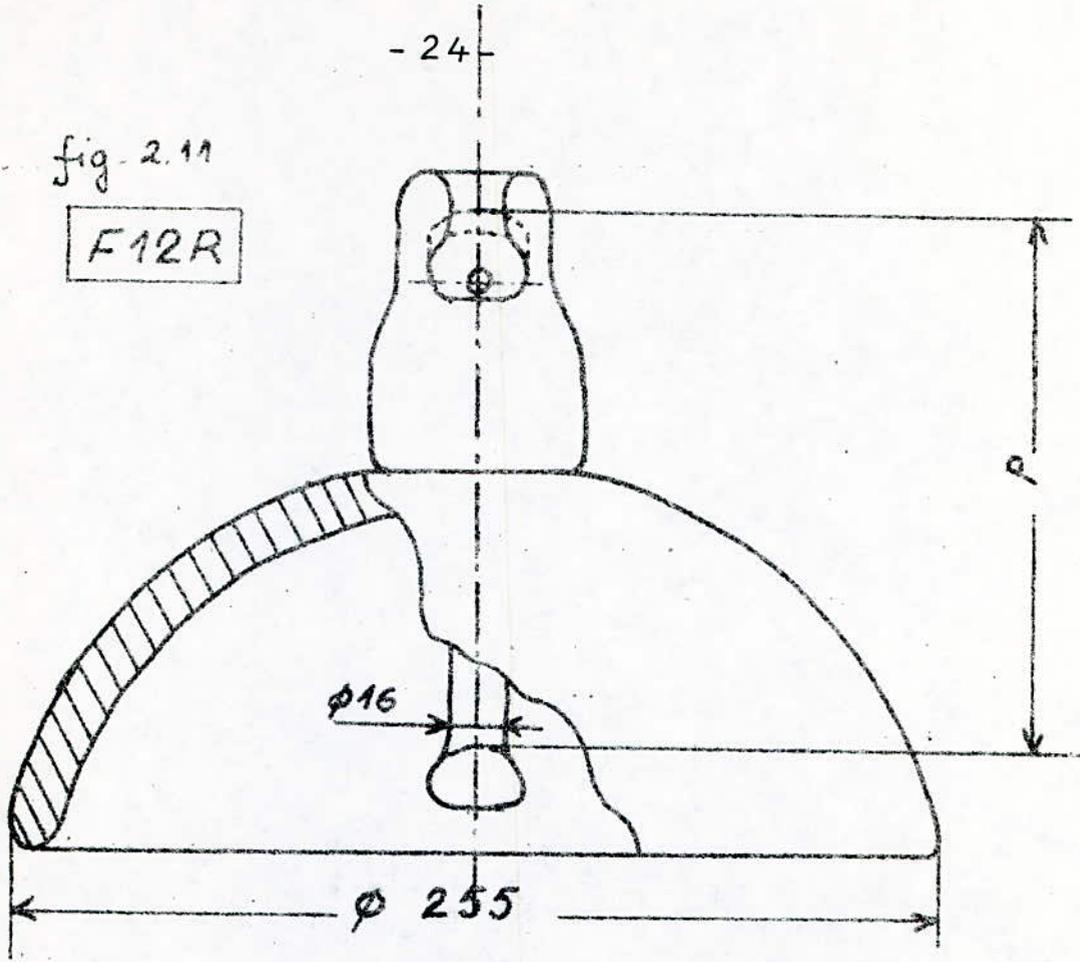
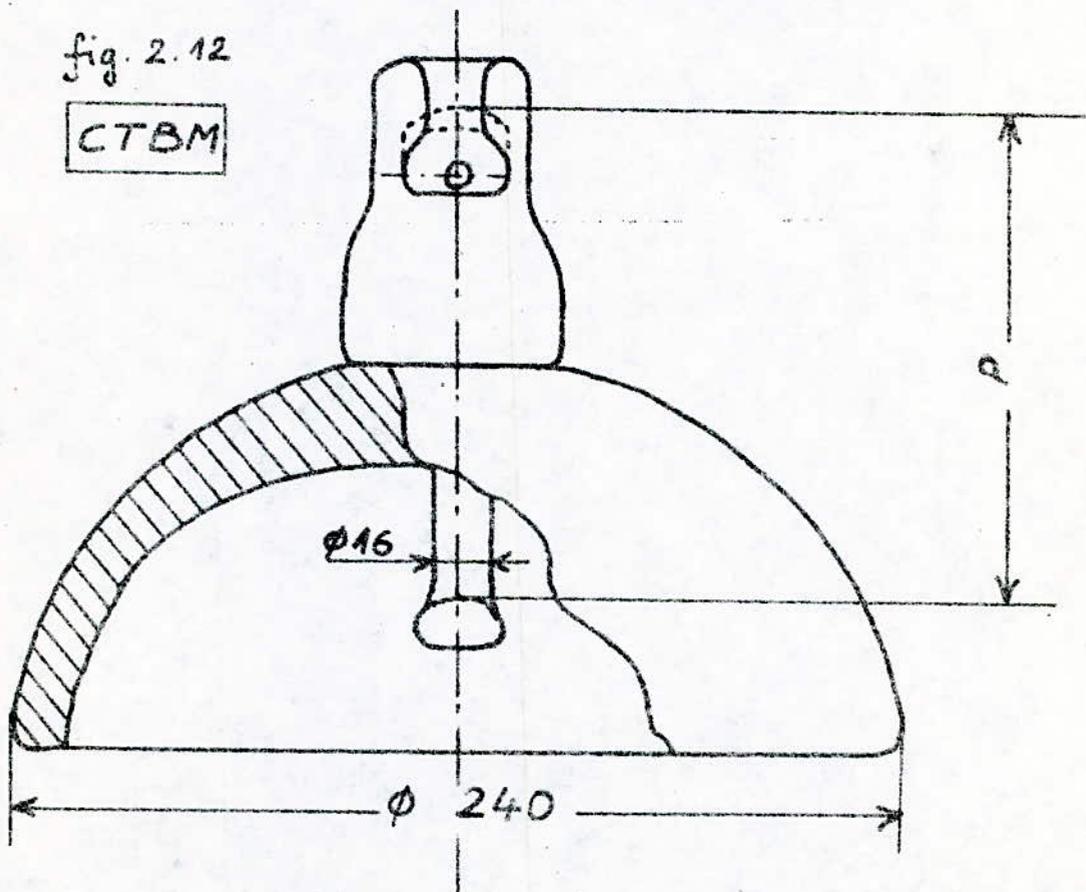


fig. 2.12

CTBM



	NGK	F120P	F12D	F12P	F12R	1512L	CTBM
- Tension de tenue (1mn) à 50Hz							
. à sec (kV) -----	—	85	—	70	—	70	56
. sous pluie (kV) -----	—	50	55	40	45	40	40
- Tension minimale de perforation (kV) -----	130	130	—	130	130	130	—
- Tension de contournement à 50Hz							
. à sec (kV) -----	—	—	—	—	—	—	62
. sous pluie (kV) -----	45	—	—	—	—	—	44
- Tension de tenue sous onde de choc							
à sec (kV) -----	125	125	95	110	95	100	71
- Effort de rupture électromécanique (kN) -----	—	120	120	120	120	120	—
- Poids net approximatif (kg) -----	—	6	5,7	4,6	5,3	3,75	—

2.3 - COUCHES POLLUANTES

Les deux principaux paramètres caractérisant la couche polluante d'après la norme Polonaise PN-68-E-06303 sont :

- l'intensité des précipitations de poussières
- la conductivité de l'agent polluant.

Ces deux paramètres vont influencer surtout sur la tension de contournement ainsi que sur le courant de fuite.

2.3.1 - Intensité des précipitations de poussières

Aucune mesure n'est effectuée dans ce domaine par les services de la SONELGAZ.

Pour la mesure de l'intensité des précipitations des dépôts polluants, il est recommandé d'utiliser (6) un réservoir de 1000 cm³ de volume muni d'un entonnoir ayant une surface d'entrée de 200 cm². Le tout est placé sur un support à au moins 2 mètres au dessus du niveau du sol, ou sur les toits de maisons dans les agglomérations.

Le nombre et la répartition des instruments de mesure dépendent de la dispersion des sources de pollution sur le terrain.

En chaque point, le nombre de mesure par année doit être au moins égal à 12. L'intensité des dépôts poussiéreux sera définie (7) par la somme, convertie en grammes par unité de surface et par jour ($\text{g/m}^2 \cdot \text{jour}$), du poids des substances insolubles recueillies sur le papier filtre et du poids des substances solubles après évaporation du filtrat. Chaque point de mesure sera caractérisé par la valeur maximale, notée G_{max} , obtenue durant l'année.

2.3.2 - Formation des couches polluantes

a) Pollution marine

Les fines gouttelettes provenant des vagues sont emportées par les vents marins. Durant leur transport jusqu'aux isolateurs H.T, ces gouttelettes peuvent, soit s'évaporer pour ne laisser que des grains de sel se déposant progressivement sur les isolateurs, soit se déposer directe-

-ment sur leurs surfaces formant ainsi une couche continue humide et conductrice; cela dépend de l'éloignement de la ligne H.T de la mer. En tous cas, un dépôt de sel s'accumule sur la surface de l'isolateur et autour des ferrures. Le brouillard, la brume...etc, humidifient cette couche de sel pour la transformer en un électrolyte diminuant ainsi considérablement la résistance superficielle de l'isolateur.

b) Pollution industrielle

La couche polluante provient essentiellement des usines pétrochimiques se trouvant à proximité des lignes H.T. Elle est due à l'échappement d'un mélange de fumées, de gaz et de poussières, renfermant des vapeurs d'acides et de sels. En liaison avec l'humidité, les couches polluantes deviennent plus ou moins conductrices.

2.3.3 - Propriétés chimiques de l'agent polluant

Ces propriétés vont nous donner une identification complète de l'agent polluant d'après les analyses chimiques quantitatives et qualitatives permettant de déceler les quantités de sels solubles et d'éléments conducteurs.

Néanmoins, il nous a été seulement permis de réaliser l'analyse quantitative que par la méthode spectrale.

Ces analyses ont été effectuées par les laboratoires du département génie chimique (ENP), et de la Société Nationale des Recherches et Exploitations Minières (SONAREM-BOUMERDES).

En vue de ces analyses, des échantillons de poussière ont été prélevés à la surface du sol et sur les surfaces d'isolateurs installés sur les lignes.

a) Analyse spectrale

L'analyse spectrale des 4 échantillons étudiés a révélé la présence de plusieurs éléments conducteurs tels que : Ti, Zn, V, Pb, Cu, etc...

Type d'échantillon	Ti	Zn	V	Pb	Cu	Cr	Be	Ni	Mn
HT ₁ (10 ⁻² %)	6	<	0,4	0,25	0,2	0,3	<	0,04	<
HT ₂ (10 ⁻² %)	8	~ I	0,6	0,5	0,4	0,3	6	0,1	<
HT ₃ (10 ⁻² %)	8	6	0,6	0,4	0,4	0,4	<	0,04	<
HT ₄ (10 ⁻² %)	6	20	0,6	0,2	2	0,2	-	0,06	<

HT₁: Echantillon prélevé sur un isolateur de traversée (TI) au niveau du poste MHP.

HT₂: Echantillon prélevé sur une chaîne d'isolateurs (type I5I2L) au niveau du poste ABP.

HT₃: Echantillon prélevé sur une chaîne d'isolateurs du type NGK de la ligne MHP- OUS 220 kV sur le pylone n° I50.

HT₄: Echantillon prélevé sur une chaîne d'isolateur du type CTBM de la ligne MHP-OUS sur le pylone n° II4.

b) - Analyse qualitative

L'analyse qualitative des 6 échantillons de poussière étudiés a donné les résultats suivants :

Type d'échantillon	Solubilité dans l'eau (%)	Cations dans la solution	Anions dans la solution	Décomposition à t = 800°C (%)
XP ₁	14	Ca ²⁺ ; Mg ²⁺ ; Al ³⁺	CO ₃ ²⁻ ; SO ₄ ²⁻	8
XP ₂	17	Ca ²⁺ ; Mg ²⁺ ; Al ³⁺	CO ₃ ²⁻ ; SO ₄ ²⁻ ; Cl ⁻	10
XP ₃	15	Ca ²⁺ ; Mg ²⁺ ; Fe ³⁺	CO ₃ ²⁻ ; SO ₄ ²⁻	10
XP ₄	21	XP ₂ et Fe ²⁺ ; Fe ³⁺	CO ₃ ²⁻ ; SO ₄ ²⁻ ; Cl ⁻	14
XP ₅	7	Ca ²⁺ ; Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻ ; Cl ⁻	5
XP ₆	13	Ca ²⁺ ; Mg ²⁺ ; Al ³⁺	CO ₃ ²⁻ ; SO ₄ ²⁻ ; Cl ⁻	12

XP₁: Echantillon prélevé sur une chaîne d'isolateurs du type NGK de la ligne MHP-OUS 220 kV sur le pylone n° I42.

XP₂: Echantillon prélevé sur un isolateur F I2P au niveau du poste ABP(H.T).

- XP₃: Échantillon prélevé sur un isolateur de traversée (TI) au niveau du poste MHP.
- XP₄: Échantillon prélevé sur une chaîne d'isolateurs F I20P de la ligne MHP-ZAH (220 kV) sur le pylone n° 37.
- XP₅: Échantillon prélevé sur une chaîne d'isolateurs NGK de la ligne MHP-ZAH sur le pylone n° 3.
- XP₆: Échantillon prélevé à la surface du sol près de l'usine d'ammoniac.

La plus grande partie des substances peut constituer des alumo-silicates sous forme de poussière, d'argile et de sable fin insolubles dans l'eau, de couleur rouge brune caractéristique pour l'argile. On constate à partir de ces résultats qu'il n'existe pas de composants chimiques tels que NaCl et KCl. Les sels solubles existent sous forme de sulfate (CaSO_4).

2.3.4 - Épaisseur et granulométrie de la couche polluante

Ces dimensions dépendent de plusieurs facteurs tels que la durée de mise en service, la fréquence de nettoyage et du type de montage des isolateurs.

Les couches polluantes peuvent être continues, discontinues, régulièrement ou irrégulièrement réparties sur la surface ou bien se limitent uniquement à une partie de l'isolateur.

a) - Épaisseur de la couche polluante

Cette épaisseur varie suivant les caractéristiques géographiques de la région, le nombre de sources de pollution et le type de montage. Dans notre site, l'épaisseur de la couche est de l'ordre de 1 mm.

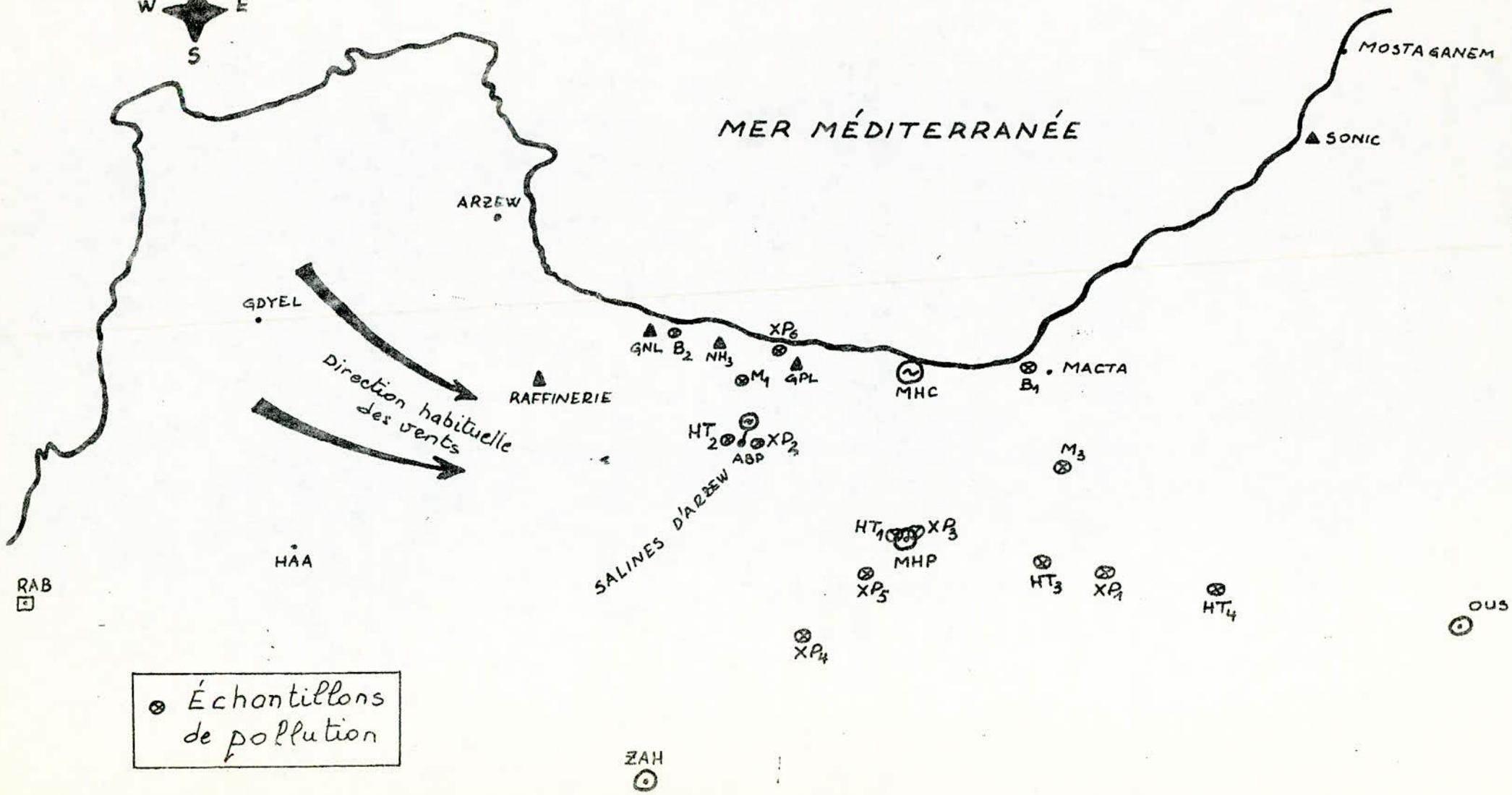
b) - Granulométrie

L'analyse granulométrique a été effectuée au laboratoire de pédologie de l'INA (Institut National d'Agronomie). Cette analyse a été réalisée après lavage et séchage des échantillons. Le fractionnement des sables a été réalisé au moyen de tamis de 0,2 et 0,5 mm.

Les éléments minéraux sont supposés de forme sphérique et l'Association

- CARTE DE POLLUTION -

Éch: 1/200.000



Internationale de la Science du Sol (AISS) les a classés, en 1926, de la façon suivante :

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

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

Type (d'échant.)	Argile (%)	Argile + Limon (%)	Sable fin (%)	Sable gros (%)
M _I	32,20	57,50	8,64	1,38
B ₂	3,25	10,15	7,35	79,06
B _I	4,25	10,75	52,80	31,61

M_I : Echantillon de poussière prélevé entre Ain-El-Bya plage et l'usine chimique d'ammoniac à une hauteur d'environ 0,5 m.

B₂ : Echantillon de sable prélevé à la surface du sol tout près de l'usine pétrochimique GNL à une centaine de mètres du bord de mer.

B_I : Echantillon de sable prélevé à la surface du sol du côté de la Macta à une centaine de mètres du bord de mer.

2.3.5 - Mesure de la conductivité

Cette mesure a été effectuée au laboratoire de pédologie (INRA).

L'extrait étant de 1/5 c'est-à-dire 5 grammes de l'échantillon dans 25 ml d'eau distillée.

Type d'échantillon	γ 20°C ($\mu\text{s/cm}$)	Observations (8)
B ₂	1392	Moyennement salé.
HT ₂	442	Non salé
M _I	4586	Très salé
M ₃ ^(*)	13922	Très salé

(*) Echantillon de poussière prélevé au niveau du sol proche des marais salants.

2.4- STATISTIQUES DE CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS H.T POLLUES

D'après le bureau d'exploitation et le service de maintenance de la SONELGAZ, 80% des incidents sont dus à la pollution, surtout ceux survenant la nuit et aux premières heures de la matinée. Les autres peuvent être dus aux surtensions d'origine atmosphérique (ou accidentellement). Les statistiques d'incidents survenus pendant trois années (1979-1981) dans toute la région Ouest de l'Algérie sont présentés sur le tableau ci-dessous :

- Tableau I -

Année	Ligne 220 kV	Ligne 60 kV	Nombre Total d'incidents
1979	267	306	573
1980	111	154	265
1981	125	126	251

On remarque un plus grand nombre d'incidents pour l'année 1979; ceci étant dû, qu'en ce temps là, les opérations de nettoyage n'étaient pas assez fréquentes. Ce n'était qu'à partir de 1980 que des mesures d'exploitations relativement convenables ont été prises. On remarque bien une nette amélioration du fait que les dispositions appliquées ont été relativement efficaces.

Afin de mieux situer l'influence des facteurs climatiques sur l'apparition des incidents, nous allons considérer les répartitions mensuelles

et horaires de ceux-ci (voir fig 2.I3 et 2.I4).

2.4.I - Répartition mensuelle

Dans les tableaux ci-dessous sont présentées les répartitions mensuelles des incidents survenus sur les différentes lignes de la région d'Arzew durant l'année 1981.

- Tableau 2 -

Lignes 220 kV	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MHP- OUS	1	-	1	-	-	1	2	25	2	7	1	-
MHP-ZAH	-	-	-	-	-	-	10	7	-	-	-	1

- MHP : Poste de Marsat-El-Hadjadj
- OUS : Poste de Oued-Sly
- ZAH : Poste de Zahana

Le nombre total d'incidents survenus sur les lignes 220 kV est de 58 (40 sur la ligne MHP-OUS, et 18 sur la ligne MHP-ZAH).

- Tableau 3 -

Lignes 60 kV	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
ABP-MHP	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
ABP-NH ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
HAA-ABP	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	4
MHP-GPL	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1	3
MHP-MOS	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	3	6
													16

- ABP : Poste d'Aïn-El-Bya
- HAA : Poste de Hassi-Ameur
- MOS : Poste de Mostaganem

Par comparaison avec le tableau I (Année 1981) , on remarque que 29,5 % des incidents, survenus sur toutes les lignes H.T, se sont manifestés

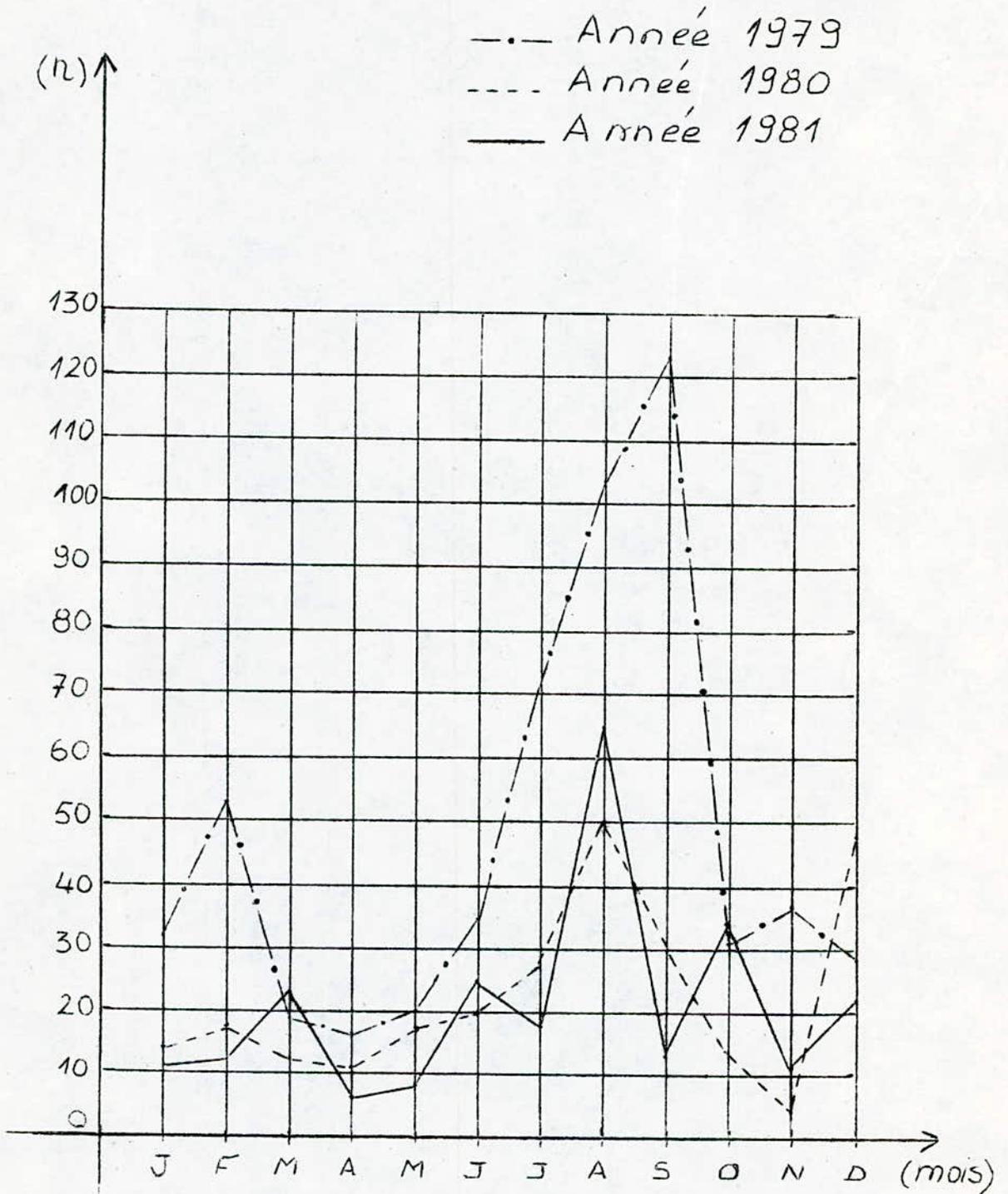


fig 2.13 - Répartition mensuelle des incidents - Lignes 220 kV et 60 kV - dans la région Ouest Algérienne -

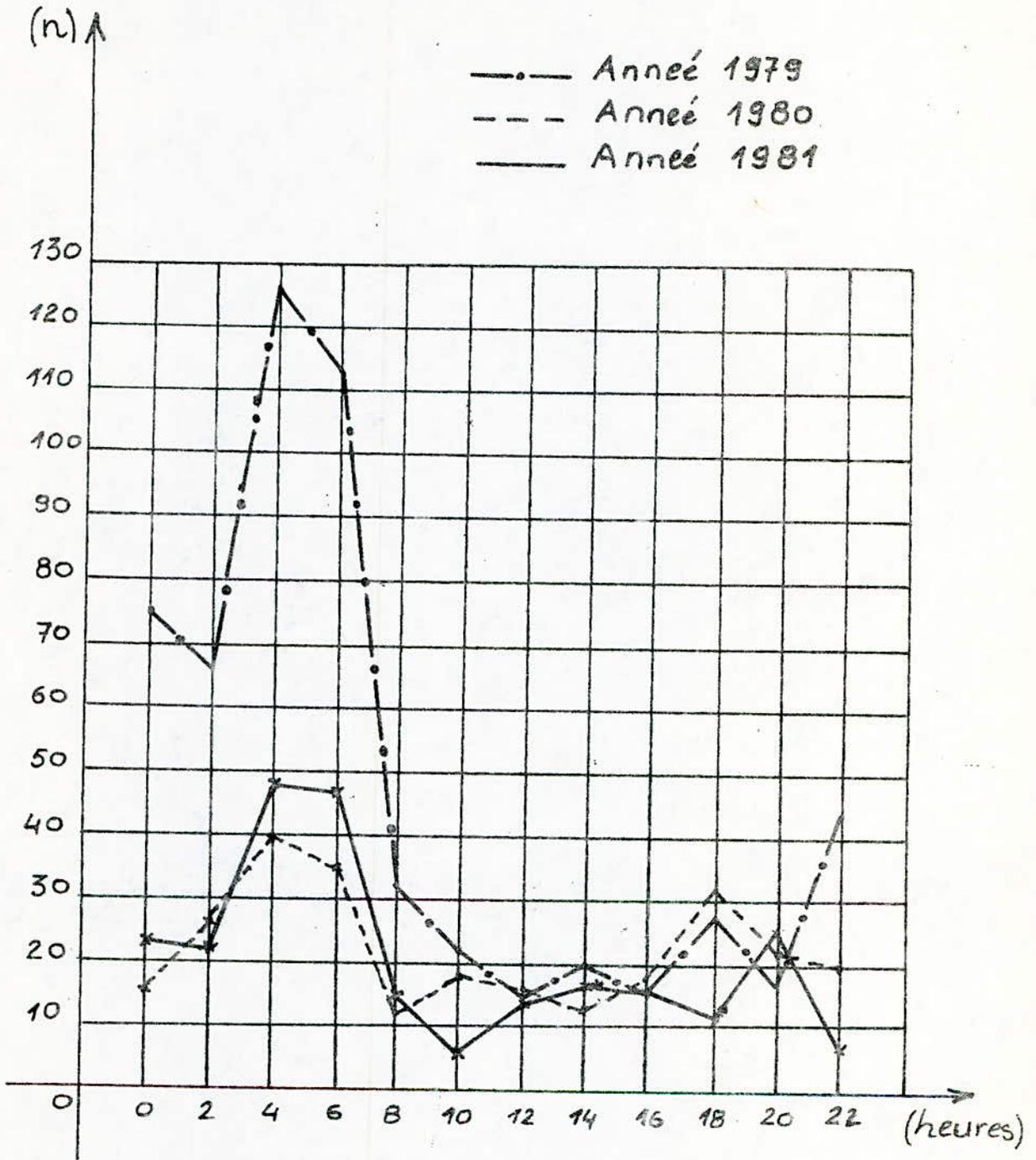


fig 2.14 - Répartition horaire des incidents
- Lignes 220 kv et 60 kv -
dans la région Ouest Algérienne

dans la région d'Arzew.

On remarque que les incidents surviennent en grande partie durant la période allant de Juin à Octobre. Ceci peut s'expliquer par le fait que durant cette période, les pluies n'étaient pas abondantes pour laver suffisamment les isolateurs et ainsi, un dépôt pollué important s'y est donc accumulé.

De plus, à une humidité relative moyenne (environ 68%) s'ajoute une apparition fréquente du brouillard pour cette même période d'où, un plus grand risque de contournement des isolateurs.

2.4.2 - Répartition horaire

Sur la figure 2.14, sont représentées les répartitions horaires des incidents survenus sur les différentes lignes de la région Ouest Algérienne. On constate que la majeure partie de ces incidents est répartie entre 4 h et 6 h du matin. Ceci pourrait s'expliquer par les fortes variations des températures entre le jour et la nuit. A la suite du refroidissement qui se produit pendant la nuit, l'humidité relative augmente considérablement pendant les premières heures de la matinée.

2.5 - CRITERE DE CHOIX DES ISOLATEURS UTILISES

L'isolement est choisi afin de réduire les risques de contournement. Pour le choix de leurs isolateurs, les services de la SONELGAZ tiennent compte essentiellement de la forme de l'isolateur, de la longueur de la ligne de fuite ainsi que du temps jusqu'au contournement.

2.5.1 - Forme de l'isolateur

C'est le critère le plus important. Le choix étant fait sur celui qui accumule le moins de pollution, présentant une ligne de fuite convenable.

2.5.2 - Temps jusqu'au contournement

Pour choisir entre divers types d'isolateurs qu'on a exposés en même temps et soumis aux mêmes conditions de pollution et de tension,

la première idée consiste à préférer celui qui contourne en dernier lieu, c'est-à-dire celui ayant la plus longue tenue (en service).

2.5.3 - Ligne de fuite

La ligne de fuite d'un isolateur est aussi prise en considération mais pas comme critère principal. Néanmoins, d'après la norme Polonaise PN-68-E-06303, la ligne de fuite élémentaire ne doit pas être inférieure aux valeurs ci-dessous :

RESEAU	Type d'isolateurs	Ligne de fuite élémentaire (LFE) en cm/kV			
		I	II	III	IV
Neutre à la terre (directement).	Lignes	1,5	1,9	2,6	3,5
	Postes et appareils	1,7	1,7	2,4	3,2(*)
Neutre isolé ou mis à la terre à travers une impédance Z.	Lignes	2,0	2,6	3,5	4,5
	Postes et appareils	2,1	2,1	3,0	4,0(*)

(*) Les postes doivent être de type intérieur. Pour l'isolation entre "contacts" des disjoncteurs, il faut utiliser des lignes de fuite élémentaires augmentées de 15 %.

2.5.4 - Facteur d'auto-nettoyage

La SCNELGAZ n'effectue aucune mesure pour la détermination du facteur d'auto-nettoyage. Cependant, avec l'observation et l'enregistrement de la variation de la conductivité superficielle γ_p , on peut définir un facteur d'auto-nettoyage "K" donné par la relation suivante :

$$K = \frac{\gamma_{pi}}{\gamma_{pd}} \quad (9)$$

où γ_{pi} : Conductivité superficielle moyenne unitaire de l'isolateur i (µs).

γ_{pd} : Conductivité superficielle moyenne unitaire de l'isolateur pris comme référence (µs).

La valeur des γ_p utilisées est donnée par la moyenne des différentes valeurs mesurées jusqu'au contournement de l'isolateur ou après une durée estimée valable (3 à 5 ans). L'isolateur pris comme référence est celui ayant la valeur γ_p la plus faible. Pour le choix des isolateurs en fonction de la pollution, on opte pour celui présentant la plus petite conductivité superficielle ou le facteur d'auto-nettoyage "K" le plus proche de l'unité.

2.6 - MOYENS UTILISES CONTRE LA POLLUTION

L'amélioration de l'isolement peut être obtenue soit par des dispositions constructives appropriées, soit par des mesures d'exploitation convenables.

2.6.I - Dispositions constructives appropriées

a) - Surisolement résultant de l'allongement de la ligne de fuite

Dans la région d'Arzew, un surisolement a été effectué en portant le nombre d'éléments par chaîne à 7 sur les lignes 60 kV et à 18 sur les lignes 220 kV. Mais la modification des installations existantes par l'adjonction d'un ou de plusieurs éléments aux chaînes n'est pas toujours recommandée; étant donné qu'on est limité par la hauteur des pylônes et les distances réglementaires par rapport à la terre.

b) - Utilisation d'isolateurs spéciaux de forme plus favorable

La SONEGAZ a récemment mis en essai un isolateur dit "anti-pollution" du type F I2D (en verre); il est dépourvu de nervures, ce qui évite l'accumulation des poussières sur ses surfaces.

Un autre type, le F I20P (en verre) présentant une très grande ligne de fuite est aussi utilisé sur les lignes H.T.

c) - Dispositions des chaînes

Dans les postes et les chaînes d'ancrage, on préfère utiliser des positions horizontales ainsi que des positions inclinées. Ces dispositions sont souvent préférables à la verticale du fait qu'elles ont de

bonnes propriétés d'auto-nettoyage.

2.6.2 - Mesures d'exploitation convenables

a) - Nettoyage des isolateurs

Pour les lignes, le principal moyen de lutte contre la pollution utilisé par les services maintenance de la SONELGZZ est le lavage périodique des isolateurs une ou plusieurs fois par année. Et ceci durant la période critique allant du mois de Juin à Octobre • Le lavage se fait manuellement à l'aide d'une éponge .

Tandis que dans les postes, le nettoyage se fait par jets d'eau. Par mesure de sécurité du personnel, ces opérations sont faites après coupure (hors tension).

b) - Protection des isolateurs par revêtements hydrofuges

Le seul poste qui a été traité par graissage est celui d'Aïn-El-Bya et seulement sur un départ (ABP-HAA).

Les isolateurs ont été induits de graisses aux silicones. L'application de cette graisse s'est faite à mains nues (à l'aide d'un chiffon ou d'un pinceau). Ce poste qui est contigu à l'usine d'ammoniac est soumis à une pollution particulièrement intense . Cet essai n'a pas été concluant et ce pour plusieurs raisons:

- Il n'a pas été possible de constater l'efficacité de la protection vu que ce traitement n'a duré que quelques mois.
- Ce traitement nécessite des consignations d'ouvrages pour son application (durée importante de mise hors tension).
- Difficulté d'enlèvement de la couche polluée lors du renouvellement du traitement, ce qui fait que l'isolateur est jeté et ne pourra plus servir.
- Le prix de la graisse aux silicones est jugé relativement élevé.

2.7 - ESSAIS SUR SITE ET AU LABORATOIRE

Il n'existe aucun laboratoire à la SONELGAZ. Néanmoins, deux essais sont utilisés :

- Un essai consiste à soumettre différents types d'isolateurs sous les mêmes conditions de pollution et de tension (sur un même pylone) pendant une durée bien déterminée. Le but principal étant de déterminer lequel de ces types d'isolateurs accumule le moins de pollution ainsi que le temps jusqu'au contournement.
- Un autre essai consiste à nettoyer une partie de l'isolateur avec de l'eau distillée puis mesurer la salinité de la solution. Cette mesure étant rapportée à la surface de la partie considérée.

Conclusion

Avec l'extension des réseaux électrique de haute tension et des usines pétrochimiques (GPL et JUMBO-GPL), ainsi que la mise en service prochaine de la Centrale thermique d'Arzew (3 x 168 MW), les problèmes qu'engendrerait la pollution des isolateurs H.T vont aller en s'accroissant.

A cet effet, l'installation d'une station d'essai "in situ" (voir chapitre III) va permettre de mieux observer le phénomène de pollution sur les équipements H.T et d'effectuer aussi des essais sous pollution naturelle.

CHAPITRE 3

ESSAIS SUR ISOLATEURS POLLUES

3.1 - GENERALITES

Pour décider du meilleur choix de l'isolation d'une ligne aérienne, il faut disposer des renseignements sur la performance d'un certain nombre d'isolateurs dans des conditions climatiques qui sont celles sous lesquelles la ligne est installée. Ces données peuvent être obtenues soit par des essais de pollution artificielle, soit par des essais sous conditions réelles, soit encore par la combinaison des 2 méthodes.

3.2 - ESSAIS AU LABORATOIRE

La simulation très exacte des conditions naturelles sur site est très difficile. Mais l'effort déployé par les chercheurs leurs a permis de reproduire certaines conditions très sévères telles que le brouillard, la rosée, le vent, et créer avec une bonne approximation les conditions naturelles de service.

3.2.1 - Méthodes de pollution artificielle

De nombreuses méthodes d'essais sont mises au point à cet effet, dont les principales seront passées en revue dans ce chapitre. (10).

a) Méthodes de VON GRON ET REVERY

Des couches solides et sèches de diverses conductivités sont appliquées à la surface d'un isolateur. Elles sont composées d'éléments insolubles, qui leur donnent un caractère hygroscopique, et d'un sel qui est responsable de leur conductivité. La couche humidifiée par condensation de l'eau devient un film électrolytiquement conducteur et s'adhère parfaitement à la surface de l'isolateur.

Les essais sont effectués sous des tensions constantes, par une gamme de conductivité, qui sont appliquées aux isolateurs à leur pleine valeur avant que l'humidification ne commence.

La conductivité superficielle est mesurée parallèlement à l'essai, sur

un isolateur semblable recouvert d'une couche identique. Cette méthode simule les conditions naturelles pendant le brouillard.

REVERY utilise la même méthode de pollution mais l'humidification est obtenue par pulvérisation de l'eau. Dans les deux cas la durée de l'essai permet de juger si l'isolateur est capable de tenir la tension de service dans de telles conditions.

b) Méthode de JOSSE

Elle consiste à pulvériser la surface d'un isolateur initialement propre par un nuage de très fines gouttelettes provenant d'une solution saline de résistivité égale à $200 \Omega \cdot \text{cm}$. Le brouillard est produit par des tuyères, assurant une pulvérisation uniforme, contrôlée par la mesure du débit dans un plan perpendiculaire à la direction moyenne des tuyères. Ce débit doit être de $3 \text{ cm}^3/\text{dm}^2/\text{mn}$ pour les isolateurs du type extérieur, et de $0,2 \text{ cm}^3/\text{dm}^2/\text{mn}$ pour les isolateurs de type intérieur. A partir de la mesure de la tension de contournement dans ces conditions, on apprécie la qualité de l'isolateur essayé.

Cette méthode imite les conditions naturelles de bruine, et permet un classement rapide des isolateurs du point de vue de leur comportement relatif.

c) Méthode de GION et GREGOIRE

Une tension voisine de la tension de service est appliquée à une série d'isolateurs de formes diverses, placés dans une chambre à brouillard; on les soumet à un cycle d'essai de pollution artificielle prolongée et contrôlée, comprenant une période de dépôt de poussière (KAOLIN) pendant deux heures suivies d'une pulvérisation par une solution saline (31 grammes de sel par litre d'eau) durant 4 heures. Un lavage de quelques minutes par une pluie normalisée complète souvent le cycle pour tenir compte des propriétés d'auto-nettoyage des isolateurs.

Le courant de fuite est mesuré au cours de l'essai; un isolateur est contourné si la valeur du courant de fuite dépasse 27 mA.

Cette méthode établit une comparaison qualitative et quantitative entre plusieurs types d'isolateurs, et les meilleurs sont ceux qui supportent le plus longtemps leurs tensions de service dans ces conditions.

GREGOIRE utilise une méthode analogue dont le cycle est composé d'une période de brouillard de différentes résistivités, une période de poussière suivie d'une phase d'humidification par la pluie ou la rosée, et enfin une période de séchage par circulation d'air. Ce cycle est poursuivi jusqu'à ce qu'un contournement se produise et le nombre de cycles supportés avant le contournement est considéré comme critère de la qualité de l'isolateur.

d) - Méthode de VON TREUFELS

Des isolateurs propres refroidis à - 10°C pendant douze heures sont placés dans une chambre d'essai. Des pulvérisateurs produisent un brouillard pour donner à l'enceinte une humidité relative de 100%. On relève les variations du courant de fuite avec le temps, et la valeur du courant après deux heures d'essai est considéré comme le critère principal de comportement de l'isolateur.

Cette méthode imite les conditions naturelles de brouillard et de rosée.

e) - Méthode due à OAKESHOTT et P.J.LAMBETH

Un isolateur sous tension de service est soumis à une pulvérisation sous vent. L'isolateur est placé dans un tunnel aérodynamique muni d'un ventilateur (7,5 CV) pour y produire un courant d'air. Une solution saline de 15 % de sel est injectée dans l'aspiration du ventilateur. Elle est entraînée et subdivisée en fines gouttelettes par le courant d'air. On mesure le courant de fuite et on repère l'instant, où le contournement a lieu, qui constitue un critère de comportement de l'isolateur.

Cette méthode imite bien les conditions de pollution rencontrées au voisinage immédiat de la mer, où les vents qui soufflent de la mer transportent les embruns salins.

3.2.2 - Reproduction de la pollution artificielle selon les recommandations de la CEI

a) - Pluie normalisée

La pluie artificielle utilisée doit répondre aux recommandations de la CEI résumées dans le tableau suivant (II):

	Pratique de l'Europe	Pratique des U.S.A
Résistivité transversale de l'eau ($\Omega \cdot \text{cm}$).	$10000 \pm 10\%$	$17800 \pm 15\%$
Débit d'aspersion (mm/mn) (composante verticale)	$3 \pm 10\%$	$5 \pm 10\%$
Incidence (degrés)	45°	45°
Température de l'eau recueillie ($^\circ\text{C}$)	$T^\circ. \text{ ambiante} \pm 15^\circ\text{C}$	$T^\circ. \text{ ambiante} \pm 15^\circ\text{C}$
Durée d'aspersion avant essai (mn)	5 mn	5 mn
Durée d'essai de tenue sous pluie	1 mn	10 s

Des installations de pluie artificielle minutieusement étudiées pour remplir les conditions précédentes, sont mises au point par de grandes firmes telles que SIEMENS et HAEFELY .

Une installation de pluie artificielle est composée essentiellement d'un châssis supportant la herse de gicleurs, d'un gabarit pour le réglage de jets et de divers appareils de mesure (Ohmètre, manomètre, etc...) et du dispositif d'alimentation en eau- fig 3.1-

Les caractéristiques du jet d'eau sont conditionnées par les gicleurs. Pour permettre la dispersion du jet à temps voulu, et éviter la concentration du jet sur toute sa longueur, chaque étage de la herse est muni d'un écran grillagé mis à la terre sur les 60 premiers centimètres du jet.

b) Méthode de brouillard salin

Cette méthode consiste à placer l'isolateur dans un environnement

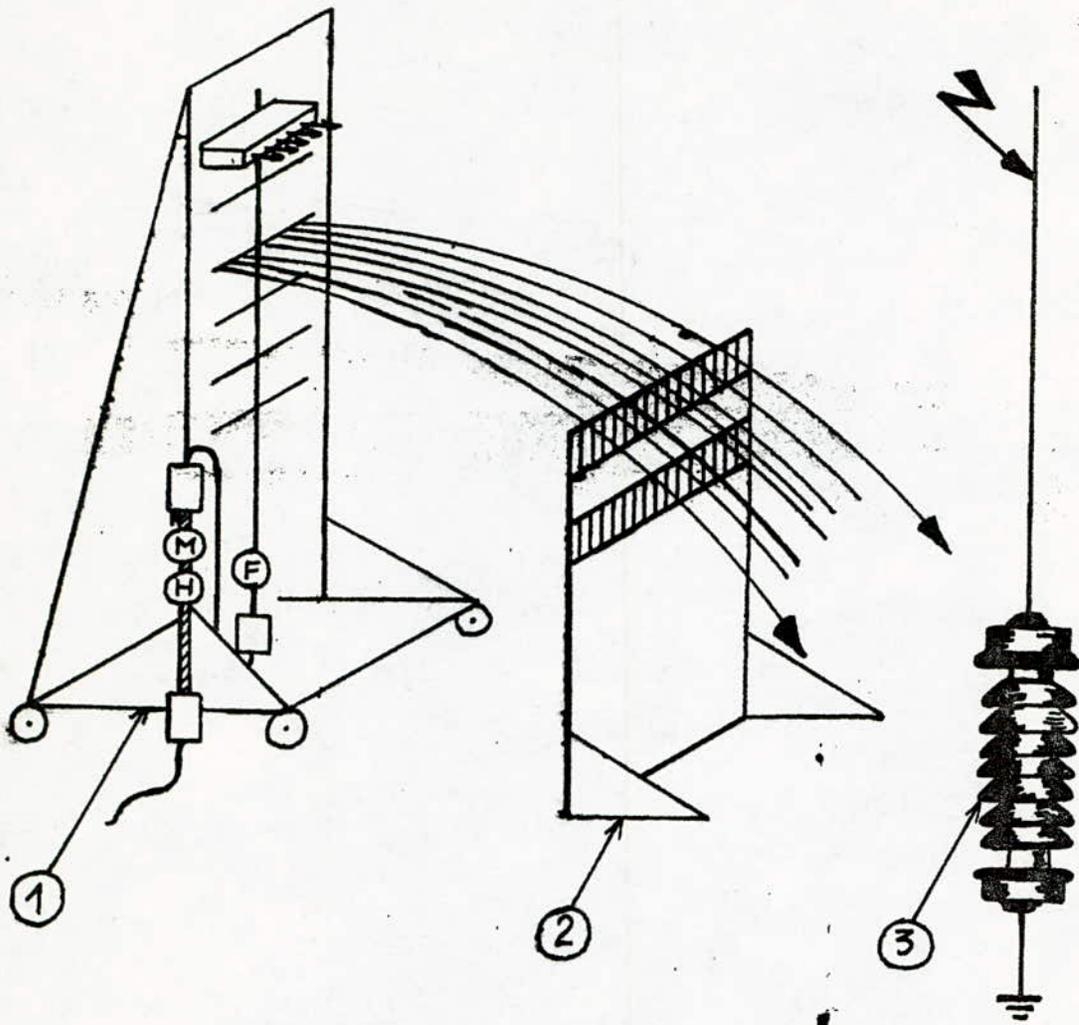


fig 3.1 - Installation de pluie artificielle complète -

- 1 - Chassis avec herse.
- 2 - Gabarit.
- 3 - Objet en essai.
- H - Robinet de réglage.
- F - Filtre.
- M - Manomètre.

spécifique.

L'isolateur soumis à la tension est placé dans un brouillard salin dont le taux de salinité définit la sévérité de l'essai. La tenue de l'isolateur pollué artificiellement permet de prévoir son comportement dans les conditions de pollution naturelle spécifique à un site donné. La solution saline est obtenue à partir du chlorure de sodium (NaCl) et d'eau de robinet. L'une des valeurs suivantes est recommandée pour la concentration de la solution exprimée en kg/m^3 :

2,5 - 3,5 - 5 - 7 - 10 - 14 - 20 - 28 - 40 - 56 - 80 - 112 - 160 - 124

Le tableau suivant donne les valeurs de la conductivité électrique de la solution pour les valeurs spécifiées de la salinité. (I2).

Salinité à 20°C (kg/m^3)	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Conductivité à 20°C γ_{20} ($\mu\text{s/cm}$)	4340	6000	8327	11520	15910	21690	29860
	28	40	56	80	112	160	124
	40970	55940	75630	100800	130100	167300	202600

La salinité de la solution peut être caractérisée soit par le poids du sel contenu dans le litre d'eau en g/l, soit encore par la mesure de la résistivité, ou par la mesure de la densité de la solution saline. La première méthode est la plus précise; si l'on utilise la méthode de la résistivité, il y a lieu de préciser la température de la solution. La résistivité de la solution à 20°C est donnée par la formule :

$$\rho = \frac{1000}{\gamma}$$

avec ρ : ($\Omega \cdot \text{m}$)
 γ : ($\mu\text{s/cm}$)

Si la température de la solution est différente de 20°C, les valeurs de la conductivité peuvent être corrigées à l'aide de la relation sui-

-vante :

$$\gamma_{20} = \gamma_t [1 - b(t - 20)]$$

où t : température de la solution ($^{\circ}\text{C}$)

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

b : coefficient dont la valeur dépend de la température.

t ($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20	30
b	0,03675	0,02817	0,02217	0,01905

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

c) - Méthode de la couche solide

Elle consiste à essayer de créer une couche assez uniforme de pollution solide ayant une conductivité définie. La meilleure façon de simuler les conditions naturelles, c'est de déposer un produit contaminant à la surface de l'isolateur. Dans ce cas, la couche de pollution est une couche conductrice électrolytique mise sur la surface de l'isolateur et constituée de composants solubles et insolubles. Le mélange utilisé pour la suspension est composée de :

- 100 g de Kieselguhr (terre d'infusoires, diatomées)
- 1000 g d'eau
- 10 g de bioxyde de silicium (Si O_2)
- Une quantité adéquate de sel (NaCl) nécessaire pour régler la conductivité de la suspension.

La terre diatomée et la silice donnent les propriétés hygroscopiques de revêtement.

L'humidification de la couche est obtenue au moyen d'un pulvérisateur de brouillard qui procure une répartition uniforme du brouillard tout au long et autour de l'objet essayé. Cette humidification sera maintenue jusqu'à ce que la conductivité de la couche atteigne sa valeur maximale. On applique alors la tension d'essai jusqu'au contournement de l'isolateur.

3.2.3 - Discussion des essais sous pollution artificielle

Les essais sous pollution artificielle peuvent être exécutés soit pour déterminer le degré de pollution admissible pour une certaine tension, soit pour déterminer la tension de tenue d'un degré de pollution spécifiée.

Aucune des méthodes citées ne tient compte de la non-uniformité des couches polluantes et ne simule les effets du nettoyage partiel par les eaux de pluies.

Il convient en particulier de ne pas perdre de vue le fait que les conditions, sous lesquelles le mouillage se produit, ne présentent pas nécessairement le caractère le plus critique.

La méthode de la pollution prédéposée est la plus proche des conditions naturelles de pollution, mais son application est délicate et exige beaucoup de soins surtout durant la phase d'humidification.

Par contre la méthode du brouillard salin, englobe à la fois le processus de contamination et d'humidification d'un isolateur. Sa préparation n'exige aucun soin particulier et son application est très simple. C'est la méthode qui a obtenu beaucoup de succès, et qui demeure actuellement très utilisée.

Quant à la pluie artificielle normalisée, on ne peut pas la considérer comme une pollution artificielle, mais ~~vue~~ la diminution de la rigidité ~~du~~ diélectrique en temps pluvieux, l'essai sous pluie est d'une grande importance pour juger la qualité du matériel d'usage très courant lors de la fabrication des isolateurs.

3.3 - ESSAIS SUR SITE

Pour comparer les performances des divers types d'isolateurs et sélectionner ceux qui présentent le meilleur comportement sous pollution naturelle, il est nécessaire d'effectuer des essais.

Les premiers essais, entrepris depuis plus d'une vingtaine d'années,

ont conduit à installer dans différents sites pollués des stations d'essais "in situ". Dans ces stations, on observait le comportement d'un certain nombre de chaînes d'isolateurs ou de colonnes isolantes de longueur ou de profil différent.

Comparés aux essais au laboratoire, les résultats des essais "in situ" demandent beaucoup plus de temps (quelques années). Cependant, ces essais restent nécessaires car ils sont les plus proches de la réalité. Pour la région d'Arzew, nous nous sommes permis de proposer un type de station.

3.4 - STATION D'ESSAIS SUR SITE

Cette station devra se situer dans la commune de BETHIOUA. Cette station, distante du bord de mer de quelques centaines de mètres, est entourée de différentes sources de pollution concentrées surtout au nord. Parmi ces sources, on peut citer les usines pétrochimiques (GPL, GNL, Raffinerie), l'usine chimique d'ammoniac et les cheminées de la centrale thermique.

La station pourrait être mise sous tension soit à l'aide d'un transformateur, soit être connectée directement à une ligne 220 kV (MHC-MHP) à l'aide d'un disjoncteur pneumatique.

Pour les dimensions de la station, voir figure 3.2.

Dans cette station, on pourra tester différents types d'isolateurs supports et surtout différentes sortes de chaînes d'isolateurs.

La position verticale sera prédominante du fait qu'elle est la plus dangereuse. L'orientation des chaînes horizontales joue un rôle déterminant, elles doivent être de telle façon que la tige soit en direction du vent amenant la pollution.

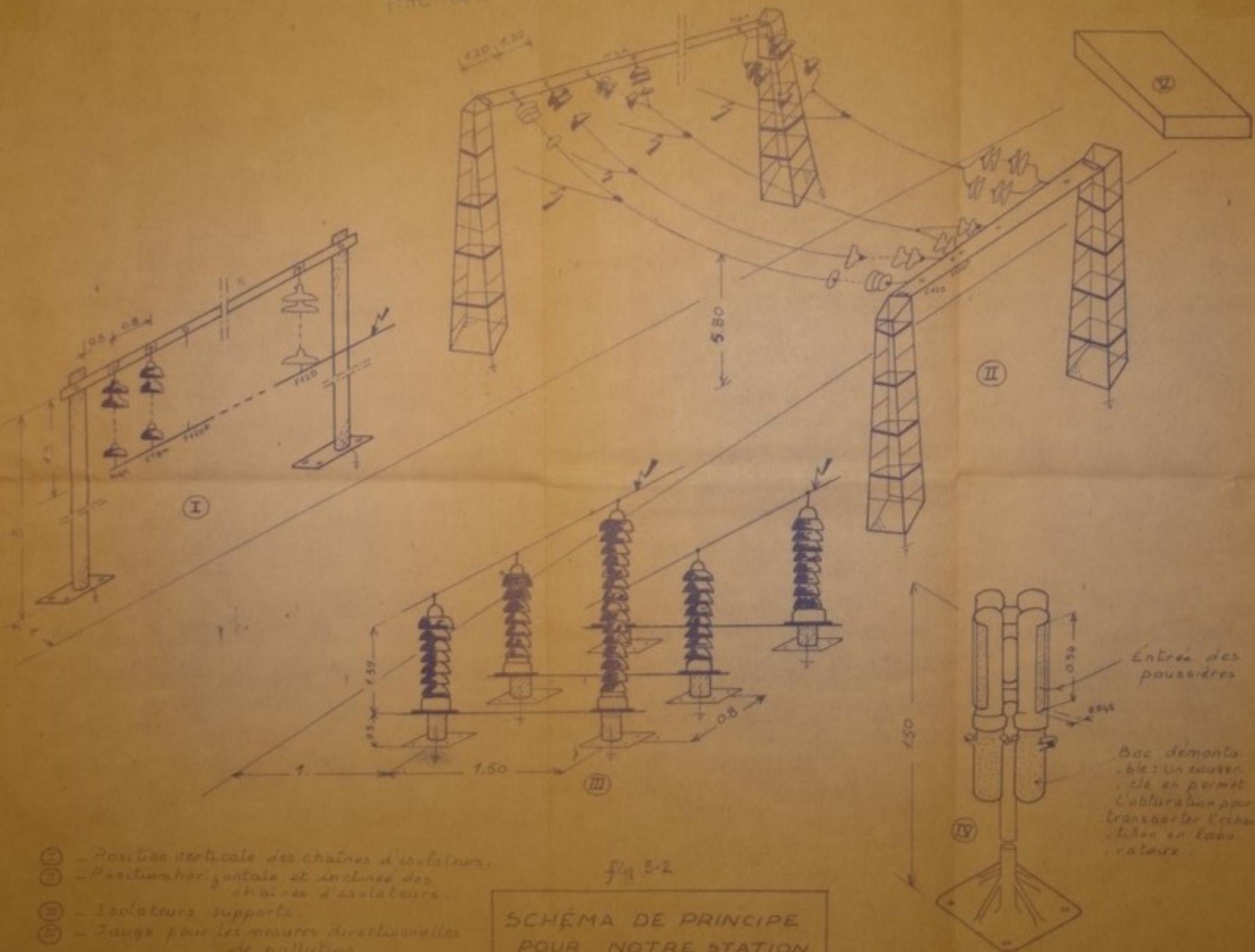
Grâce aux différents appareils qu'on installera dans cette station, on pourra faire les essais et les observations suivantes sur :

- l'influence de la pollution sur la tenue diélectrique des

différents types d'isolateurs.

- La longueur critique de la ligne de fuite des isolateurs en fonction de leur profil.
- L'influence du courant de fuite sur l'isolation en fonction des conditions météorologiques et des caractéristiques des couches polluantes.
- Les valeurs critiques de la conductivité superficielle et du courant de fuite en fonction de ligne de fuite pour différents profils.
- La conservation de l'isolation à l'aide de revêtements hydrofuges.
- Les paramètres de l'agent polluant et des couches polluantes.
- La sédimentation des poussières industrielles sur l'isolation dans l'état hors tension (influence du champ électrique sur la forme des couches).
- Les conditions météorologiques (enregistrement de la température, de l'humidité relative et des précipitations : durée, intensité et fréquence).

Les résultats obtenus sur site permettent de réaliser des essais sous pollution artificielle plus valables. Sur la base des résultats obtenus, on choisira le type d'isolateurs qui conviendrait le mieux pour notre site.



- (I) - Position verticale des chaînes d'isolateurs.
- (II) - Position horizontale et inclinée des chaînes d'isolateurs.
- (III) - Isolateurs supports.
- (IV) - Jauge pour les mesures directionnelles de pollution.
- (V) - Laboratoire de mesures et météo.

fig 3-2
**SCHÉMA DE PRINCIPE
 POUR NOTRE STATION
 D'ESSAIS "IN SITU".**

Notes: (III) Supports en bois.
 (IV) Distances de poses en mètres.

CHAPITRE 4



ESSAIS AU LABORATOIRE DE L'ENP

4.1 GENERALITES

Les essais électriques en haute tension, sous pollution artificielle, acquièrent à travers le monde une signification croissante pour le dimensionnement de l'isolation des installations extérieures. L'essai de pollution doit satisfaire aux exigences de reproductibilité et de validité des résultats .

Contrairement aux laboratoires modernes de haute tension, celui de l'ENP est dépourvu de dispositifs permettant la reproduction des conditions de pollution artificielle (brouillard, pluie artificielle, poussières, etc...). Il ne nous permet que d'effectuer des essais sur des isolateurs ayant déjà été mis en exploitation dans des conditions de pollution.

4.2 - EQUIPEMENT DE LA STATION D'ESSAIS A FREQUENCE INDUSTRIELLE

L'équipement de la station d'essais à fréquence industrielle du laboratoire de l'ENP est de marque HAEFELY.

Cette station d'essais comprend les organes suivants :

- un transformateur d'essais
- ü - un transformateur de réglage
- un diviseur capacitif de tension
- un pupitre de commande
- des appareils annexes de mesure et de protection.

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

4.2.1 - Transformateur d'essais (50 Hz) :

Il délivre la tension à appliquer à l'objet d'essai; il est du type monophasé et a pour caractéristiques:

- Rapport de transformation : 500/300.000 V
- puissance apparente nominale : 50 kVA
- puissance absorbée à vide : 10 kVA

- résistance de l'enroulement B.T : $0,0365 \Omega$

- résistance de l'enroulement H.T : 4893Ω

Vue l'importance des pertes à vide du transformateur d'essai, le constructeur recommande de ne pas le laisser fonctionner pendant plus de 12 heures par jour, même à vide.

4.2.2 - Transformateur de réglage

Il permet le réglage de la haute tension de sortie du transformateur d'essais de zéro à la pleine tension de façon continue et indépendamment de la charge. Le réglage peut se faire, soit manuellement (à l'aide d'un volant), soit à l'aide d'un moteur dont le fonctionnement est commandé à partir du pupitre. Ses caractéristiques sont :

- Tension primaire nominale : 220 V (50 Hz)
- Puissance apparente à tension maximale : 50 kVA
- Tension secondaire réglable de 0 à 500 V
- Temps de parcours du curseur tout le long de l'enroulement secondaire : 103 secondes.

4.2.3 - Diviseur capacitif (Voltmètre de crête)

Il est alimenté par la tension secondaire du transformateur d'essais et délivre une tension réduite aux bornes des voltmètres installés dans le pupitre de commande.

Le diviseur capacitif est formé d'une capacité H.T et de 4 capacités B.T dont la combinaison de branchement permet d'obtenir les calibres de mesure : 75 kV, 150 kV et 300 kV.

La tension délivrée par le diviseur capacitif est mesurée par deux voltmètres, l'un statique, l'autre de crête. Le voltmètre statique mesure la valeur efficace de la tension d'essai, tandis que le voltmètre de crête mesure la valeur de la crête divisée par $\sqrt{2}$ de la tension d'essai.

4.2.4 - Pupitre de commande

Il est alimenté en 220 V indépendamment du régulateur de tension et du transformateur d'essai. On y trouve les appareils de mesure permettant la lecture des tensions et courants au secondaire du transformateur de réglage ainsi que les tensions de crête et efficace du transformateur d'essai.

4.2.5 - Alimentation générale et dispositif de protection:

L'alimentation du laboratoire se fait à partir d'un tableau général situé dans l'atelier de menuiserie. Le tableau, quant à lui, est alimenté par un transformateur ayant pour caractéristiques :

- Puissance nominale : 400 kVA
- Rapport de transformation : 10.000/400 V
- Fréquence : 50 Hz

Le transformateur d'essai et son régulateur sont protégés indépendamment par un fusible et un relais thermique (250 A). Ces protections sont liées avec le circuit de la bobine du contacteur principal, ce qui donne une protection suffisante contre les surcharges du transformateur et les courants de court-circuit.

4.3 - ESSAIS REALISES

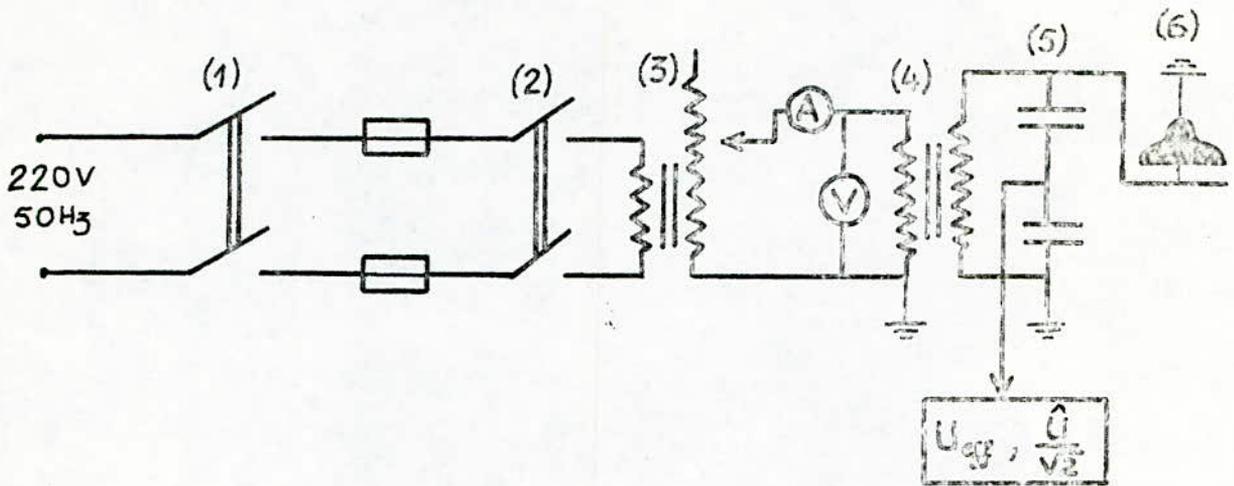
4.3.1 - Circuit d'essais :

Le schéma du circuit d'essais est donné sur la figure 4.1.

4.3.2 - Modèle d'essais

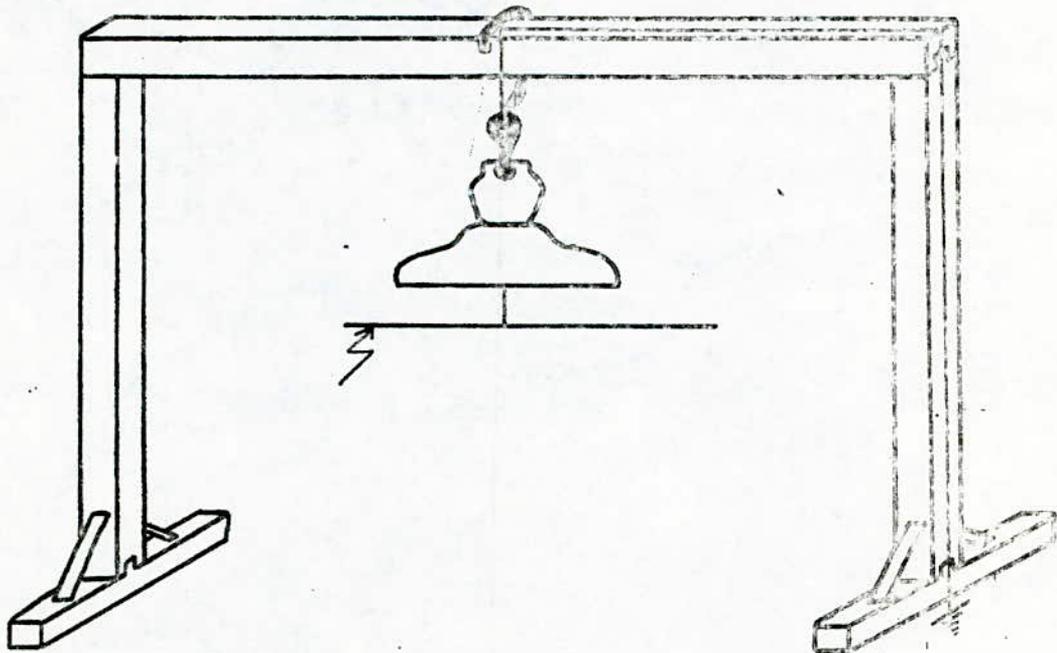
Le modèle d'essais est représenté par la figure 4.2. Nos essais électriques ont été effectués sur des isolateurs déjà pollués sur site. L'humidification est réalisée à l'aide d'un pulvérisateur manuel. De plus, la tension fournie par le transformateur d'essais étant limitée à 300 kV, nous étions contraints de faire les essais sur chaque élément car une chaîne de 220 kV nécessiterait une tension d'essai supérieure à 300 kV (Essais de contournement à sec, état de surfaces

fig 4.1 - Schéma du circuit d'essai -



- (1) - Interrupteur d'alimentation générale.
- (2) - Disjoncteur avec protection thermique.
- (3) - Transformateur de réglage.
- (4) - Transformateur d'essais.
- (5) - Diviseur capacitif.
- (6) - Isolateur en essai.

fig 4.2 - Modèle d'essais -



propres).

- Humidification de l'isolateur pollué

L'isolateur pollué est installé en position verticale comme l'indique la figure 4.2. Ensuite, on l'humidifie avec de l'eau distillée ($10^5 \Omega \cdot \text{cm}$) au moyen d'un pulvérisateur manuel à une distance de 50 cm autour de l'objet en essai pour éviter la chute de grosses gouttelettes sur celui-ci et sans que le ruissellement ne se produise.

4.3.3 - Mesure de la tension de contournement

On augmente lentement et progressivement la tension en faisant tourner le volant du régulateur de tension à une vitesse constante (environ 2 kV/seconde). La tension de contournement retenue est la moyenne arithmétique de 3 valeurs mesurées sur le voltmètre de crête.

Après les essais électriques, nous avons mesuré la conductivité du dépôt polluant recueilli sur toute la chaîne d'isolateurs.

4.3.4 - Mesure de la conductivité

Cette mesure a été réalisée au laboratoire de pédologie (INA). On prend 5 g de l'échantillon du dépôt polluant qu'on mélange dans 25 ml d'eau distillée, puis la solution est agitée pendant quelques minutes. Ensuite on fait la mesure de la conductivité à l'aide d'un conductomètre.

4.3.5 - Facteurs de correction atmosphériques

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

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

Il existe deux facteurs de correction :

- le facteur de correction de densité de l'air : K_d
- Le facteur de correction de l'humidité : K_h

Les tensions de contournement mesurées à sec sont ramenées aux conditions atmosphériques normales en les divisant par le rapport

$$K_d/K_h \cdot (13).$$

* Atmosphère normale de référence

- Température : $t_0 = 20^\circ\text{C}$
- Pression : $p_0 = 1013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1013 \text{ mbar}$
- Humidité : $h_0 = 11 \text{ g/m}^3$

Une pression de 1013 mbar correspond à une hauteur barométrique de 760mm de mercure à 0°C . Si la hauteur barométrique est $H(\text{mm})$ de mercure et la température est $t(^\circ\text{C})$, la pression atmosphérique en mbar est :

$$p = \frac{1013 H}{760} (1 - 1,8 \cdot 10^{-4} t)$$

* Facteur de correction K_d

Si la pression atmosphérique $-p-$ est exprimée en mbar et la température t en $^\circ\text{C}$, le facteur de correction K_d est donné par :

$$K_d = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

* Facteur de correction K_h

Il est déterminé à partir de la courbe de la figure 4.3 en fonction de l'humidité absolue qui, elle, est obtenue à partir des courbes de la figure 4.4 ; nous aurons donc :

$$U_c (= \text{normale}) = U_c (\text{mesurée}) \cdot \frac{K_h}{K_d}$$

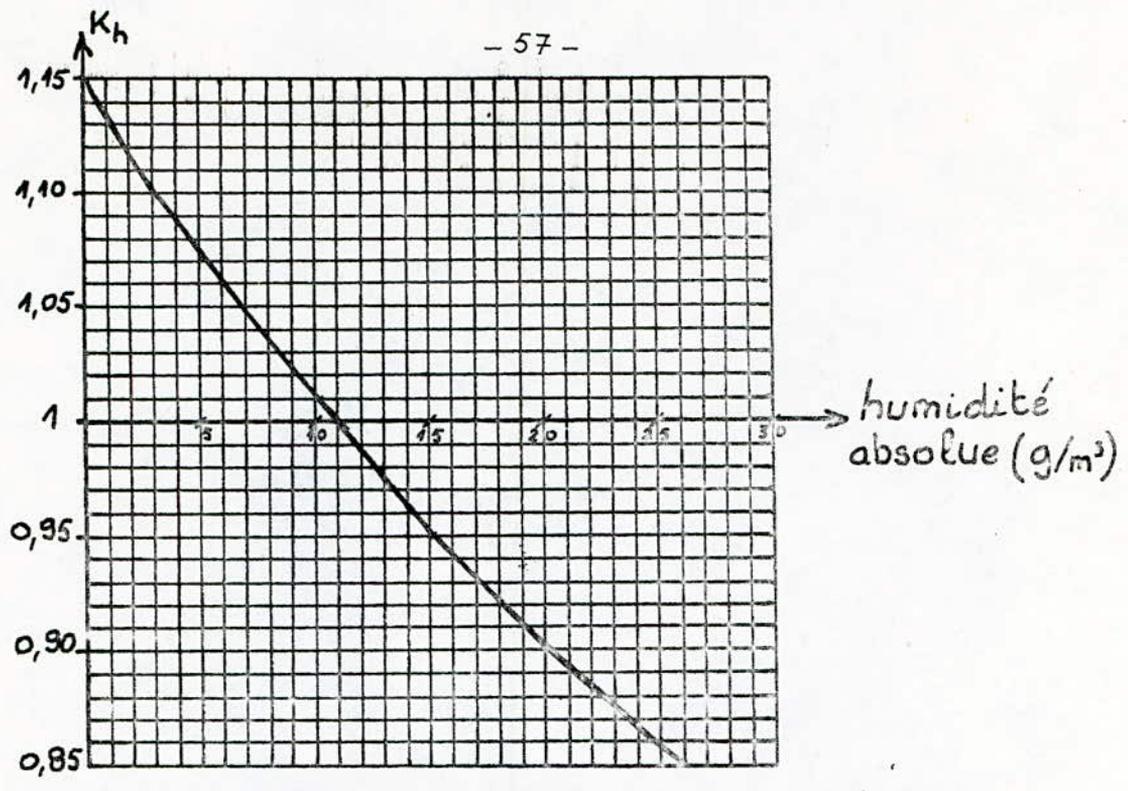


fig 4.3 - Facteur de correction K d'humidité en fonction de l'humidité absolue.

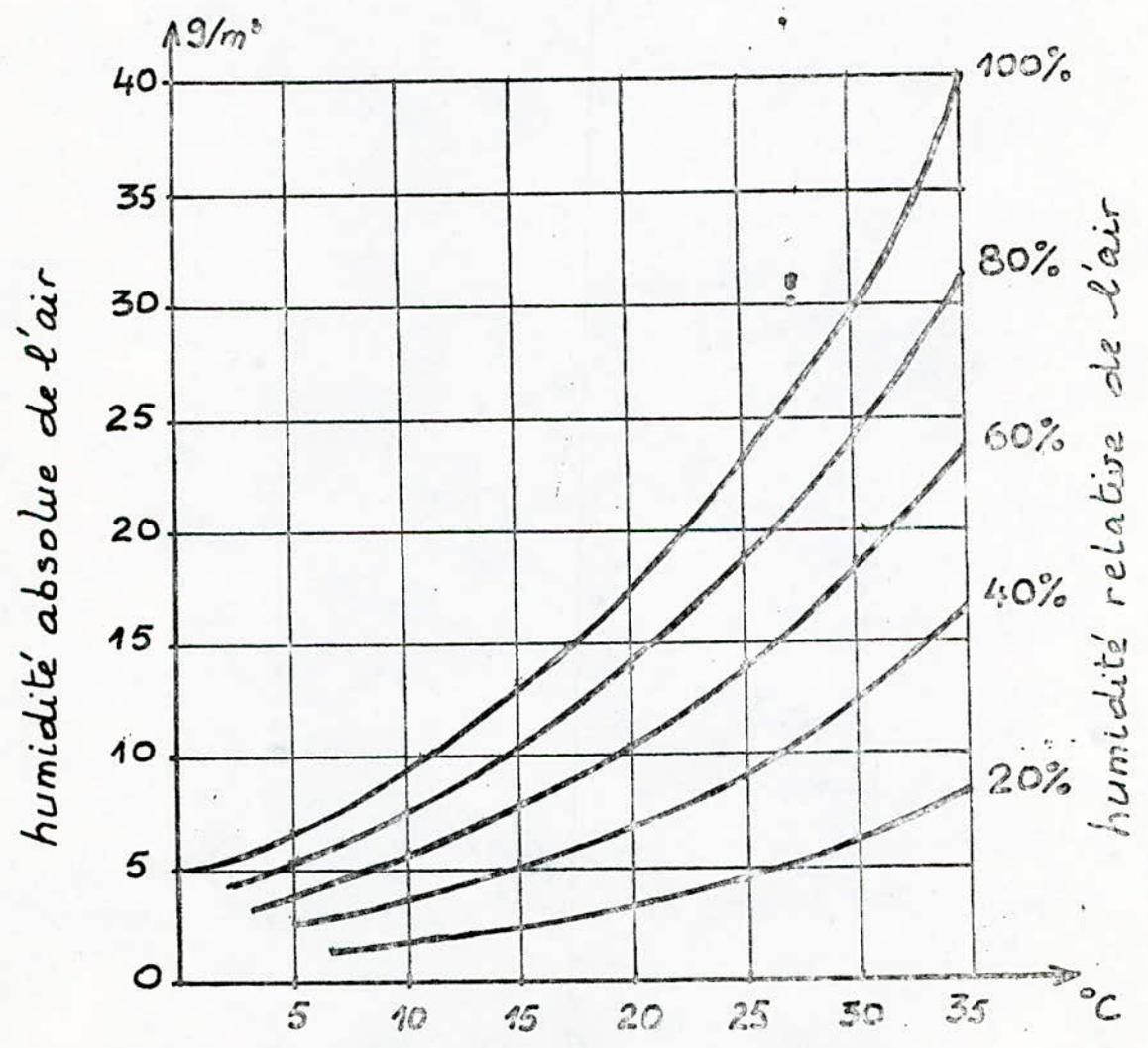


fig 4.4 - Température ambiante.

A l'état humide, la correction par rapport à l'humidité n'est pas nécessaire. On aura alors :

$$U_c = \frac{U_c \text{ (mesurée)}}{K_d} \quad (I4)$$

Les tensions de contournement ont été mesurées dans des conditions atmosphériques différentes. Les valeurs de K_h et de K_d vont donc varier avec les essais.

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

4.4 - RESULTATS

La SONELGAZ a mis à notre disposition trois chaînes d'isolateurs de types différents. Celles-ci, composées chacune d'éléments à "capot et tige" de type F I20P, NGK, et I5I2L.

Les deux premiers types ont été installés pendant deux années environ sur le même pylone (n°I42) de la ligne 220 kV MHP-OUS.

Le I5I2L a été installé quant à lui au niveau du poste MHP (T.H.T).

- Notations utilisées

$$q_1 = \frac{U_{pr.s} - U_{po.s}}{U_{pr.s}} \quad (\%)$$

$$q_2 = \frac{U_{pr.h} - U_{po.h}}{U_{pr.h}} \quad (\%)$$

- $U_{po.s}$: Tension de contournement de l'isolateur pollué et sec
- $U_{po.h}$: " " " " " " " et humide
- $U_{pr.s}$: " " " " " " propre et sec
- $U_{pr.h}$: " " " " " " " et humide

γ : conductivité de la couche polluante

ρ : résistivité de la couche polluante

- Tension de contournement à l'état propre

Les isolateurs sont nettoyés avec précaution en utilisant de l'eau de robinet mélangée à du phosphate trisodique ($Na_3 PO_3$) et rincés encore à l'eau de robinet, comme recommandé par les normes de la CEI. (I3).

Chaque type d'isolateurs propre est ensuite mis sous tension jusqu'au contournement.

Type d'isolateur	U _{pr.s} (kV)	U _{pr.h} (kV)	Facteurs de correction
NGK	78,8	47,8	t = 11°C
F 120P	81,1	51,2	h = 100%
I512 L	64	43,9	H = 757 mm Hg
			K _d = 1,025
			K _h = 1,01

- Tensions de contournement des isolateurs pollués

Les isolateurs sont numérotés à partir de la borne H.T.

- Chaîne d'isolateurs de type F I20P

N ^o d'iso.	U _{po.s} (kV)	U _{po.h} (kV)	q ₁ (%)	q ₂ (%)	Facteurs de correction
1	72,7	23,2	10,4	54,7	$t = 14^{\circ}\text{C}$ $h = 84\%$ $H = 750\text{mmHg}$ $K_d = 1,005$ $K_h = 0,988$
2	78	22,4	3,8	56,2	
3	73	20,4	9,9	60,2	
4	69,5	21,9	14,3	57,2	
5	69,1	21,6	14,8	57,8	
6	68,8	19,2	15,2	62,5	
7	65,2	20,7	19,6	59,6	
8	69,3	23,4	14,5	54,3	
9	60,4	18,5	25,5	63,8	$t = 15^{\circ}\text{C}$ $h = 82\%$ $H = 749\text{mmHg}$ $K_d = 0,999$ $K_h = 1,0$
10	61	18,5	24,8	63,8	
11	77,7	20,8	4,2	59,4	
12	75	32,5	7,5	36,5	
13	72	24	11,2	53,1	
14	68	22	16,2	57	
15	76,6	23	5,5	55,1	
16	72	21	11,2	58,9	

- Chaînes d'isolateurs de type NGK

N° d'iso.	$U_{po,s}$ (kV)	$U_{po,h}$ (kV)	q_1 (%)	q_2 (%)	Facteurs de correction
1	53,2	19,2	32,5	53,8	$t = 13,5^\circ\text{C}$ $h = 95\%$ $H = 748 \text{ mm Hg}$ $K_d = 1,004$ $K_h = 0,995$
2	74,9	20,4	4,95	57,3	
3	69,4	23,4	11,9	51	
4	64,4	25,2	18,3	47,3	
5	68,4	23,4	13,2	51	
6	75,6	20,4	4,1	57,3	
7	65,9	28,9	16,4	39,5	$t = 14^\circ\text{C}$ $h = 88\%$ $H = 748 \text{ mm Hg}$ $K_d = 1,002$ $K_h = 1,0$
8	76,4	27,9	3	41,6	
9	69,9	23,9	11,3	50	
10	64,9	23,9	17,6	50	
11	66,9	24,9	15,1	47,9	
12	59,7	21,2	24,2	55,6	
13	Essais non réalisés car la pluie les a complètement lavés durant leur stockage à Arzew.				$t = 11,5^\circ\text{C}$ $h = 100\%$ $H = 751 \text{ mm Hg}$ $K_d = 1,015$ $K_h = 1,010$
14					
15					
16					

- Chaîne d'isolateurs de type I5I2 L

N° d'iso	$U_{po.s}$ (kV)	$U_{po.h}$ (kV)	q_1 (%)	q_2 (%)	Facteurs de correction
1	64,5	20	0,78	54,4	$t = 15,5^\circ C$ $h = 80\%$ $H = 748 \text{ mm Hg}$ $K_d = 0,937$ $K_h = 1,005$
2	63,5	19	0,78	56,7	
3	65	21,6	1,6	50,8	
4	65,5	18	2,3	59	
5	61,5	23,6	3,9	46,2	
6	68,5	17	7	61,3	
7	63,5	17,6	0,78	59,9	
8	63,5	18,6	0,78	57,6	
9	62,5	18,6	2,3	57,6	
10	64	18	0	59	$t = 15^\circ C$ $h = 83\%$ $H = 747 \text{ mm Hg}$ $K_d = 0,939$ $K_h = 1,0$
11	55,4	13,5	13,4	63,2	
12	52,8	16	17,5	63,5	
13	62,8	18	1,9	59	
14	63,4	17	0,94	61,3	
15	59,9	21	6,4	52,2	
16	63,8	15	0,31	65,8	
17	63,4	18	0,94	59	

• Conductivité

Type d'isolat.	γ ($\mu\text{s/cm}$)	ρ (Ωcm)	Equivalent sel (mg)
NGK	7384	135,4	850
F I20P	5999	166,7	625
I5I2L	4338	230,5	440

N.B : L'équivalent sel est obtenu à partir des courbes (a) (b) et (c) de la figure 4.5.

• Tableau récapitulatif

Type d'iso.	γ ($\mu\text{s/cm}$)	$U_{pr.s}$ (kV)	$U_{pr.h}$ (kV)	$U_{po.s}$ moy (kV)	$U_{po.h}$ moy (kV)	q_1 moyen (%)	q_2 moyen (%)
NGK	7384	78,8	47,8	67,5	23,6	14,4	50,7
F I20P	5999	81,1	51,2	70,5	22,1	13	56,9
I5I2L	4338	64	43,9	62,6	18,3	3,6	58,4

Notre travail n'a pas été récompensé à sa juste valeur par les essais au laboratoire, la pluie ayant lavé partiellement les isolateurs durant leur stockage à Arzew. Néanmoins, d'après les résultats, on remarque que les valeurs moyennes de la conductivité γ montrent que l'isolateur du type I5I2L accumule moins de pollution que les deux autres types. Cependant, sa ligne de fuite plus courte présente l'inconvénient d'utiliser des chaînes plus longues.

Pour l'état sec et pollué, on remarque que le F I20P est le NGK gardent approximativement les mêmes performances (q_1 faible) qu'ils ont à l'état sec et propre .

Par contre, en présence d'humidité, l'isolateur NGK pollué paraît plus efficace que le F I20P. De plus, dans cette situation, la plus critique, c'est le NGK qui a la tension de contournement la plus élevée.

Résistivité d'une solution de 200ml NaCl H₂O à 20°C

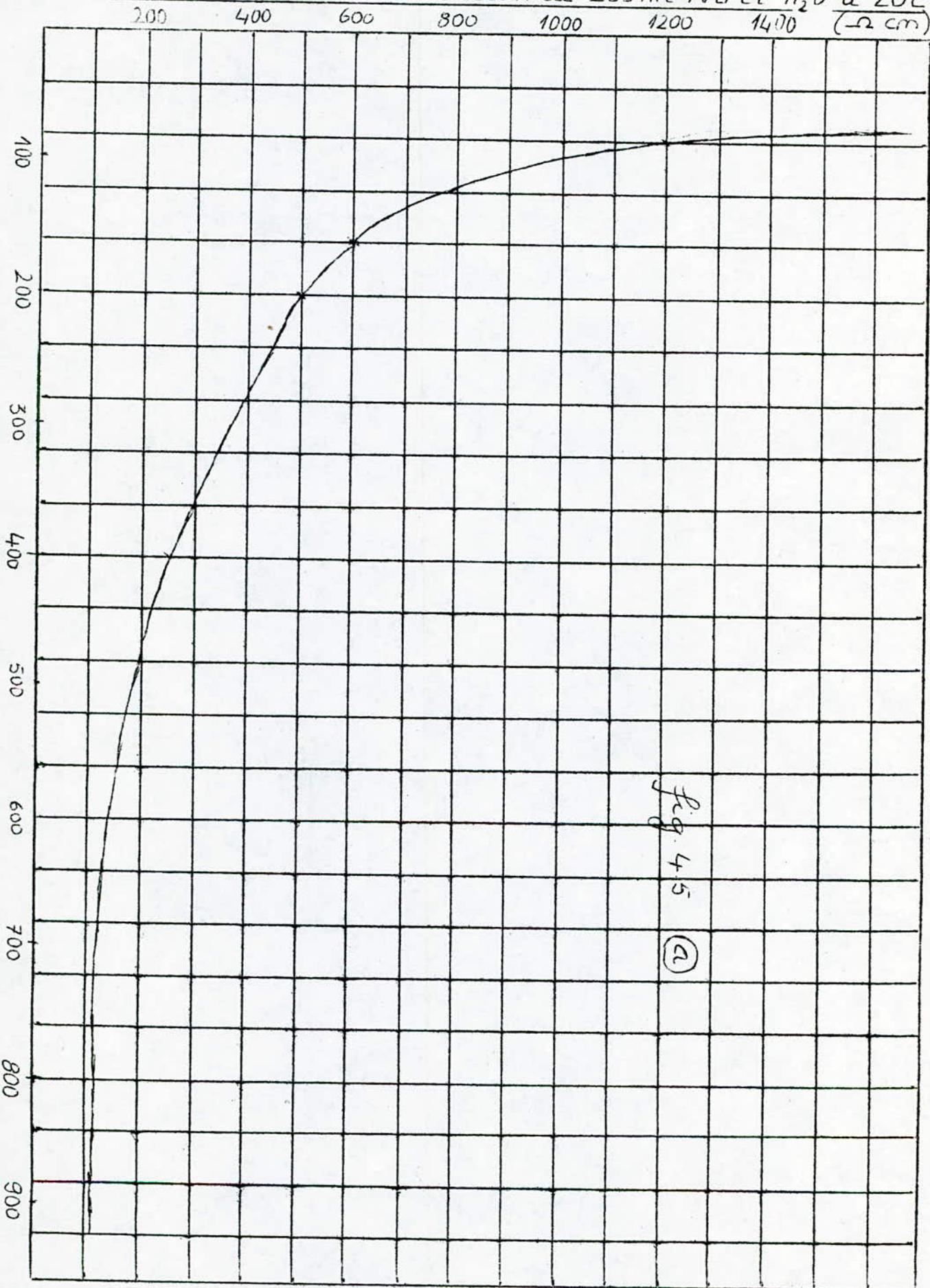


fig. 45
①

Résistivité d'une solution de 200 ml NaCl/H₂O à 20°C

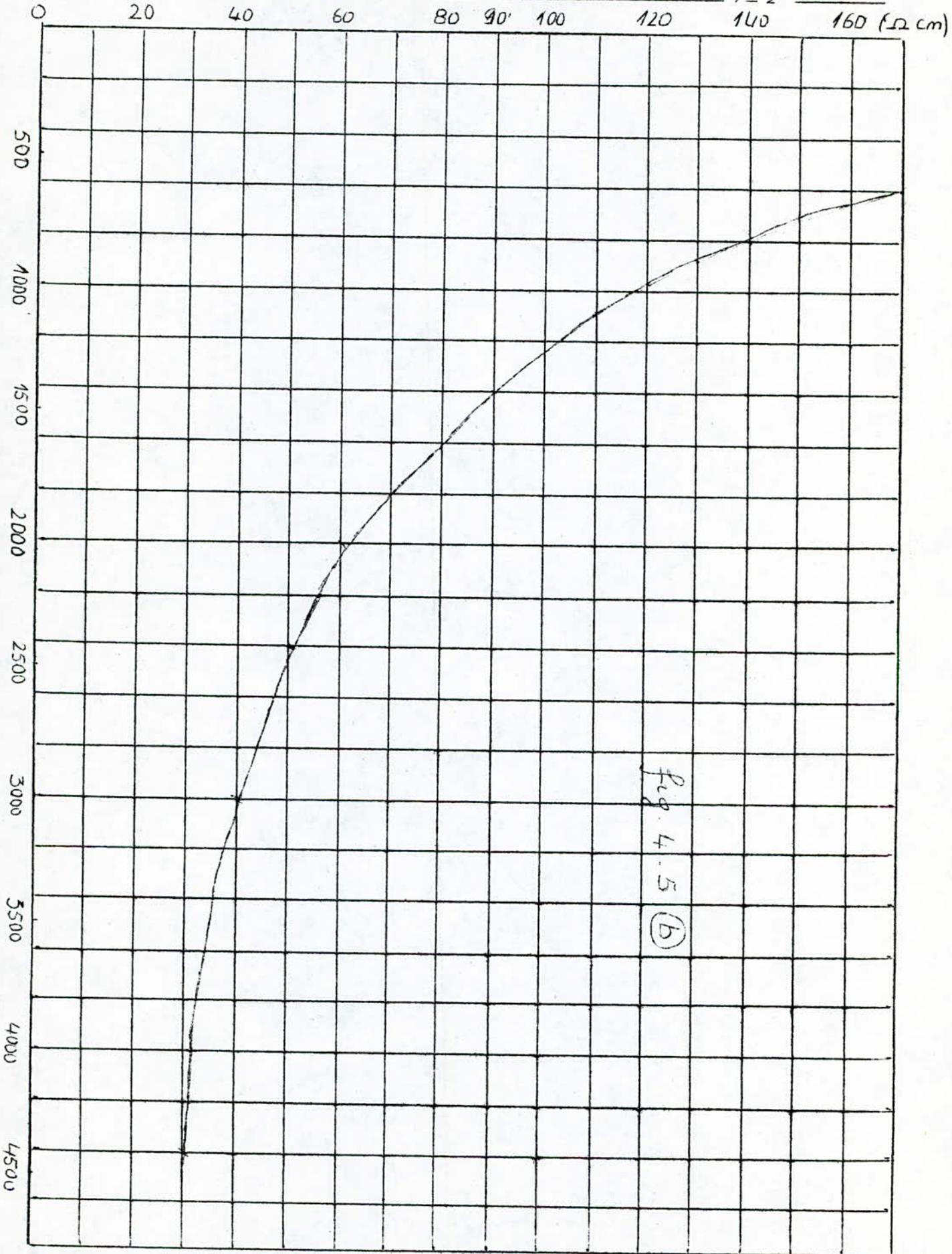
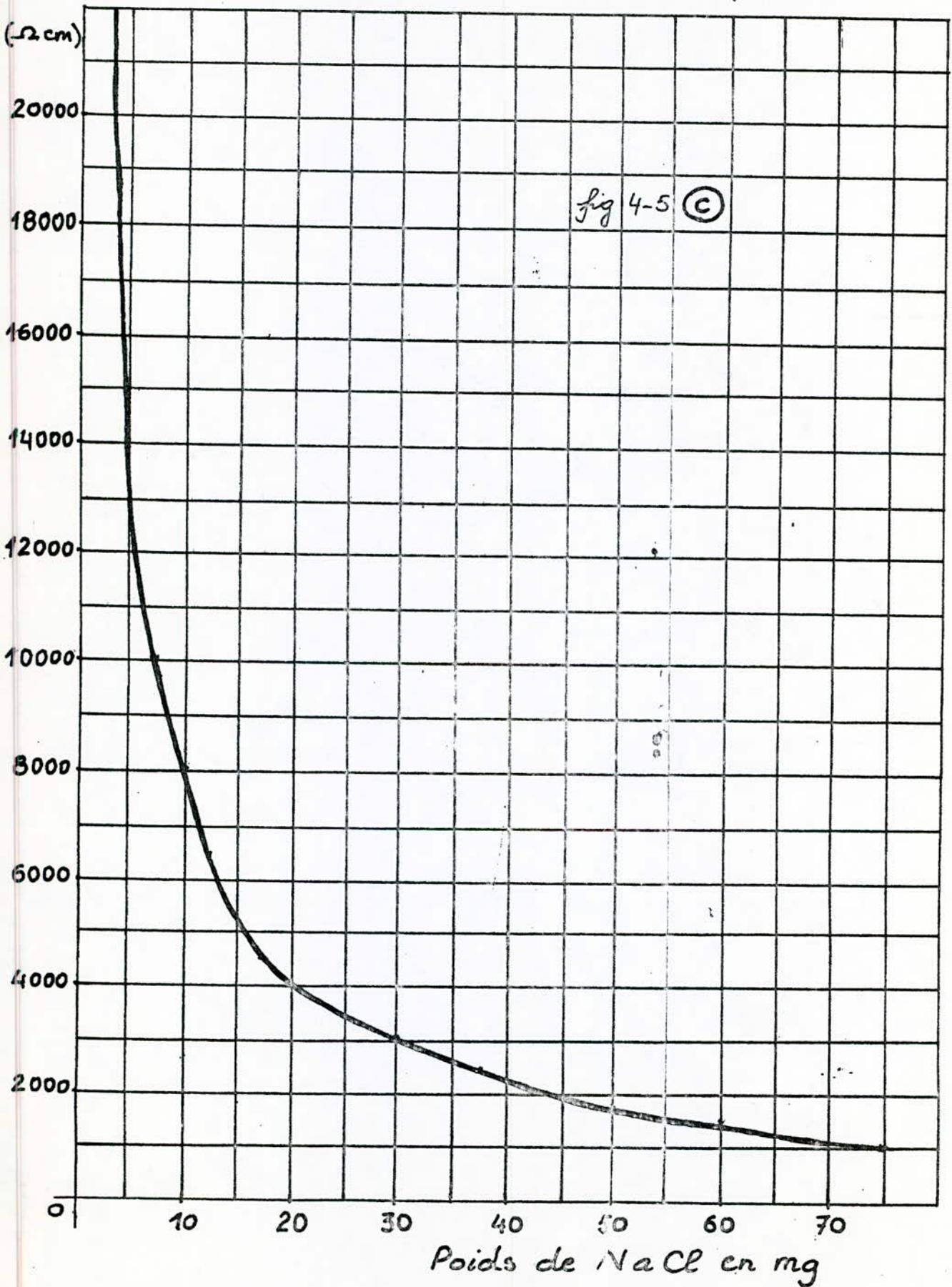


Fig. 4-5 (B)

Résistivité d'une solution de 200ml NaCl/H₂O à 20°C



CONCLUSION

Avant tout, ce projet nous a été très bénéfique du fait que nous avons complété nos connaissances sur un domaine auparavant méconnu pour nous.

Dans le cadre de notre étude, les essais effectués au laboratoire de l'E.N.P sur des isolateurs pollués, nous ont permis de mettre en évidence l'influence de la pollution sur le comportement des isolateurs de haute tension.

Cette étude aurait été plus complète si les isolateurs, mis à notre disposition par la SONELGAZ, avaient été bien stockés à l'abri des pluies. De plus, bien que nos essais soient limités à une seule chaîne d'isolateurs de chaque type, les résultats obtenus nous permettent d'attirer l'attention des exploitants des réseaux électriques sur les bonnes performances que pourrait présenter l'isolateur en porcelaine NGK (à un degré moindre le F I20P) dans la région Est d'Arzew (ligne MHP-OUS 220kV).

Avec des essais "in situ" et un laboratoire mieux équipé, cette étude aurait été plus complète. A cet effet, nous suggérons l'extension du laboratoire à haute tension de l'ENP par l'installation de pluie artificielle, de dispositifs permettant la reproduction de diverses pollutions (poussière, brouillard, ...etc). Le toit doit être aménagé de façon à obtenir l'obscurité complète permettant de mieux observer les phénomènes de décharges durant le jour.

Nous suggérons également d'installer un nombre suffisant de stations "in situ" pour des essais sous pollution naturelle. En outre, l'établissement d'une carte de pollution pour l'ensemble du territoire national s'avère nécessaire afin de bien choisir à l'avance le type d'isolateur qui conviendrait le mieux pour chaque site.

BIBLIOGRAPHIE
* * * * *

- (I)- E. GILLON - "Cours d'Electrotechnique" - tome I
- (2)- CERAVIER - "La pollution des isolateurs" - N° 526 E 77
- (3)- J.KELLER, JACOBSEN et C.LINDQVIST- " Essais au laboratoire et en plein air pour dimensionner correctement les isolateurs exposés à la pollution saline"- CIGRE - 1978, Rapport 33-II
- (4)- P. CLAVERIE et Y.PORCHERON- "Les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en régions polluées"- RGE - T.82 N° 3 Mars 73.
- (5)- CRTT - NORD sous groupe VENDIN- "La pollution des isolateurs : traitements anti-pollution des isolateurs".
- (6)- J.SAFERNA et R.KOSZTALUK- "Essais d'isolateurs de lignes sur stand de pollution naturelle".
- (7)- Norme PN - 68- E - 06303- " Dobor izolatorow napowietrznych ze wz ględu na zagrozenie zabrudzeniowe"- 1969.
- (8)- J.H - DURAND - "Les sols irrigables"- 1958.
- (9)- A.BOUBAKEUR- "Essais d'isolateurs H.T sous conditions naturelles de pollution". Rapport de stage effectué à GLIWIECE- 1977.
- (10)- CIGRE- Tome 2 - Rapport 334 - 1960.
- (11)- CEI - Publication 60- 2ème Edition 1962.
- (12)- CEI - Publication 60- 1975.
- (13)- CEI - Publication 60-I- "Techniques des essais à haute tension: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais".
- (14)- CEI - Publication 383- "Essais des isolateurs en matière céramique ou en verre destinés aux lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1000 volts".
- (15)- ONM - "Statistiques climatologiques de 1975 à 1981"- Station météorologique de GAMBETTA - ORAN -.

