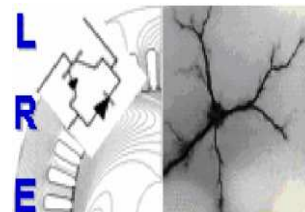


République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique



## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie Electrique

Laboratoire de Recherche en Electrotechnique - Laboratoire de Haute Tension

---

Mémoire du projet de fin d'études pour l'obtention du  
Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique

---

Thème :

Etude de l'influence de la pollution et des  
paramètres météorologiques sur l'apparition  
des incidents dans le réseau électrique  
(Régions électriques d'Alger et d'Oran)

Proposé et dirigé par :  
Pr. A.MEKHALDI

Réalisé par :  
CHELEF Habib  
LALMI Abdelheq

## *Remerciements*

*En premier lieu, nous remercions **DIEU** tout puissant, qui nous a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Haute Tension du département de Génie Electrique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger en collaboration avec le Centre de Recherche et de Développement de l'Electricité et de Gaz (CREDEG), sous la direction scientifique de Monsieur **Abdelouahab MEKHALDI** Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique, que nous tenons à le remercier beaucoup pour tout ce qu'il a sacrifié pour nous, pour sa disponibilité, pour ses conseils, son suivi constant, et surtout ses qualités humaines.*

*Nous remercions aussi le professeur **A.BOUBAKEUR**, le professeur **M.TEGUAR** et toute l'équipe du laboratoire de Haute Tension auprès de laquelle on a appris énormément de choses.*

*Nous remercions autant l'équipe de **GREDEG**, qui nous a aidé énormément afin d'accomplir ce travail.*

*Nos remerciements vont également aux agents de l'Office National de la Météorologie (**ONM**) pour leur appréciable aide.*

*Nous tenons également à remercier le président et les membres du jury pour nous avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, notamment nos familles et nos amis.*

*Que tous les professeurs ayant contribué à notre formation trouvent ici  
notre profonde reconnaissance.*

# *Dédicaces*

---

---

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ  
الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ  
الْعَالَمِينَ

---

---

*A mes très très chers **parents** et mon **Grand Père***

*A toutes l'équipe de Labo de Recherche d'Electrotechnique*

*A mes **frères** Youcef, Fethi, Salem & A mes chers **sœurs***

*A mes oncles et tantes sans oublier mes cousins et cousines*

*A Toute la famille **BOUFASSA, CHELEF** et **BENSAID***

*A tous mes amis (spécialement **Bilal HAWA**) qui m'aiment*

*A toute la promo Génie Electrique {Nacer / Ayoub / Hamza / Kich / Hamoud...}*

*A tous ceux et toutes celles qui me sont chers !!!*

☞ *Habib*

# *Dédicace*

*Chaleureusement je dédie ce modeste travail:*

*À la lumière de ma vie, mes chers parents en témoignage de leur amour et de leur sacrifices sans limites, je leurs souhaite une bonne santé, que Dieu me les garde.*

*À mes frères et ma sœur,*

*À toute la famille LALMI,*

*À toute la famille MEDDAS,*

*À tous mes amis...*

*À tous mes collègues de génie électrique*

*À toute la promotion 2010.*

**Abdelheq**



---

## ملخص

بهتم عملنا بدراسة تأثير التلوث و العوامل المناخية على عدد الحوادث الواقعة على خطوط الضغط العالي. سنركز في هذا البحث على المنطقتين الكهربائيتين للجزائر العاصمة و وهران. نبدأ بتشخيص المنطقتين خاصة مصادر التلوث المتنوعة الموجودة هناك، بالإضافة إلى العوامل المناخية التي تميزها. اعتمادا على نتائج هذا التشخيص بالإضافة إلى تحليل إحصائيات الحوادث الواقعة على الشبكة الكهربائية، سنقوم بدراسة تأثير الترسبات الملوثة و العوامل الجوية على عدد و توزيع الحوادث. هذا يمكننا من تحديد المناطق الأكثر تضررا بالتلوث و اقتراح حلول لمواجهة هذا المشكل.

**كلمات مفتاحية:** التوتر العالي، تلوث، عازل، حوادث، عوامل مناخية، شدة التلوث، إحاطة

## RESUME

Notre travail concerne l'étude de l'influence de la pollution et des paramètres climatiques sur le nombre d'incidents survenus sur les lignes de haute tension. Nous nous intéressons aux régions électriques d'Alger et d'Oran.

Nous commençons d'abord par l'identification de ces régions en s'intéressant en particulier aux différentes sources de pollution qui existent dans ces régions ainsi qu'aux conditions climatiques qui les caractérisent. En se basant sur les résultats de cette identification ainsi qu'aux traitements statistiques des incidents ayant eu lieu sur le réseau électrique, nous étudions l'impact des dépôts polluants et des facteurs climatiques sur le nombre et la répartition des incidents. Ceci nous permet de localiser les zones les plus touchées par la pollution et de proposer des solutions convenables pour y faire face.

**Mots clés :** Haute Tension, Pollution, Isolateur, Incidents, paramètres météorologiques, sévérité de pollution, contournement.

## ABSTRACT

Our work relates to the study of the influence of pollution and the climatic parameters on the number of incidents which have occurred on the high voltage lines. We are interested in the electric areas of Algiers and Oran.

We start initially with the identification of these areas while being focused in the various sources of pollution which exist in these areas as on the climatic conditions which characterize them. Basing ourselves on the results of this identification, in addition to the statistical processing of the incidents having taken place on the electrical system, we study the impact of the polluting deposits and the climatic factors on the number and the distribution of the incidents. This enables us to locate the areas most effected by pollution and to propose suitable solutions to fight it.

**Key words:** High Voltage, Pollution, Insulator, Incidents, climatic parameters, severity of pollution, flashover.

---

# Sommaire

---

---

## Introduction Générale

---

---

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

---

---

---

## Chapitre I

### Impact de la pollution sur le comportement des isolateurs de haute tension

---

---

<b>I.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. GENERALITES.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.1. Définitions.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.2. L'isolation dans les réseaux électriques.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.3. Types d'isolations.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3. LES ISOLATEURS DE HAUTE TENSION.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.1. Définition.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2. Fonctionnement et constitution d'un isolateur.....</b>	<b>5</b>
I.3.2.1. Isolant.....	5
I.3.2.2. Pièces métalliques de liaison.....	6
<b>I.3.3. Principaux types d'isolateurs.....</b>	<b>7</b>
I.3.3.1. Isolateur de type rigide.....	7
I.3.3.2. Isolateur à capot et tige.....	8
I.3.3.3. Chaîne d'isolateurs.....	10
I.3.3.4. Isolateur à long fût en porcelaine.....	10
<b>I.3.4. Choix des isolateurs.....</b>	<b>11</b>
<b>I.4. LE PHENOMENE DE LA POLLUTION.....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1. Origine, création et répartition de la pollution.....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.2. Sources de la pollution.....</b>	<b>13</b>
I.4.2.1. Pollution naturelle.....	13
I.4.2.2. Pollution industrielle.....	14

I.4.2.3. Pollution mixte.....	14
<b>I.4.3. Conséquences de la pollution.....</b>	<b>14</b>
<b>I.4.4. La sévérité de pollution.....</b>	<b>15</b>
I.4.4.1. Les classes de sévérité de pollution.....	16
I.4.4.2. Mesure du degré de pollution d'un site.....	17
<b>I.4.5. Techniques de lutte contre la pollution.....</b>	<b>19</b>
<b>I.5. LE COMPORTEMENT DES ISOLATEURS SOUS POLLUTION.....</b>	<b>20</b>
<b>I.5.1. Décharge partielle.....</b>	<b>20</b>
<b>I.5.2. Le contournement.....</b>	<b>21</b>
<b>I.6. Conclusion.....</b>	<b>23</b>

---

---

## **Chapitre II**

### **Identification des régions électriques centre et ouest**

---

<b>II.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>24</b>
<b>II.2. LE RESEAU ELECTRIQUE DE TRANSPORT DE L'ALGERIE.....</b>	<b>24</b>
<b>II.2.1. Description du réseau électrique de la région d'Alger.....</b>	<b>26</b>
<b>II.2.2. Description du réseau électrique de la région d'Oran.....</b>	<b>26</b>
<b>II.3. LES SOURCES DE POLLUTION.....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.1. Les sources de pollution industrielle.....</b>	<b>27</b>
<b>II.3.2. Les sources de pollution naturelle.....</b>	<b>31</b>
<b>II.3.3. Les autres sources.....</b>	<b>32</b>
<b>II.3.4. Situation des lignes 220 kV par rapport aux sources de pollution.....</b>	<b>33</b>
<b>II.4. LA CLIMATOLOGIE.....</b>	<b>35</b>
<b>II.4.1. Introduction.....</b>	<b>35</b>
<b>II.4.2. Le climat dans les régions électriques d'Oran &amp; d'Alger.....</b>	<b>36</b>
<b>II.4.3. La pluviométrie.....</b>	<b>36</b>
<b>II.4.4. L'humidité.....</b>	<b>39</b>
<b>II.4.5. La température.....</b>	<b>42</b>
<b>II.4.6. Les autres facteurs.....</b>	<b>44</b>
<b>II.4.7. Le vent.....</b>	<b>49</b>
<b>II.5. Conclusion.....</b>	<b>50</b>

---

---

---

## Chapitre III

### Analyse des incidents dans les régions électriques centre et ouest

---

---

<b>III.1. INTRODUCTION</b> .....	51
<b>III.2. REGION D'ALGER</b> .....	52
<b>III.2.1. Nombre total d'incidents par année sur la période 1998-2008</b> .....	52
<b>III.2.2. Répartition saisonnière des incidents</b> .....	53
<b>III.2.3. Répartition des incidents par type de défaut</b> .....	54
<b>III.2.4. Densité d'incidents par ligne pour chaque niveau de tension</b> .....	56
<b>III.2.5. Répartition horaire des incidents pour chaque saison</b> .....	58
<b>III.2.6. Répartition des incidents par mois, par saison et par horaire pour chaque année</b> .....	59
<b>III.3. REGION D'ORAN</b> .....	73
<b>III.3.1. Répartition par année des incidents sur la période 1998-2008</b> .....	73
<b>III.3.2. Répartition par saison</b> .....	74
<b>III.3.3. Par type de défaut</b> .....	75
<b>III.3.4. Densité d'incidents par ligne pour chaque réseau (THT et HT)</b> .....	76
<b>III.3.5. Par plage horaire</b> .....	79
<b>III.3.6. Par saison, par mois et par horaire pour chaque saison</b> .....	80
<b>III.4. ANALYSE DES RESULTATS</b> .....	93
<b>III.5. CONCLUSION</b> .....	94

---

---

## Chapitre IV

### Discussion sur l'influence des paramètres climatiques et des dépôts polluants sur le nombre d'incidents

---

---

<b>IV.1. INTRODUCTION</b> .....	95
<b>IV.2. CLASSIFICATION DES ZONES</b> .....	95

<b>IV.2.1. Méthodes proposées pour la classification des zones.....</b>	<b>95</b>
IV.2.1.1. Première méthode.....	95
IV.2.1.2. Deuxième méthode.....	96
<b>IV.2.2. Région d'Alger.....</b>	<b>97</b>
<b>IV.2.3. Région d'Oran.....</b>	<b>99</b>
<b>IV.3. ETUDE DE L'INFLUENCE DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES.....</b>	<b>101</b>
<b>IV.3.1. La zone ALGER EST / ARBAA.....</b>	<b>102</b>
IV.3.1.1. Précipitation pluviale.....	101
IV.3.1.2. Humidité.....	104
IV.3.1.3. Température.....	104
IV.3.1.4. Brouillard et Gelée.....	104
<b>IV.3.2. La zone de MARSAT ELHADJADJ / ZAHANA.....</b>	<b>106</b>
IV.3.2.1. Précipitations pluviales.....	107
IV.3.2.2. L'humidité.....	109
IV.3.2.3. Température.....	109
IV.3.2.4. Brouillard et Gelée.....	109
<b>IV.4. INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DU SITE SUR LES INCIDENTS.....</b>	<b>112</b>
<b>IV.5. Conclusion.....</b>	<b>114</b>

---

---

## Conclusion Générale

---

<b>IV.5. Conclusion Générale.....</b>	<b>116</b>
---------------------------------------	------------

---

---

## Bibliographie

---

<b>IV.5. Bibliographie.....</b>	<b>118</b>
---------------------------------	------------

---

---

---

## ANNEXES

---

---

<b>Annexe I</b>	
<b>Données climatologiques.....</b>	<b>120</b>
<b>Annexe II</b>	
<b>Statistiques des incidents.....</b>	<b>123</b>
<b>Annexe III</b>	
<b>Caractéristiques des lignes 220 kV des deux site Alger Est et Marsat El Hadjadj.....</b>	<b>127</b>
<b>Annexe IV</b>	
<b>Script en MATLAB.....</b>	<b>130</b>

---

---

## Liste des figures

---



---

### Chapitre I : Impact de la pollution sur les isolateurs de haute tension

---

Figure I.1 : Vue en coupe des deux types d'isolateur. ....	7
Figure I.2 : Isolateur rigide en verre. ....	7
Figure I.3 : Isolateur à capot et tige. ....	8
Figure I.3.a : Isolateur à capot et tige de profil standard. ....	8
Figure I.3.b: Isolateur à capot et tige de profil antibrouillard (forme A).....	9
Figure I.3.c : Isolateur à capot et tige de profil antibrouillard (forme B). ....	9
Figure I.3.d: Isolateur à capot et tige de profil plat. ....	9
Figure I.3.e : Isolateur à capot et tige de profil sphérique.....	10
Figure I.4 : Chaîne d'isolateurs: assemblage à rotule.....	10
Figure I.4.a : Chaînes de suspension.....	10
Figure I.4.b : Chaînes d'encrage.....	10
Figure I.5 : Isolateur à long fût en porcelaine.....	11
Figure I.6 : Critères de choix des isolateurs selon les conditions d'environnement.....	12
Figure I. 7 : Etapes du contournement d'une couche de pollution.....	15
Figure I.8 : Profil d'un isolateur anti-pollution, en pointillé : la ligne de fuite.....	19
Figure I.9 : Mécanisme de contournement des isolateurs.....	22
Figure I.10 : Processus de contournement des isolateurs en service.....	22

---

### Chapitre II : Identification des régions électriques centre et ouest

---

Figure II.1 : Les cinq (05) régions électriques du réseau de transport d'énergie en Algérie.....	25
Figure II.2 : Les villes côtières des deux régions électriques Alger & Oran.....	31
Figure II.3 : Relief des deux régions électriques d'Alger & Oran.....	36
Figure II.4 : Cartes climatologiques saisonnières des précipitations à travers le territoire national.....	37
Figure II.5 : Précipitations pluviales [Région Oran] .....	38

Figure II.6 : Précipitations pluviales [Région Alger] .....	39
Figure II.7 : Humidités Relatives [Région d'Oran] .....	40
Figure II.8 : Humidités Relatives [Région d'Alger] .....	41
Figure II.9 : Cartes climatologiques saisonnières des températures à travers le territoire national.....	42
Figure II.10 : La température moyenne mensuelle de quelque ville de la région d'Oran en 2007.....	43
Figure II.11 : La température moyenne mensuelle de quelque ville de la région d'Alger en 2007.....	44
Figure II.12 : Le pourcentage de jour de gelée en Hiver dans les deux régions électriques.....	45
Figure II.13 : Jours de Gelée dans la région d'Alger pour chaque année.....	45
Figure II.14 : Jours de Gelée dans la région d'Oran pour chaque année.....	46
Figure II.15 : Le pourcentage de jour de Brouillard durant la période [Octobre -> Avril] dans les deux régions électriques Alger & Oran.....	47
Figure II.16 : Jours de brouillard dans la région d'Oran.....	47
Figure II.17 : Jours de Brouillard dans la région d'Alger.....	48
Figure II.18 : Vitesses moyennes du vent.....	49

---

## Chapitre III : Analyse des incidents dans les régions électriques centre et ouest

---

Figure III.1 : Nombre d'incidents par année pour la région d'Alger.....	52
Figure III.2 : Répartition des incidents par année pour chaque niveau de tension.....	53
Figure III.3 : Répartition des incidents par saison.....	54
Figure III.4 : Répartition des incidents par types de défauts.....	55
Figure III.5 : Répartition annuelle des incidents par types de défauts.....	55
Figure III.6 : Répartition des densités d'incidents par ligne (220kV). .....	56
Figure III.7 : Répartition des densités d'incidents par ligne (60kV). .....	57
Figure III.8 : Répartition journalière des incidents pour chaque saison. ....	58
Figure III.9 : Répartition des incidents par mois en 1998.....	59
Figure III.10 : Répartition des incidents par saison en 1998.....	59
Figure III.11 : Répartition des incidents par horaire en 1998.....	60



---

Figure III.12 : Répartition des incidents par mois en 1999.....	60
Figure III.13 : Répartition des incidents par saison en 1999.....	61
Figure III.14 : Répartition des incidents par horaire en 1999.....	61
Figure III.15 : Répartition des incidents par mois en 2000.....	62
Figure III.16 : Répartition des incidents par saison en 2000.....	62
Figure III.17 : Répartition des incidents par horaire en 2000.....	63
Figure III.18 : Répartition des incidents par mois en 2001.....	63
Figure III.19 : Répartition des incidents par saison en 2001.....	64
Figure III.20 : Répartition des incidents par horaire en 2001.....	64
Figure III.21 : Répartition des incidents par mois en 2002.....	65
Figure III.22 : Répartition des incidents par saison en 2002.....	65
Figure III.23 : Répartition des incidents par horaire en 2002.....	66
Figure III.24 : Répartition des incidents par mois en 2003.....	66
Figure III.25 : Répartition des incidents par saison en 2003.....	67
Figure III.26 : Répartition des incidents par horaire en 2003.....	67
Figure III.27 : Répartition des incidents par mois en 2004.....	68
Figure III.28 : Répartition des incidents par saison en 2004.....	68
Figure III.29 : Répartition des incidents par horaire en 2004.....	69
Figure III.30 : Répartition des incidents par mois en 2005.....	69
Figure III.31 : Répartition des incidents par saison en 2005.....	70
Figure III.32 : Répartition des incidents par horaire en 2005.....	70
Figure III.33 : Répartition des incidents par mois en 2006.....	70
Figure III.34 : Répartition des incidents par saison en 2006.....	71
Figure III.35 : Répartition des incidents par horaire en 2006.....	71
Figure III.36 : Répartition des incidents par mois en 2007.....	71
Figure III.37 : Répartition des incidents par saison en 2007.....	72
Figure III.38 : Répartition des incidents par mois en 2007.....	72
Figure III.39 : Répartition des incidents par saison en 2007.....	73
Figure III.40 : Nombre total d'incident pour chaque année région d'Oran.....	73
Figure III.41 : Répartition des incidents par année pour chaque niveau (220 & 60 kV) .....	74
Figure III.42 : Répartition des incidents par saison.....	75
Figure III.43 : Répartition des incidents par type.....	76
Figure III.44 : Répartition des incidents par type pour chaque année.....	76
Figure III.45 : Densité d'incidents par ligne pour le réseau 220 kV.....	77

---

Figure III.46 : Densité d'incidents par ligne pour le réseau 60 kV.....	78
Figure III.47 : Répartition par horaire des incidents pour chaque saison.....	79
Figure III.48 : Répartition des incidents par mois en 1998.....	80
Figure III.49 : Répartition des incidents par saison en 1998.....	80
Figure III.50 : Répartition des incidents par horaire en 1998.....	81
Figure III.51 : Répartition des incidents par mois en 1999.....	81
Figure III.52 : Répartition des incidents par saison en 1999.....	82
Figure III.53 : Répartition des incidents par horaire en 1999.....	82
Figure III.54 : Répartition des incidents par mois en 2000.....	83
Figure III.55 : Répartition des incidents par saison en 2000.....	83
Figure III.56 : Répartition des incidents par horaire en 2000.....	84
Figure III.57 : Répartition des incidents par mois en 2001.....	84
Figure III.58 : Répartition des incidents par saison en 2001.....	85
Figure III.59 : Répartition des incidents par horaire en 2001.....	85
Figure III.60 : Répartition des incidents par mois en 2002.....	86
Figure III.61 : Répartition des incidents par saison en 2002.....	86
Figure III.62 : Répartition des incidents par mois en 2003.....	87
Figure III.63 : Répartition des incidents par saison en 2003.....	87
Figure III.64 : Répartition des incidents par mois en 2004.....	88
Figure III.65 : Répartition des incidents par saison en 2004.....	88
Figure III.66 : Répartition des incidents par mois en 2005.....	89
Figure III.67 : Répartition des incidents par saison en 2005.....	89
Figure III.68 : Répartition des incidents par mois en 2006.....	90
Figure III.69 : Répartition des incidents par saison en 2006.....	90
Figure III.70 : Répartition des incidents par mois en 2007.....	91
Figure III.71 : Répartition des incidents par saison en 2007.....	91
Figure III.72 : Répartition des incidents par mois en 2008.....	92
Figure III.73 : Répartition des incidents par saison en 2008.....	92

---

## Chapitre IV : Discussion sur l'influence des paramètres climatiques et des dépôts polluants sur le nombre d'incidents

---

Figure IV.1: Représentation des zones de pollution sur les lignes de haute tension.....	96
---	----

---

Figure IV.2 : Nombre d'incidents survenus sur les lignes issues de chaque post.....	97
Figure IV.3 : Répartition des densités moyennes d'incidents par 100 km pour chaque ligne.....	98
Figure IV.4 : Nombre d'incidents survenus sur les lignes issues de chaque post.....	99
Figure IV.5 : Répartition des densités moyennes d'incidents par 100 km pour chaque ligne.....	100
Figure IV.6 : Représentation des zones étudiées sur la carte du réseau de 220kV des régions centre et ouest. ....	101
Figure IV.7 : Variations du nombre d'incidents et des précipitations entre 2000 et 2008.....	103
Figure IV.8 : Les incidents sur les lignes 220 kV pour chaque mois [2000 - 2008] [Alger].....	105
Figure IV.9 : Figure IV.8 avec zoom de la partie encadrée en rouge.....	105
Figure IV.10 : Précipitations mensuelles entre 2000 – 2008 de la ville d'Alger.....	105
Figure IV.11 : Humidités relatives mensuelles moyennes entre 2002 - 2006 de la ville d'Alger.....	106
Figure IV.12 : Températures mensuelles moyennes entre 2002 - 2006 de la ville d'Alger.....	106
Figure IV.13 : Nombre de jours de brouillard pour chaque mois [2002 - 2006] [Alger].....	106
Figure IV.14 : Nombre de jours de brouillard pour chaque mois [2002 - 2006] [Alger].....	107
Figure IV.15 : Variations du nombre d'incidents et des précipitations entre 2000 et 2008 (Oran).....	108
Figure IV.16 : Les incidents sur les lignes 220 kV pour chaque mois entre 2000 - 2008 d'Oran.....	110
Figure IV.17 : Précipitations mensuelles entre 2000 - 2008 de la ville d'Oran.....	110
Figure IV.18 : Humidités relatives mensuelles moyennes entre 2002 - 2006 de la ville d'Oran...	110
Figure IV.19 : Températures mensuelles moyennes de la ville d'Oran.....	111
Figure IV.20 : Nombre de jours de brouillard par mois entre 2002 - 2006 de la ville d'Oran.....	111
Figure IV.21 : Nombre de jours de Gelée pour chaque mois entre 2002 - 2006 de la ville d'Oran.....	111

# Liste des tableaux

---

## Chapitre I

### Impact de la pollution sur le comportement des isolateurs de haute tension

---

Tableau I.1 : Classement de degré de pollution selon CEI 60 81-5	17
--	----

---

## Chapitre II

### Identification des régions électriques centre et ouest

---

Tableau II.1 : Les villes de chaque région électrique	24
Tableau II.2 : Les longueurs des lignes aériennes pour chaque niveau de tension dans la région d'Alger	26
Tableau II.3 : Les longueurs des lignes aériennes pour chaque niveau de tension dans la région d'Oran	26
Tableau II.4 : Les cimenteries en Algérie	28
Tableau II.5 : Taux de rejets des cimenteries dans la région d'Alger	28
Tableau II.6 : Taux de rejets des cimenteries dans la région d'Oran	28
Tableau II.7 : Les principales centrales électriques situées dans les deux régions d'Alger et d'Oran	29
Tableau II.8 : Résultat d'analyse de la centrale Marsat	30
Tableau II.9 : 9 Résultat d'analyse des centrales de Boufarik et Bab Ezzouar	30
Tableau II.10 : 10 Résultat d'analyse de la centrale du HAMMA et RAS-DJINET	30
Tableau II.11 : Résultat d'analyse de la centrale D'ALGER PORT	31
Tableau II.12 : Part de pollution automobile en milieu urbain	32
Tableau II.13 : Direction des vents dominants	49

---

## Chapitre III

### Analyse des incidents dans les régions électriques centre et ouest

---

Tableau III.1 : Le nombre d'incidents par 100 km pour chaque niveau de tension	53
Tableau III.2 : Nombre d'incidents par 100 km pour chaque niveau de tension	74

---

## Chapitre IV

### Discussion sur l'influence des paramètres climatiques et des dépôts polluants sur le nombre d'incidents

---

---

<b>Tableau IV.1: Les classes de pollution et les lignes correspondantes</b>	97
<b>Tableau IV.2 : Les classes de pollution et les lignes correspondantes</b>	99
<b>Tableau IV.3 : Précipitations [Mars - Mai] et incidents [Juin - Septembre] pour chaque année</b>	102
<b>Tableau IV.4 : Précipitation [Mars - Avril] et les incidents [Juin - Septembre] pour chaque année</b>	107
<b>Tableau IV.5 l'humidité et les incidents dans la période [juin-septembre] pour quelques années</b>	108
<b>Tableau IV.6 : Tableau récapitulatif des paramètres considérés pour l'étude de l'influence du climat sur les incidents pour les régions électriques centre et ouest</b>	111-112

---

# **Introduction générale**

---

## Introduction générale

Les lignes électriques aériennes constituent et demeurent, à ce jour, l'un des moyens le plus utilisé et le plus économique pour transporter et distribuer l'énergie électrique aux usagers.

Parmi les préoccupations des exploitants de production et de transport de l'énergie électrique (exemple de **SONELGAZ «Société Nationale d'Electricité et de Gaz»**), il y a la fiabilité et la continuité de service durant toute l'année. Pour cela, il faut minimiser au maximum les coupures d'électricité. Une partie importante de ces coupures est due aux incidents survenus sur les lignes de transport d'électricité en haute tension (220 kV et 60 kV). Nous citons par exemple :

- La rupture d'un câble ;
- La foudre ;
- Un arrêt brusque de la production dans une centrale électrique ;
- Les contournements des isolateurs des lignes de transport de haute tension ;

L'une des principales causes qui mènent au contournement des isolateurs des lignes de haute tension, la ***pollution*** des surfaces de ces derniers.

Le **GRTE « Gestionnaire Réseau Transport d'Electricité – Filiale SONELGAZ »**, dont le réseau est exposé à une pollution dominante de différents types (marine, industrielle et désertique), souffre, à l'instar de plusieurs gestionnaires des réseaux électriques dans le monde, du phénomène de la pollution des isolateurs et subit les incidences techniques et financières dues à ce fléau...

La rigidité diélectrique des isolateurs est élevée si leurs surfaces sont propres et sèches, cette rigidité diminue si la surface est polluée. L'humidification de ces dépôts polluants engendre, dès la mise sous tension, la naissance d'un faible courant de fuite. Ce dernier circule le long des zones de résistivités différentes et modifie la répartition du potentiel entre les électrodes. La décharge électrique peut s'amorcer, si le champ électrique local atteint un certain seuil. Sous certaines conditions, cette décharge peut s'allonger sur la surface de l'isolateur menant au court-circuit de l'électrode haute tension et la masse; c'est le phénomène de contournement, dont les conséquences vont de la détérioration de la surface de l'isolateur à la mise hors service de la ligne haute tension. Une des caractéristiques principales d'un isolateur haute tension sera donc sa tenue au contournement en fonction de l'environnement dans lequel il est placé [1].

Devant ce phénomène contraignant pour le transport de l'énergie électrique et afin d'y faire face et minimiser au maximum les incidents dus à la pollution, plusieurs travaux de recherche ont été entrepris et continuent à l'être à ce jour à travers un grand nombre de laboratoires de recherche aussi bien à l'échelle nationale [1-12] qu'internationale [13,14]. Pour cela, la SONELGAZ et par le biais d'une de ses filiales, le CREDEG (Centre de Recherche et Développement de l'Electricité et de Gaz) a décidé d'entreprendre, en étroite collaboration avec des chercheurs nationaux, un travail de recherche portant sur le phénomène de la pollution des isolateurs de haute tension en Algérie [10-12,16-18], dont notre travail constitue en fait une partie.

L'objectif principal de notre travail est la contribution à l'étude du phénomène de pollution des isolateurs et l'influence du climat sur l'apparition des incidents dans les lignes HT des régions électriques Centre et Ouest.

Afin de déterminer l'impact de la pollution et le climat sur le comportement des isolateurs haute tension, ainsi que la sévérité des sites du point de vue de la pollution, l'étude a été divisée en quatre chapitres:

Le premier chapitre présente des généralités traitant les isolateurs de haute tension, leurs caractéristiques, leurs différents types ainsi que les matériaux utilisés dans leur fabrication. Ce premier chapitre traite aussi le phénomène de la pollution en générale et ses conséquences néfastes sur le comportement des isolateurs.

Dans le deuxième chapitre, nous décrivons le réseau de transport d'énergie électrique en Algérie et plus particulièrement dans les deux régions électriques d'Alger et d'Oran, les sources de pollution les plus importantes auxquelles les lignes sont exposées dans chaque région et enfin, les caractéristiques climatiques de chaque région (pluviométrie, température, humidité...etc.).

Une analyse détaillée des incidents survenus sur le réseau de transport d'énergie électrique en haute tension (220 kV et 60 kV) des régions électriques centre et ouest (région d'Alger et région d'Oran), dus au problème de la pollution des isolateurs durant la période 1998 - 2008, est présentée dans le troisième chapitre. En effet, cette analyse définit les saisons et même les périodes du jour où ce problème –la pollution– est beaucoup plus probable d'apparaître. Nous donnons ainsi les répartitions d'incidents par saison, par mois et par plage horaire pour chaque année entre 1998 et 2008 pour les comparer avec les variations des paramètres météorologiques au chapitre suivant.

Le quatrième chapitre est le fruit des chapitres précédents, où nous étudions l'influence des conditions climatologiques (pluie, température,...) sur le nombre des incidents ainsi que leur répartition annuelle dans des régions bien particulières. Nous commençons par la classification des zones en fonction de la sévérité de pollution présente dans ces zones. Dans le but d'avoir la corrélation qui pourrait exister entre les paramètres climatiques et l'apparition des incidents, nous nous sommes basé sur toute la période 2000-2008, en considérant les paramètres climatiques séparément. On termine ce chapitre par des observations et des constatations ainsi que des recommandations pour diminuer le nombre d'incidents dans le réseau électrique.

Enfin, une conclusion générale termine notre travail.



---

## **Chapitre I**

# **Impact de la pollution sur le comportement des isolateurs de haute tension**

---

## I.1. Introduction

Le transport de l'énergie électrique nécessite, pour des raisons techniques et économiques l'utilisation d'un réseau électrique de tensions élevées (lignes HT et THT). Ceci requiert une conception et réalisation de produits, appareils et systèmes aptes à générer et supporter des champs électriques intenses : leur dimensionnement doit par conséquent être soigneusement étudié.

Dans le cas des lignes de transport d'énergie, les isolateurs séparent les pièces sous tensions, par des distances adaptées assurant une bonne rigidité du système. Cependant, la pollution de ces derniers a pour effet de réduire la rigidité des isolateurs, ce qui fausse le dimensionnement, et peut conduire à un contournement.

Dans cette partie, nous rappellerons quelques définitions spécifiques à ce domaine, puis présenterons les différents types d'isolations dans les réseaux électriques. Nous nous intéresserons, en particulier, aux isolateurs haute tension, ainsi qu'à leur constitution et fonctionnement.

## I.2. GENERALITES

### **I.2.1. Définitions**

- On appelle « *isolement* » d'un ouvrage ou d'un appareil électrique, son aptitude à supporter la tension, ou plus généralement, les contraintes électriques qui lui sont appliquées.

- On appelle « *isolation* » l'élément matériel ou l'ensemble des dispositifs constructifs qui assurent cet isolement.

**-Décharge disruptive :** Phénomène associé à une défaillance de l'isolation sous l'effet de la contrainte électrique, avec chute de la tension et passage d'un courant (une décharge disruptive dans un diélectrique solide entraîne une perte permanente de la rigidité diélectrique) [1].

Dans la pratique on distingue plusieurs types de *rupture diélectrique* [2]:

**a.L'amorçage :** Lorsque la disruption a lieu dans un gaz séparant deux électrodes métalliques (éclateur à tige) ;

**b.Le contournement:** Représenté par une décharge disruptive le long de la surface de séparation séparant un diélectrique solide et un gaz;

**c.Le claquage:** Lorsque la rupture diélectrique s'est produite dans la masse d'un isolant solide, liquide ou composite (huile, papier dans l'huile, polythène ...), ce terme est quelque fois utilisé dans le langage courant dans le cas de l'air.

**-Tension de tenue :** C'est le niveau de tension le plus haut, que peut supporter une isolation sans provoquer de décharge disruptive ou contournement dans le cas des isolateurs [3].

**-Courant de fuite :** C'est un courant de faible amplitude circulant à travers la couche polluante

humectée le long de la surface isolante. Il est de type électrolytique et peut être un courant résistif pour une isolation totalement polluée ou un courant capacitif dans le cas d'une isolation parfaitement propre [4].

**-Courant de fuite critique :** C'est le courant minimal nécessaire pour provoquer un contournement par pollution sur un isolateur à une tension donnée. Il est indépendant du procédé d'essai ainsi que de la forme de l'isolateur. Le seul facteur dont dépend ce courant sous une tension donnée est la ligne de fuite, c'est-à-dire la contrainte spécifique exprimée en kV/cm [5].

**-Ligne de fuite :** La plus courte distance ou sommes des plus courtes distances suivant les contours des surfaces extérieures des parties isolantes entre les parties qui sont normalement soumises à la tension de service [1].

**-Longueur critique de l'arc :** C'est la longueur limite  $X_C$  de l'arc partiel au-delà de laquelle l'arc conduira au contournement total [6].

**-Conductance superficielle :** La conductance superficielle est le rapport du courant de fuite (à fréquence industrielle) circulant à la surface de l'isolateur sur la tension appliquée. Elle caractérise l'état global de la surface isolante [6].

**-Tension de contournement :** La tension de contournement est le niveau de tension le plus bas à partir duquel tous les arcs joignent les deux électrodes. Elle dépend [7] :

- de la résistivité volumique moyenne de la pollution,
- de la répartition de la couche de pollution,
- du profil et des dimensions de l'isolateur.

**-Contrainte de contournement :** La contrainte de contournement d'isolateur est le rapport de la tension de contournement à la longueur totale de l'isolateur [7].

## I.2.2. Isolations dans les réseaux électriques

Parmi les isolations qui sont utilisées dans les réseaux électriques, on distingue les *isolations externes* des lignes et postes, et les *isolations internes* des appareils de postes. Ces dernières sont en général constituées par de l'huile ou du papier dans l'huile (transformateurs) par de l'air comprimé ou par de l'hexafluorure de soufre ( $SF_6$ ) (chambres de coupure des disjoncteurs, postes blindés hermétiques).

Les isolations externes sont essentiellement constituées par les distances dans l'air (pièces sous tension entre elles ou par rapport à la terre) et par les lignes de fuite le long des supports de l'appareillage, des traversées de transformateurs, des chaînes d'isolateurs. Ces isolations sont en porcelaine ou en verre trempé, mais il existe actuellement une tendance à utiliser des résines synthétiques [4].

### I.2.2.1. Types d'isolations

Elles peuvent être classées en isolations auto régénératrices et en isolations non auto-régénératrices [4]. Les premières peuvent être remises sous tension immédiatement après un amorçage ou un contournement qu'elles ont subi sans dommage, les secondes nécessitent une intervention qui immobilise plus ou moins longtemps l'appareil touché, lequel peut être mis définitivement hors d'usage. Il se trouve, qu'en pratique, les isolations internes sont généralement auto régénératrices et les isolations externes non auto régénératrices.

### **I.3. LES ISOLATEURS DE HAUTE TENSION**

Les isolateurs entrent pour un faible pourcentage dans le prix d'une ligne aérienne, mais ils sont un élément essentiel. Leur rôle est de relier les conducteurs sous tension aux supports et d'assurer l'isolement électrique entre ces deux parties constitutives de la ligne [1].

#### **I.3.1. Définition**

L'isolateur est un matériau isolant solide qui présente une très grande résistance au passage du courant et dont la conductivité est pratiquement nulle. Il est utilisé pour isoler les conducteurs ou les pièces sous tension afin d'empêcher les court circuits, les pertes de courant et les charges d'électrocution [2].

#### **I.3.2. Fonctionnement et constitution d'un isolateur [13]**

Les isolateurs sont des composants indispensables au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Leur fonction est de réaliser une liaison mécanique entre des conducteurs portés à des potentiels différents accrochés aux pylônes des lignes aériennes, ils maintiennent les conducteurs dans la position spécifiée (*isolateurs d'alignement et d'ancrage*), ils permettent de raccorder les matériels électriques au réseau (*traversées de transformateur, extrémités de câbles*), ils constituent, également, l'enveloppe de certains appareils (*disjoncteurs, parafoudres, réducteurs de mesure*).

Les isolateurs sont conçus et dimensionnés pour résister aux contraintes prévisibles introduites par l'environnement.

Un isolateur est constitué en général de deux parties : une partie isolante et des pièces métalliques de liaison, scellées sur cette partie isolante.

##### **I.3.2.1. Isolants**

Jusqu'aux années quatre-vingt, seuls le verre et la céramique ont justifié d'un bon comportement en exploitation, bien que ces deux matériaux soient des matériaux fragiles.

**-Céramiques :** Elles sont actuellement utilisées pour les isolateurs à haute tension et correspondent à des formules voisines, soit de  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  (porcelaine traditionnelle), soit de  $Al_2O_3$ ,  $5 SiO_2$  (stéatite).

Certaines céramiques à grains très fins sont recommandées pour des isolateurs devant supporter des efforts mécaniques élevés.

**-Verres :** Deux types sont utilisés : le verre recuit et le verre trempé.

-Le **verre recuit** a surtout été utilisé pour faire des isolateurs rigides, mais on s'est aperçu que les isolateurs un peu épais ne résistaient pas aux variations brusques de température. De plus, le verre recuit ne supporte que des tensions mécaniques relativement faibles, ce qui interdit son emploi pour les isolateurs de suspension.

-Le **verre trempé** est obtenu par réchauffage de l'isolant retiré du moule à une température d'environ 700 °C, puis refroidi par des jets d'air sous pression. Le verre trempé présente une contrainte mécanique en traction environ 5 à 6 fois plus grande que celle du verre recuit et peut supporter des variations brusques de température pouvant atteindre 100 °C.

**-Matériaux synthétiques :** Ces isolateurs, dits **composites**, sont constitués d'une âme réalisée en fibre de verre imprégnée de résine, donnant à l'isolateur sa tenue mécanique, et d'une enveloppe en matériaux synthétiques isolants. Les revêtements ayant un comportement satisfaisant sous contraintes électriques sont certaines résines cycloaliphatiques (chargées au trihydrate d'alumine), des caoutchoucs synthétiques (silicones ou EPDM : éthylpropyldimonomère) ou des polytétrafluoroéthylènes (*Téflon*). Ces revêtements évitent tout cheminement carboné en surface sous l'effet de contraintes électriques mais sont soumis à une érosion superficielle plus ou moins rapide selon leur constitution.

### **I.3.2.2. Pièces métalliques de liaison**

Les parties isolantes constitutives de l'isolateur sont reliées entre elles ou au support par des pièces métalliques (figure I.1), réalisées par des différents métaux qui doivent répondre aux contraintes mécaniques et thermiques appliquées à l'isolateur au cours de son exploitation.

Les principaux **métaux ou alliages** utilisés sont :

*-les fontes malléables*, permettant de réaliser des pièces minces et de forme compliquée, par exemple les capots d'isolateurs ;

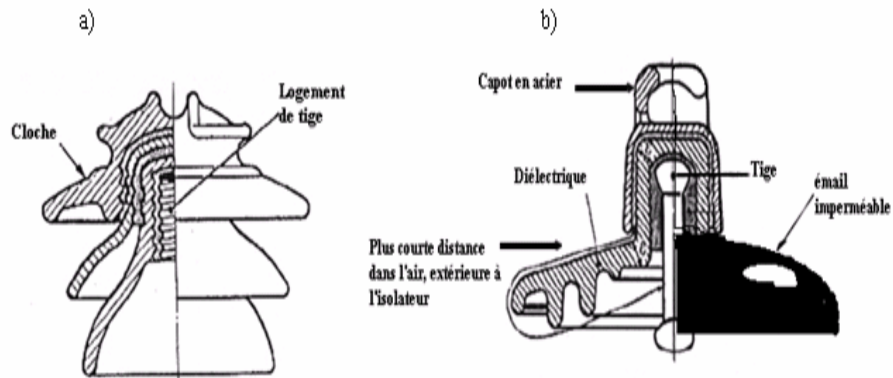
*-les aciers au carbone*, employés pour la réalisation des pièces forgées, en particulier les tiges d'isolateurs ;

*-les alliages d'aluminium* et les *alliages de cuivre* et de *bronze d'aluminium*, permettant de fabriquer certains capots;

*-les alliages de zinc* du type *Z-A4G*, qui, compte tenu de leur température de fusion, permettent de couler directement les capots sur les diélectriques des isolateurs de faible résistance mécanique.

La liaison entre pièces métalliques et partie isolante est réalisée à l'aide d'un **scellement** qui peut être fait au mortier de ciment Portland ou alumineux. Des alliages de plomb-antimoine, des mélanges de soufre et de poudre céramique sont également utilisés.

De la qualité du scellement et des différents assemblages dépendent, en grande partie, la sécurité d'exploitation et la durée de vie de l'isolateur.



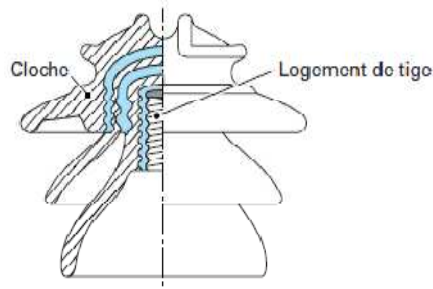
a .Vue en coupe d'un isolateur rigide à 69 kV .Tension de tenue aux ondes de choc : 270 kV ; tension de rupture à 60 Hz par temps humide : 125 kV (gracieuseté de Canadien Ohio Brass Company Ltd).

b .Vue en coupe d'un élément d'isolateur à chaîne .Diamètre :254 mm ; tension de tenue aux ondes de choc :125 kV ; tension de rupture à 60 Hz par temps humide :50 kV.

**Figure I.1 (a,b) :** Vue en coupe des deux types d'isolateur [5].

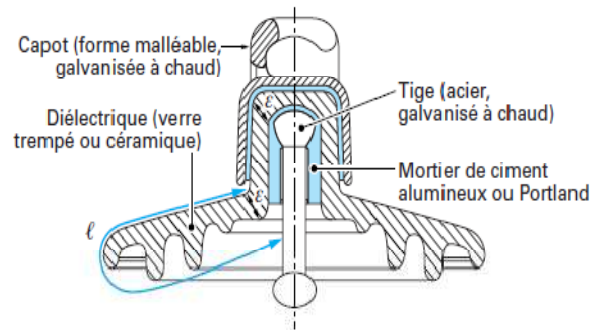
### I.3.3. Principaux types d'isolateurs [13]

**I.3.3.1. Isolateurs de type rigide :** Un isolateur rigide (figure I.2) est relié au support par une ferrure fixe. Tous les isolateurs rigides normalisés sont livrés avec une douille scellée de telle façon qu'ils puissent être vissés directement sur les ferrures correspondantes. La céramique et le verre sont les deux matériaux utilisés pour les isolateurs rigides.



**Figure I.2 :** Isolateur rigide en verre

**I.3.3.2. Isolateurs à capot et tige :** L'isolateur à capot et tige (figure I.3) est constitué d'un bloc isolant portant à sa partie supérieure un capot scellé en fonte malléable et à l'intérieur une tige en acier, avec cannelures et dont la tête conique est également scellée dans le verre ou la porcelaine. L'extrémité inférieure de cette tige est arrondie et a les dimensions voulues pour pénétrer dans le capot de l'élément suivant, et y être maintenue par une goupille. L'assemblage consiste à effectuer un scellement du capot et du diélectrique par du ciment, puis celui de la tige et du diélectrique.



$l$  : plus courte distance dans l'air, extérieure à l'isolateur

$\varepsilon$  : longueur du canal de perforation,  $\varepsilon \ll l / 2$

**Figure I.3:** Isolateur à capot et tige

Il existe plusieurs profils d'isolateurs à capot et tige, et ceci pour un meilleur fonctionnement selon les contraintes naturelles du site :

**a-Profil standard :** La forme et les dimensions sont en accord avec la normalisation internationale (CEI 305 1978), à cause de leur planéité, les rainures internes bien espacées et la longueur de la ligne de fuite supérieure à la demande standard. Ce type est très utilisé dans les endroits à pollution moyenne.



**Figure I.3.a :** Isolateur à capot et tige de profil standard.

**b-Profil antibrouillard (forme A) :** Son diamètre est plus grand que celui du profil standard. Il est muni de deux ou trois rainures à grande profondeur. Le profil et les grands espacements des rainures permettent un auto-lavage par l'action de vent et de la pluie. Cette conception permet également un lavage manuel facile si c'est nécessaire.



**Figure I.3.b** : Isolateur à capot et tige de profil antibrouillard (forme A)

**c-Profil antibrouillard (forme B)** : Dans cette conception, l'épaisseur de la rainure extérieure agit comme une barrière contre l'action du brouillard et de dépôt des sels minéraux sur la surface de l'isolateur, empêchant alors la formation d'un électrolyte conducteur sur la surface. Ce type d'isolateur est efficace dans les zones côtières.



**Figure I.3.c** : Isolateur à capot et tige de profil antibrouillard (forme B)

**d-Profil plat** : L'élimination complète des rainures internes réduit l'accumulation des agents polluants sur la surface basse, grâce au courant d'air, cette conception est particulièrement efficace dans les zones désertiques où l'auto lavage est peu fréquent par la pluie.



**Figure I.3.d** : Un isolateur à capot et tige de profil plat.

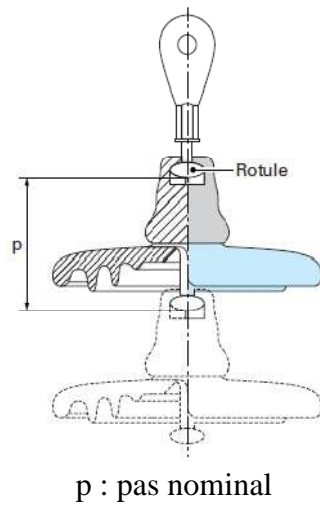
**e-Profil sphérique** : La forme sphérique d'une longueur de fuite importante avec absence des rainures internes permet un lavage manuel facile et efficace.



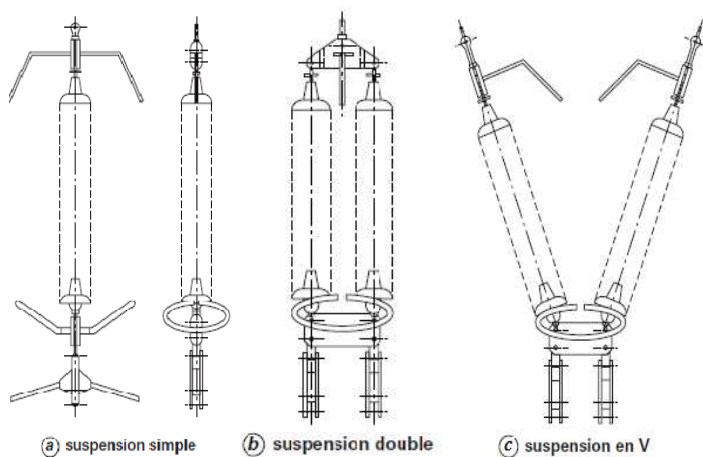


**Figure I.3.e** : Isolateur à capot et tige de profil sphérique.

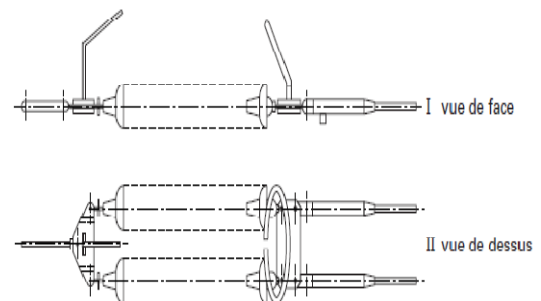
**I.3.3.3. Chaîne d'isolateurs** : Une chaîne d'isolateurs (figure I.4) est constituée de plusieurs éléments de type capot et tige ou autres. Ces éléments sont soumis principalement à des efforts de traction. Ils sont généralement utilisés en suspension et forment des chaînes d'isolateurs soit verticales (alignement) (figure I.4.a), soit horizontale (ancrage) (figure I.4.b).



**Figure I.4** : Chaîne d'isolateurs: assemblage à rotule



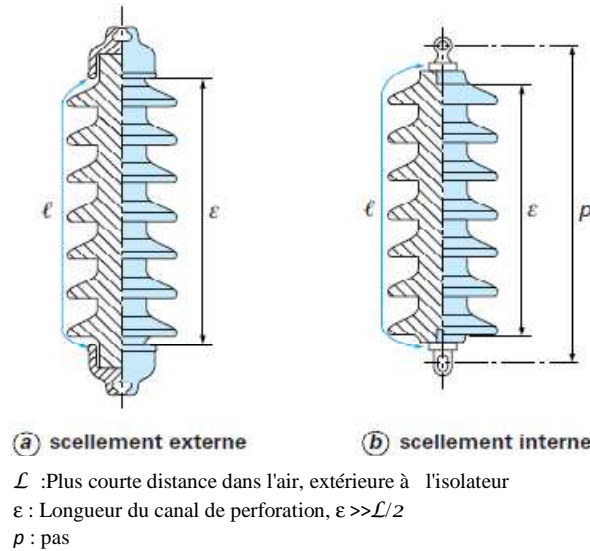
**Figure I.4.a** : Chaînes de suspension



**Figure I.4.b** : Chaînes d'encrage

**I.3.3.4. Isolateur à long fût en porcelaine** : (figure I.5) Ils sont constitués d'un cylindre plein en céramique, en porcelaine ou en matériaux synthétiques, muni d'ailettes. A chaque extrémité est

fixée une pièce métallique de liaison ; celle-ci peut être enveloppante en forme de capot scellé autour des extrémités tronconiques prévues sur le cylindre, ou bien en forme de tige scellée dans une cavité prévue à cet effet. De tels isolateurs peuvent être utilisés unitairement ou en série de plusieurs éléments en fonction de leur longueur et du niveau d'isolement requis.



**Figure I.5** : Isolateur à long fût en porcelaine.

### I.3.4.Choix des isolateurs [13]

Bien que le prix de pose des isolateurs dans une ligne aérienne ne représente qu'un prix modeste par rapport aux prix de pose de la ligne, ce sont des éléments essentiels qui assurent la sécurité d'exploitation.

Les isolateurs les mieux adaptés à un environnement donné sont ceux qui retiennent le taux de dépôts polluants le moins élevé c'est-à-dire les isolateurs qui possèdent les meilleures propriétés d'auto nettoyage. Ainsi, la forme et le profil des isolateurs apparaissent désormais comme un critère de choix pour la sélection des isolateurs sous pollution.

L'isolateur est soumis à plusieurs contraintes électriques et mécaniques bien définies selon les caractéristiques intrinsèques de la ligne et qui peuvent devenir très élevées pour des conditions d'ambiance particulière.

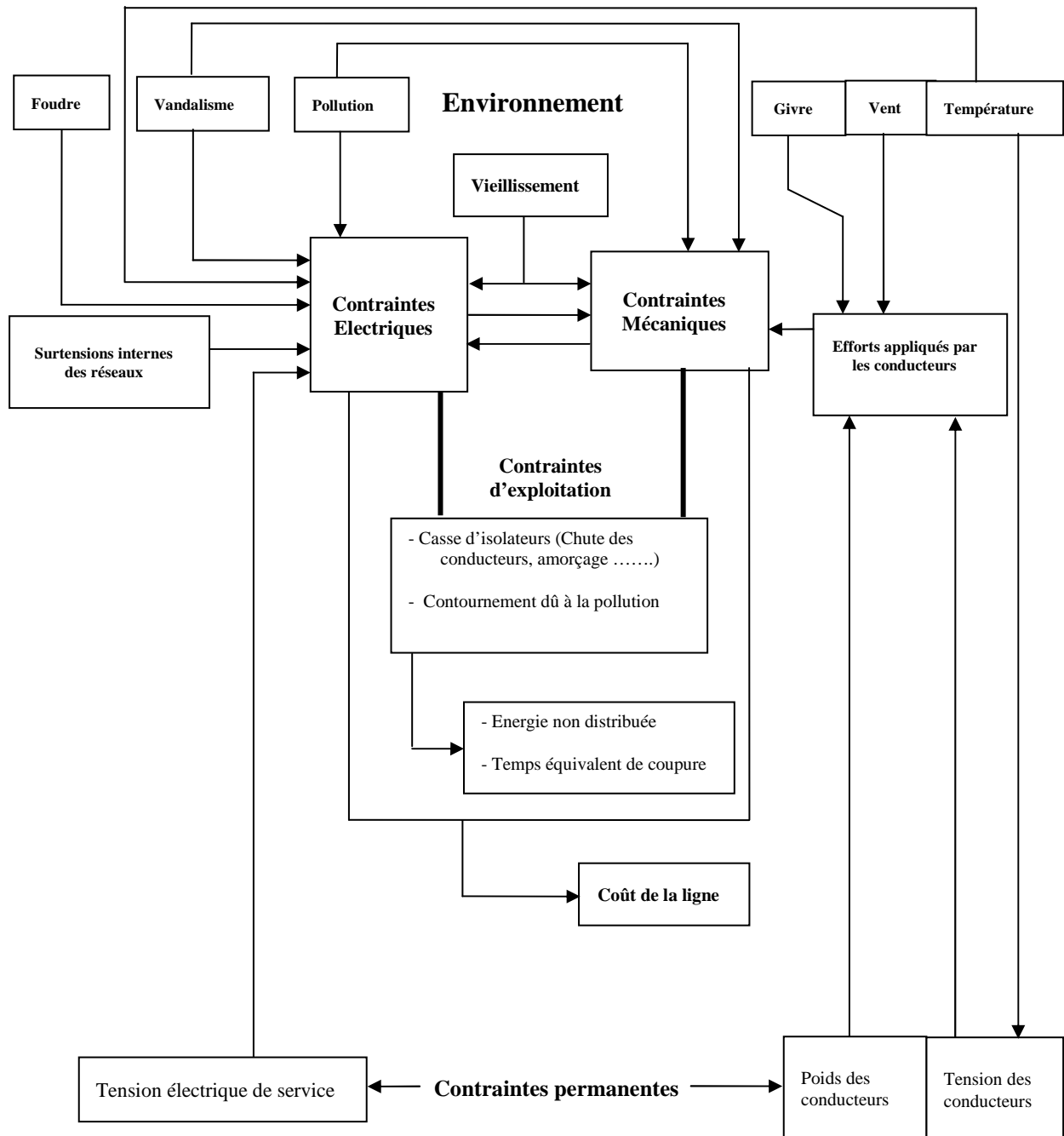
C'est d'ailleurs la connaissance des contraintes accidentelles qui permet de choisir le matériel le plus adapté (Figure I.6) [9].

On choisit les isolateurs :

- en fonction de la tension de service de la ligne ;
- en fonction des efforts mécaniques auxquels ils sont soumis (poids des conducteurs et du givre, action du vent, tension mécanique des conducteurs éventuellement) ;
- en ce qui concerne leur nature (rigides ou suspendus), en fonction du prix de revient de la ligne et de son importance ;
- en fonction de la sévérité de pollution du site.

Les études effectuées [9] montrent que le facteur prédominant pour la tenue sous pollution est la ligne de fuite  $L_f$  de l'isolateur. Les isolateurs le plus couramment utilisés ont un rapport :  $2 < L_f/p < 2,5$  avec  $p$ : pas.

Le choix des isolateurs se fait donc à partir de la **ligne de fuite spécifique** (rapport de la ligne de fuite (en mm) à la tension efficace entre phases (en kV)) dépendant des conditions de pollution (publication CEI 60815).



**Figure I.6 :** Critères de choix des isolateurs selon les conditions d'environnement [10].

## **I.4. LE PHENOMENE DE LA POLLUTION**

La pollution des isolateurs est l'une des contraintes les plus importantes, dont il faut tenir compte dans l'exploitation des lignes de haute tension.

En effet la pollution qui recouvre les surfaces isolantes diminue considérablement la tension de tenue des isolateurs, et conduit dans des cas critiques au contournement des isolateurs, ce qui constitue la situation la plus grave, provoquant la mise hors service de la ligne.

Pour obtenir un dimensionnement convenable de l'isolation, il est nécessaire de connaître les mécanismes conduisant au contournement des isolateurs.

### **I.4.1. Origine, création et répartition de la pollution**

L'écoulement d'air dans l'environnement transporte les particules de la poussière dans les régions désertiques ou les sels au niveau des régions en bord de la mer, cela en présence des isolateurs, engendre la formation d'une couche polluante de poussière et/ou de sel. Ses particules se déposent sur la surface de l'isolateur, la répartition de la couche de pollution dépend de plusieurs facteurs: forme de l'isolateur utilisé dans l'isolement, hauteur et la disposition (horizontale ou verticale) des chaînes d'isolateurs par rapport au sol et du niveau de tension appliquée, et par conséquent, l'interaction de ces facteurs rend la répartition de la couche polluante non uniforme sur la surface de l'isolateur, cette non uniformité augmente par l'augmentation de la longueur de la chaîne d'isolateurs. En générale, la grande concentration des dépôts polluants est sur les éléments de la chaîne d'isolateurs proche du conducteur de haute tension et sur les éléments mieux protégés contre les facteurs d'auto-nettoyage (vent fort, pluie forte) [4].

### **I.4.2. Sources de la pollution**

Les principales sources de pollution peuvent être classées en trois types : naturelle, industrielle, et pollution mixte [5].

#### ***I.4.2.1. Pollution naturelle***

Ce type de pollution provient :

- Des dépôts de sel marin dans les régions côtières ou agricoles.
- Des dépôts de poussière dans les régions désertiques.

#### ***a-Pollution marine***

Ce type est rencontré dans les régions littorales. Les embruns portés par le vent se déposent progressivement, et par suite, une couche de sel recouvre l'isolateur et sous l'effet de l'humidification ou la condensation, la couche devient conductrice. Le passage d'un courant de fuite superficiel et les arcs électriques qui s'établissent le long de la ligne de fuite peuvent mener jusqu'au contournement totale de la chaîne d'isolateurs.

### ***b-Pollution désertique***

Dans les régions désertiques, et à cause du vent qui provoque les tempêtes de sable porteuses des particules de poussière plus ou moins conductrice, une couche polluante se forme progressivement sur la surface des isolateurs des lignes de haute tension.

#### ***IV.2.2.Pollution industrielle***

Au voisinage des zones de grandes industries et les grandes villes, la pollution est engendrée par les fumées et les poussières des usines (raffinerie, cimenterie, minerais ... etc.) ou les gaz d'échappement des véhicules .La présence d'éléments conducteurs et des sels qui forment les dépôts observés à la surface des isolateurs, engendrent, en présence de l'humidité, la circulation d'un courant de fuite plus ou moins fort selon les concentrations des agents polluants.

#### ***I.4.2.3. Pollution mixte***

Ce type de pollution est en fait le plus fréquent et le plus sévère pour l'exploitation des ouvrages électriques; c'est le résultat de l'existence de différents types de pollution dans la même région, l'exemple des zones industrielles situées dans des régions littorales.

### **I.4.3. Conséquence de la pollution**

Généralement la couche de pollution n'est conductrice que si elle est humidifiée ; la conductivité de la couche électrolytique résultante dépend du taux de l'humidité et la composition chimique des dépôts polluant. Cette couche conductrice devient le siège d'un courant superficiel de conduction. La répartition du potentiel, le long de la ligne de fuite, est modifiée, lorsque la tension de rupture diélectrique de l'aire est atteinte entre deux points de la surface isolante, un arc électrique s'amorce et court-circuite une partie de la ligne de fuite. Trois cas peuvent se présenter [1] :

#### ***a. Arc non localisé***

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorce aléatoirement à un autre endroit et ainsi de suite .Il y a apparition d'un courant de fuite intermittent entraînant une perte d'énergie relativement faible et généralement supportable par l'installation.

#### ***b. Arc permanent***

L'arc électrique se fixe à la surface, soit en s'y maintenant (courant continu), soit en se réamorçant au même endroit (courant alternatif). Cet arc peut entraîner, par effet thermique, une dégradation du support isolant nécessitant le remplacement de l'élément défaillant.

#### ***c. Contournement des isolateurs***

Le contournement d'une surface polluée et humidifiée est le résultat d'une évolution de quatre phases principales, montrées à la figure I.7 pour le cas simple d'une plaque plane rectangulaire avec deux électrodes [4]:

- La première phase, le courant de fuite s'écoule à travers l'électrolyte qui recouvre l'isolant .Il provoque un échauffement de l'électrolyte qui a pour effet d'accroître la conductivité du milieu et par suite le courant ;
- L'échauffement croissant par effet joule créé par le courant de fuite, provoque un assèchement de la couche polluante. La zone sèche formée a tendance à s'étendre latéralement jusqu'à l'interruption complète du courant ;
- La tension appliquée se trouve pratiquement totalement reportée aux « bornes » de la zone sèche et des arcs locaux sont susceptibles d'apparaître .Au voisinage de la tête d'un arc local la constriction des lignes de courant conduit à un élargissement de la zone sèche ;
- A partir de ce stade, l'évolution de la décharge peut se faire de différentes façons : l'arc local peut s'éteindre, ou bien il peut se déplacer latéralement pour retrouver une position plus stable correspondant à une plus faible longueur d'arc, ou encore, il peut s'allonger jusqu'à atteindre l'électrode et provoquer ainsi le contournement. Dans ce cas, l'allongement de l'arc se fait à la surface électrolytique sans formation de zone sèche ;

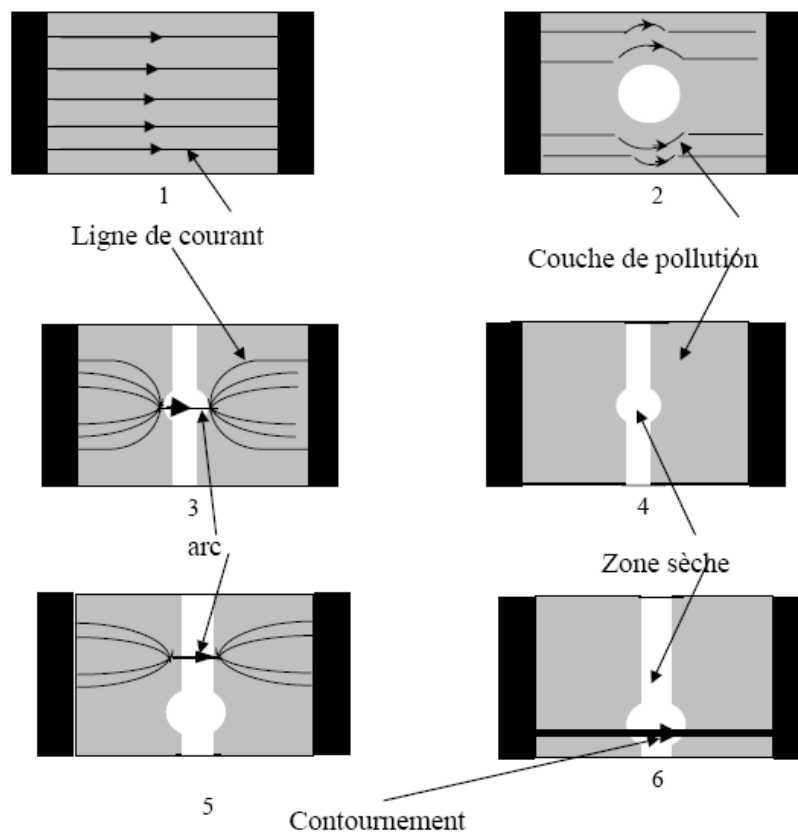


Fig .I.7 : Etapes du contournement d'une couche de pollution [8].

#### I.4.4. La sévérité de pollution

Le choix des isolateurs à installer dans un site ne peut se faire que si la sévérité de pollution de ce site est connue. En effet, la mesure de cette sévérité est indispensable afin de

dimensionner convenablement les isolateurs du réseau pour assurer un service continu et sans défaillance dans un site donné [5].

La sévérité est caractérisée par le degré de précipitation des dépôts polluants et leur conductivité [14]. L'évaluation de la sévérité de pollution est basée généralement, soit sur la détermination expérimentale de la conductance superficielle de la couche polluante, soit sur le signal du courant de fuite (forme, amplitude, nombre de pics et déphasage par rapport à la tension appliquée).

Le niveau de sévérité de la pollution est déterminé à partir de la salinité équivalente, en d'autre terme l'ESDD (Equivalent Salt Deposit Density) dont la méthode de détermination est expliquée dans les sections suivantes. Selon cette salinité, la sévérité de pollution est répartie en quatre classes [10].

#### **I.4.4.1. Les classes de sévérité de pollution**

Pour définir l'isolement des lignes de transport et d'établir la corrélation entre la salinité et les niveaux de pollution naturelle, quatre classes de sévérité ont été définie [1] :

- *Classe 1 :*

C'est la classe de pollution faible, qui est généralement d'une source naturelle (sauf la pollution marine) ou industrielle (mais une faible industrie). Dans les régions agricoles ou montagneuses où la densité d'habitation est faible et qui sont situés loin de la mer ou à une altitude élevée, les installations électriques externes sont soumis à une légère pollution et par conséquent, un isolement normal est suffisant. La salinité équivalente maximale retenue pour cette classe est de 2.5g/l.

- *Classe 2 :*

Une pollution moyenne est considérée comme une pollution de classe 2. Elle peut être d'une source naturelle ou industrielle légère. Les zones exposées à une telle classe sont les zones de densité d'habitation moyenne et avec des industries non polluantes et situées loin de la mer .Pour ces zones l'isolement doit être renforcé .La salinité équivalente maximale admissible est de 10g/l.

- *Classe 3 :*

Pour cette classe, le degré de pollution est important, on parle donc des régions où il y a en même temps, une pollution marine et industrielle comme les grandes villes, les zones industrielles ou les zones littorales où les ouvrages sont soumis directement aux embruns salins . Un isolement normal n'est plus convenable pour cette classe alors qu'un isolement important est nécessaire .La salinité équivalente maximale est de 80g/l.

- *Classe 4 :*

Il s'agit du niveau de pollution le plus grave, car la pollution est naturelle, industrielle ou mixte. Une telle pollution est caractéristique des zones de très grande activité industrielle qui engendre des fumées et des poussières conductrices produisant des dépôts polluant et des

régions côtières soumises fréquemment aux vents marins très forts et très polluants. L'isolement pour ces zones doit être important. Pour cette classe, la salinité équivalente est de 160g/l.

Selon la CEI 6081-5, les degrés de la pollution sont classés en quatre niveaux : faible, moyenne, forte et très forte.

Faible (0.06 mm/cm <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zones sans industries et avec faible densité d'habitation ;</li> <li>- zones avec faible densité d'industries ou habitation mais soumise fréquemment aux vents et/ou pluies ;</li> <li>- régions agricoles ;</li> <li>- régions montagneuses.</li> </ul>
Moyenne (0.20 mm/cm <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zones avec industries ne produisant pas de fumées polluantes avec une densité moyenne d'habitation ;</li> <li>- zones à forte densité d'habitation et/ou d'industries mais soumises fréquemment à des chutes de pluies ;</li> <li>- zones exposées aux vents de mer, mais trop proches de la cote.</li> </ul>
Forte (0.60 mm/cm <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zones avec forte densité d'industries et banlieues de grandes villes avec forte densité d'installation de chauffage polluante ;</li> <li>- zones situées près de la mer, ou exposées à des vents relativement forts venant de la mer.</li> </ul>
Très forte (>0.60 mm/cm <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zones soumises à des fumées industrielles produisant des poussières conductrices ;</li> <li>- zones très proches de la cote et exposées aux embruns ou au vent fort et polluant venant de la mer ;</li> <li>- zones désertiques caractérisées par de longues périodes sans pluie, exposées aux vents forts transportant de sable et du sel soumis à une condensation régulière.</li> </ul>

**Tableau I.1** : Classement de degré de pollution selon CEI 60 81-5 [14].

#### **I.4.4.2. Mesure du degré de la pollution d'un site [5]**

Dans ce qui suit, nous passerons en revue différentes méthodes de mesure largement employées, basées sur des théories et des données expérimentales, dont certaines sont encore controversées. Dans ce cas, les principales méthodes qui ont été proposées pour mesurer la sévérité d'un site sont :

##### **I.4.4.2.1. Densité du dépôt de sel équivalent (DDSE)**

La DDSE est le dépôt équivalent exprimé en mg de sel par cm<sup>2</sup> de la surface d'un isolateur, qui a une conductivité électrique égale à celle du dépôt réel lorsqu'il est dissous dans la même quantité d'eau.

Des échantillons de pollution sont prélevés à la surface de l'isolateur ou d'autres collecteurs. Le dépôt est récupéré par lavage en utilisant un matériau absorbant (coton, mouchoir en papier,...) et de l'eau distillée. A partir de la conductivité de la solution obtenue de la surface utilisée de l'isolateur, du volume d'eau et de sa température, on peut calculer la DDSE.



Pour déterminer la sévérité du site, les mesures doivent être répétées avec une fréquence suffisante pour obtenir les niveaux entre les périodes de lavage naturelle.

Cette méthode permet d'établir une relation avec les méthodes d'essais sous pollution artificielle, ce qui est un avantage à prendre en considération. Elle présente en outre certains inconvénients tels que les fréquences de prélèvements, les fluctuations de l'humidité et l'amorçage des arcs électriques qui ne sont pas pris en compte.

#### **I.4.4.2.2. Conductance superficielle**

La conductance superficielle des isolateurs témoins, installés sur site, est obtenue à partir du rapport du courant électrique qui traverse l'isolateur, à la tension d'alimentation de l'isolateur témoin (tension de service).

La conductivité superficielle est obtenue en multipliant la conductance  $G$  par un facteur de forme de l'isolateur.

Cette méthode est donc un paramètre qui caractérise l'état global de la surface isolante (niveau de pollution et degré d'humidification de la couche), lequel détermine la performance de l'isolateur.

Ainsi, la mesure de la conductance superficielle est une méthode satisfaisante pour évaluer la sévérité de la pollution d'un site. Elle peut être représentative d'un type de site étudié, mais en général elle présente des résultats dispersés

#### **I.4.4.2.3. Mesure optique**

Dans le but de déterminer l'épaisseur de la couche polluante disposée sur la surface de l'isolateur, un dispositif à rayon laser permet à partir de rayons réfléchis (amplitude, décalage de phase, etc.) de calculer la constante diélectrique et l'épaisseur de la couche. La mesure de sévérité de la pollution peut ainsi se faire sans toucher à cette couche.

#### **I.4.4.2.4. Mesure de la pollution de l'air**

Les mesures de la pollution de l'air s'effectuent sur une période de temps donnée et permettent d'évaluer l'intensité et les caractéristiques de la pollution de l'air dans un site.

Les méthodes de mesures adoptées partent du principe qu'en ce qui concerne le phénomène de contournement, une corrélation peut être établie entre l'analyse physico-chimique de l'air d'un site donné et la sévérité de la pollution de ce même site.

#### **I.4.4.2.5. Densité du dépôt non soluble (DDNS)**

Elle correspond à la quantité de dépôts polluants non solubles présents dans une couche de pollution. Elle s'exprime en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

La mesure de la DDNS s'accompagne souvent d'une analyse physico-chimique de la pollution, au terme de laquelle les sources polluantes peuvent être identifiées.

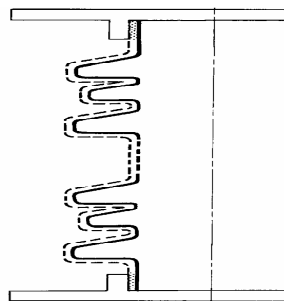
### I.4.5. Techniques de lutte contre la pollution

Plusieurs moyens sont utilisés afin de protéger les lignes contre les incidents lorsqu' ils sont en service .Ces moyens de lutte doivent tenir compte des données propres au site considéré et du changement possible de la sévérité de pollution dû à de nouveaux facteurs (apparition d'une nouvelle usine à proximité d'un poste, ...). Parmi les méthodes les plus utilisées [1, 5,14]:

#### I.4.5.1. Allongement de la ligne de fuite

Elle permet d'adapter le dimensionnement aux nouvelles conditions de pollution. Deux techniques sont employées :

- Le changement de type d'isolateurs (pour allonger la ligne de fuite) c'est une opération très coûteuse et souvent impossible à réaliser en poste;
- L'utilisation de prolongateurs de ligne de fuite en matériaux polymères, qui sont collés sur la surface des isolateurs existants.



**Figure I.8** : Profil d'un isolateur anti-pollution, en pointillé : la ligne de fuite [10].

#### I.4.5.2. Isolateurs plats

L'utilisation d'isolateurs plats (figure I.3.d) conduit à la diminuer la ligne de fuite. En effet, ces isolateurs sans nervures ont la propriété d'accumuler moins de pollution que les isolateurs traditionnels et s'auto-nettoient très bien sous l'effet du vent. Ils sont principalement utilisés dans les régions désertiques où la principale source d'humidification est la condensation, soumis à des tempêtes de sable.

#### I.4.5.3. Graissage périodique

Grâce à ces propriétés hydrophobes, le graissage protège temporairement les isolateurs. La longévité du graissage dépend de l'environnement et de la qualité intrinsèque du produit. Elle est généralement comprise entre un et quatre ans. En plus du coup de l'opération, cette méthode nécessite une interruption de service, ce qui représente un inconvénient majeur.

#### I.4.5.4. Revêtement silicones

Il consiste à appliquer, par pulvérisation ou au pinceau, un caoutchouc silicone qui se vulcanise à température ambiante à la surface des isolateurs .Il protège et améliore leur tenue sous pollution .Par contre, sa longévité est nettement supérieure à celle du graissage.

### **I.4.5.5. Isolateurs composites**

Ils sont constitués d'un noyau en fibres de verre imprégnées d'une résine et d'un revêtement à ailettes de type élastomère .Ces isolateurs présentent l'avantage d'une grande légèreté, une haute résistance mécanique et une propriété hydrophobe .Ils peuvent être utilisés dans les régions où règne une pollution exceptionnelle. Mais, ils présentent l'inconvénient de vieillir sous l'effet des différentes contraintes électrique et mécanique.

### **I.4.5.6. Nettoyage des isolateurs**

Il existe trois types [11]:

- Le nettoyage manuel (essuyage à sec de l'isolateur) ou le lavage hors tension, peuvent être utilisés de façon périodique, en particulier dans les postes, nécessitant des interruptions de service assez longue
- Le lavage sous tension qui permet d'éviter les coupures à l'aide d'installations fixes ou mobiles. Dans ce cas, il est effectué selon des règles strictes concernant la qualité de l'eau de lavage, le processus de lavage et les distances de sécurité à respecter, pour éliminer tout risque de contournement pendant le lavage.
- Le nettoyage à l'aide d'un abrasif pulvérisé sous pression. C'est une technique utilisée dans certains pays (Amérique du nord, en particulier). Cette méthode permet le nettoyage pour des agents polluants très adhérents (ciment) et peut être utilisée pour dégraisser les isolateurs.

## **I.5. LE COMPORTEMENT DES ISOLATEURS SOUS POLLUTION**

Le comportement des isolateurs sous pollution est un facteur essentiel pour la conception et l'exploitation des lignes en zones polluées. Il convient donc de connaître les différents phénomènes de conduction sous pollution.

Lors de la mise en place d'une chaîne d'isolateurs, la longueur de la ligne de fuite de l'ensemble est telle que le champ électrique en chaque point est très inférieur à la rigidité diélectrique de l'atmosphère ambiante. La conductivité superficielle créée par la couche de pollution, modifie la répartition du potentiel de la ligne de fuite, selon les contraintes auxquelles est soumis. Deux résultats peuvent se présenter : décharges partielle ou contournement.

### **I.5.1. Décharge partielle [12]**

Dans le domaine de l'électricité, une décharge partielle (DP) est une décharge qui ne court-circuite que partiellement l'isolement entre conducteurs sous l'effet d'une forte tension (HT ou THT).

#### **I.5.1.1. Mécanisme**

Les décharges partielles prennent naissances dans un défaut d'un diélectrique solide ou dans une bulle au sein d'un liquide diélectrique. Elles peuvent également apparaître à l'interface conducteur-diélectrique.

Les décharges partielles dans un diélectrique ont le plus souvent lieu dans une bulle gazeuse : la permittivité du gaz étant très inférieure à celle du matériau environnant, un champ électrique beaucoup plus important que celui existant sur une distance équivalente au sein de l'isolant apparaît. Si cette tension dépasse la limite de rigidité diélectrique pour le gaz contenu par la bulle, une décharge partielle a lieu.

Une fois amorcée, la décharge va progressivement détériorer l'isolant solide ou liquide, d'abord à la surface de la cavité, puis plus en profondeur, pouvant conduire finalement à un claquage aux bornes du diélectrique et à la destruction de l'installation. Ce phénomène peut être limité lors de la fabrication de l'équipement par sa conception, par la qualité des matériaux utilisés, et par la qualité de la fabrication (absence de bulles). L'absence de décharge partielle peut être vérifiée par des méthodes de détection, aussi bien pendant la fabrication que pendant l'exploitation. La prévention des décharges partielles constitue donc un enjeu capital pour les industries électriques en vue d'assurer un service de qualité sur le long-terme.

### **I.5.1.2. Effets des décharges partielles sur les matériaux isolants**

Les effets des décharges partielles dans installations haute tension comprenant des matériaux isolants solides peuvent être dramatiques, aboutissant à la destruction complète (par explosion) de l'installation. Ces décharges entraînent des dommages irréversibles, aussi bien physiques que mécaniques, des matériaux isolants.

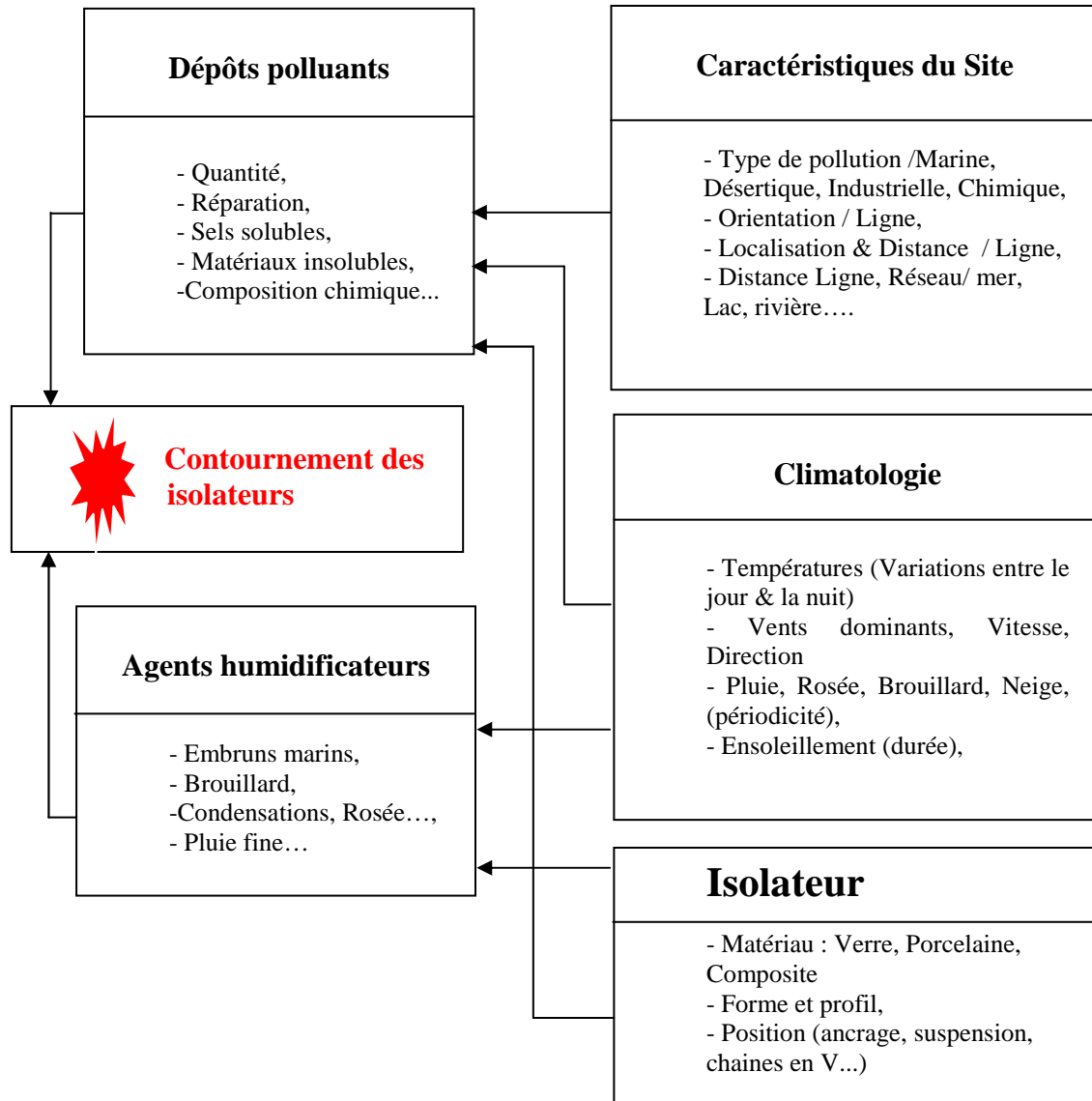
Ces dommages sont causés par l'énergie libérée par les décharges, sous forme d'électrons, d'ions ou d'ultraviolets, par l'apparition d'ozone attaquant les parois des cavités, la libération de gaz sous haute pression et des réactions chimiques qui ont tendance à augmenter la conductivité de l'isolant autour de la cavité, autant de phénomènes qui tendent à accélérer et à étendre la dégradation du matériel.

## **I.5.2. Contournement [12]**

### **I.5.2.1. Définition**

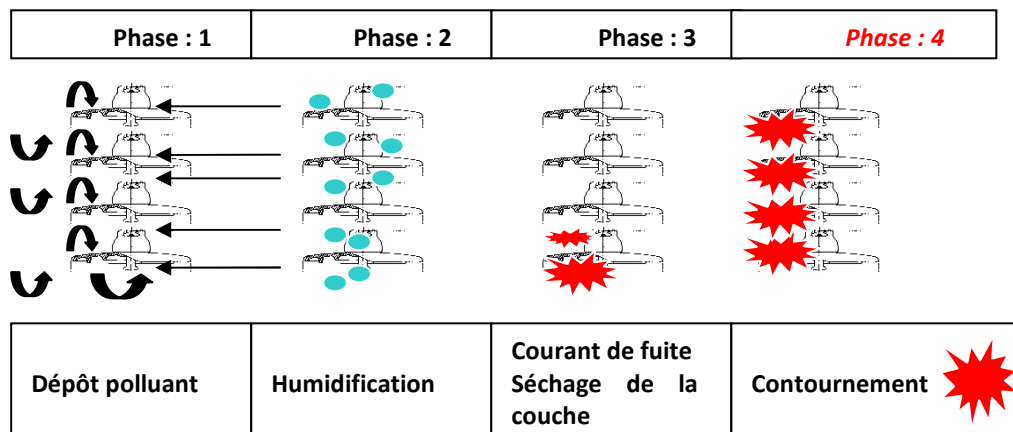
Le contournement est représenté par une décharge disruptive le long d'une surface solide dont la trajectoire contourne cette dernière. Aussi, le terme contournement est employé pour les décharges par amorçage dans l'air.

**I.5.2.2. Mécanisme de contournement des isolateurs sous pollution naturelle**



**Figure I.9 :** Mécanisme de contournement des isolateurs [12]

**I.5.2.3. Processus de contournement des isolateurs pollués en service**



**Figure I.10 :** Processus de contournement des isolateurs en service [12]

## I.6. Conclusion

Les isolateurs entrent pour un pourcentage très modeste dans le prix d'une ligne aérienne moyenne tension. Cependant, ils sont un élément essentiel dont dépend la sécurité d'exploitation, la qualité et la continuité de service.

Les isolateurs les mieux adaptés à un environnement donné sont ceux qui retiennent le taux de dépôts polluants le moins élevé, c'est-à-dire les isolateurs qui possèdent les meilleures propriétés d'auto – nettoyage.

Avant toute réalisation de n'importe quel ouvrage de haute tension, une étude de détermination du degré de pollution du site concerné doit être nécessairement faite, afin de permettre le bon dimensionnement et le bon choix de l'isolation à utiliser. En effet, il est recommandé que cette étude de détermination du degré de pollution soit par une expérimentation aussi longue que possible, par ce que la sévérité de la pollution d'un site peut changer. L'apparition d'une nouvelle usine à proximité d'un poste ou d'une ligne, la construction d'un ouvrage routier voisin ou tout simplement, un événement météorologique exceptionnel peuvent augmenter, durablement ou temporairement, la pollution du site, alors qu'un poste ou une ligne y sont déjà en exploitation. Le dimensionnement initialement correct des isolateurs peut alors devenir insuffisant et il faut pouvoir protéger les installations existantes contre les nouvelles sources de pollution éventuelles.

Plusieurs techniques de lutte contre la pollution sont proposées. Nous citons par exemple le lavage manuel programmé (périodique) des isolateurs, l'allongement de la ligne de fuite totale de la chaîne d'isolateurs en augmentant le nombre d'éléments et l'utilisation des isolateurs composites...

---

## Chapitre II

# Identification des régions électriques centre et ouest

---

## II.1. INTRODUCTION

Dans cette partie, nous décrivons le réseau de transport d'énergie électrique en Algérie et plus particulièrement dans les deux régions électriques d'Alger et d'Oran. Les sources de pollution les plus importantes qui peuvent nuire au bon fonctionnement des isolateurs dans chaque région. Enfin, les caractéristiques climatiques de chaque région.

En premier, nous allons commencer par une identification du réseau électrique dans les deux régions électriques d'Alger et d'Oran, cet identification est faite par une description détaillée des lignes du réseau (niveau de tension de service, longueur de ligne, types d'isolateurs utilisés, pilonne,...).

En suite, nous passons à l'identification des sources de pollution les plus importantes, qui pourraient être les cause des incidents dans la région, sources de pollution **naturelle** (la mer, les milieux salins, les lacs ...), ou **industrielle** (les zones industrielles, les centrales électriques, les cimenteries,...), et d'autre sources (les décharges publiques, le trafic d'automobile, les feux de forêts ...) ainsi que la localisation des lignes 220 kV par rapport aux sources de pollution dans les deux régions.

En fin, nous terminons ce chapitre par une étude climatologique de chaque région, cet étude se base sur les paramètres qui peuvent influencer sur le comportement des isolateurs. Parmi ces paramètres : **pluviométrie, vent, humidité, température, gelée, brouillard ...**

## II.2. LE RESEAU DE TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE EN L'ALGERIE

Le rôle des réseaux de transport d'énergie électrique est d'assurer la liaison entre les grands centres de production et les grandes zones de consommation.

Le réseau de transport d'énergie électrique en Algérie est divisé en cinq (05) régions électriques [15], Géré par la **GRTE (Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité – Filiale SONELGAZ)**. Chaque région contient plusieurs villes comme il est indiqué dans le [Tableau II.1]. Le réseau est constitué de plus de 99% des lignes aériennes. Les niveaux de tension de service utilisés de ces lignes aériennes sont le 220 kV et 60 kV avec la présence de quelques lignes en 90 kV et 150 kV. Récemment il y eu la mise en service des lignes de 400 kV [16].

<b>Région</b>	<b>Villes</b>
Oran [ouest]	<i>Mostaganem – Relizane – Oran – Mascara – A.Témouchent – S.Abbès-Tlemcen – Saida – Tiaret</i>
Alger [centre]	<i>Chlef – Khmis-Miliana – Blida –Alger –Boumerdas –Bouira –Tiziouzou –Médéa –El Djelfa</i>
Sétif [est]	<i>Bejaia – Jijel – Setif – Mila – Bordj Bou Arreridj – Msila – Batna – Biskra</i>
Annaba [est]	<i>Skikda – Annaba – Gualma – O.Bouaghi – Khenchla – Tébessa – Souk-Ahras</i>
Hassi Messaoud [sud]	<i>Sud</i>

**Tableau II.1** : Les villes de chaque région électrique [15].





### II.2.1. Description du réseau électrique de la région d'Alger

La région du centre Algérien est représentée par vingt et une (21) zones par les quelles passent les lignes de transport d'énergie électrique de 220 kV.

Ces zones sont :

*Alger Est (Boudouaou), Arbaa, Si Mustapha, Bouira, Kouba, Ouled Fayet, Ras-Djinet, Tizi Ouzou, Bni mared, H'Meur El Ain, Khemis Miliana, Berrouaguia, Djelfa, Darguina, M'sila, Ekseur, Hamma, Oued Sly, et Kharba.* [Figure II.2] [16]

Désignation	Unité	Réalisation
		Au 30/09/2009
LONGUEUR RESEAU HAUTE TENSION		
Ligne 400 kV	[km]	264
Ligne 220 kV		1859,57
Ligne 60 kV		1316,68
Câble 220 kV		8
Câble 60 kV		68
Total Longueur Réseau	[km]	3252,18

**Tableau II.2** Les longueurs des lignes aériennes pour chaque niveau de tension dans la région d'Alger [16]

Pour la plupart des lignes de niveau de tension 220 kV, le nombre d'isolateurs des chaîne varie entre quatorze (14) et dix huit (18). [Annexe III]

Pour les lignes de niveau de tension 60 kV, le nombre d'isolateurs des chaîne varie entre cinq (05) et six (06). [16]

### II.2.2. Description du réseau électrique de la région d'Oran

La région de l'ouest Algérien [Oran] est représentée par dix huit (18) zones par lesquelles passent les lignes de transport d'énergie électrique de 220 kV.

Ces zones sont :

*Marsat El Hadjaj, Oued Sly, Relizane, Sidi Bel Abbes, Zahana, Hassi Ameur, Mostaganem, Tiaret, Nâama, Saida, Bechar, Tlemcen, Béni Saf, Petit Lac, Ravin Blanc, Ghazaouet, Kahrama, Oujda (Maroc).* [Figure II.2]

Désignation	Unité	Réalisation
		Au 30/09/2009
LONGUEUR RESEAU HAUTE TENSION		
Ligne 400 kV	km	240
Ligne 220 kV		1980
Ligne 60 kV		2125
Câble 220 kV		0,93
Câble 60 kV		27
Total Longueur Réseau	km	4373

**Tableau II.3.** Les longueurs des lignes aériennes pour chaque niveau de tension dans la région d'Oran [16]

Pour la plupart des lignes de niveau de tension 220 kV, le nombre d'isolateurs des chaîne varie entre seize (16) et vingt (20). [Annexe III]

Pour les lignes de niveau de tension 60 kV, le nombre d'isolateurs des chaîne varie entre cinq (05) et six (06). [16].

### **II.3. LES SOURCES DE POLLUTION**

Les sources de pollution les plus importantes qui peuvent influencer sur l'état de l'environnement, séparément ou simultanément dans les régions électriques, sont classifiées :

- **Des sources naturelles** (embruns marins pour les ouvrages installés en bordure de mer, sable pour les régions désertiques, poussières naturelles,...),
- **Des sources industrielles** (fumées évacuées à proximité des cimenteries, des complexes sidérurgiques, des usines des produits chimiques, des centrales thermiques).
- **Des sources diverses** dues a des activités humaines telles que la pollution provenant des appareils de chauffage, les fumées lors des incendies dans les décharges publiques, les fumées des véhicules et la pollution agricole due surtout aux engrais [17].

#### **III.3.1. Les sources de pollution Industrielle**

La plupart des grandes industries nécessitent d'être alimentées en haute tension généralement 60 kV à cause de leur grande consommation d'énergie, ces industries participent en même temps fortement à la pollution de l'environnement, et le vent augmente leurs influence sur des longues distances.

La pollution industrielle inclut des substances de nature gazeuse : monoxyde de carbone (CO), dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), oxydants primaires (monoxyde d'azote [NO], dioxyde d'azote [NO<sub>x</sub>]) ou secondaires par transformation de polluants primaires (ozone [O<sub>3</sub>]), composés organiques volatils tels que les hydrocarbures (benzène, ...), composés oxygénés (aldéhydes, ...), hydrocarbures aromatiques polycycliques (benzopyrène, ...) [17].

##### ***III.3.1.a. Les cimenteries***

L'industrie du ciment est gérée en Algérie par **SGP-GICA** [Société de Gestion des Participations Gestion Industries du Ciments en Algérie] il se compose de quatre groupes de production, et chaque groupe est composé de plusieurs cimenteries [unité de production] [Tableau II.4]

Les cimenteries représentent des sources de pollution importantes, les rejets des gaz de combustion émanant des fours de calcination [fonctionnant au gaz naturel], avec les rejets des poussières dans l'atmosphère, surtout en cas de dysfonctionnement ou manque de performance des filtres. Les différents composants pouvant affectés les isolateurs haute tension sont en particulier les oxydes d'azote (**NO<sub>x</sub>**), les composés organiques volatiles non méthanoïques (**COVNM**), le monoxyde de carbone (**CO**) et le dioxyde de soufre (**SO<sub>2</sub>**). [Tableau II.5 et II.6]

Lorsque les vents sont faibles, les particules les plus lourdes vont se déposer à proximité de la cimenterie émettrice et les plus légères resteront en suspension et se déposeront sur les isolateurs plus loin, sur plusieurs kilomètres affectant sur leur passage la qualité de l'air. Lorsque les vents sont forts, ces particules sont déposées sur les isolateurs à de très grandes distances voir des centaines de kilomètres.

Région Electrique	Groupe	Cimenterie	ville
Alger	Le groupe ERCC	<b>Sour El Ghozlane</b>	Bouira
		<b>Meftah</b>	Blida
		<b>Raïs Hamidou</b>	Alger
	Le groupe ECDE	<b>Chlef</b>	Chlef
Oran	Le groupe ERCO	<b>Béni Saf</b>	Ain Timochent
		<b>Zahana</b>	Oran
		<b>Saïda</b>	Saida
Les autres Région	Le groupe ERCE	Ain Touta	---
		Hadjar Soud	Annaba
		H.B. Tébessa	Tébessa
		Ain El Kebira	---

**Tableau II.4** Les cimenteries en Algérie [19]

Cimenteries	Pollution (Tonnes/An)				
	NOX	CO	COV	Poussière	SO2
Rais hamidou	238	66	24	37 800	Neg
Sour El Ghozlane	270	75	28	75 900	-
Meftah	267	74	27	75 000	-
Chleff	434	120	44	121 650	-

**Tableau II.5** Taux de rejets des cimenteries dans la région d'Alger [21]

	Pollution (Tonnes/An)				
	NOx	CO	COVNM	Poussière	SO2
<b>Zahana</b>	723	201	74	91800	
<b>Béni Saf</b>	574	159	58	91200	

**Tableau II.6** Taux de rejets des cimenteries dans la région d'Oran [21]

**NOX** : Oxydes d'azote  
**CO** : Monoxyde de carbone  
**COV** : Composés organiques volatils  
**SO2** : Oxyde de soufre  
**COVNM** : Les composés organiques volatils non méthaniques

### II.3.1.b. Les Zones industrielles

On peut citer dans la région électrique d'Oran :

- *La zone industrielle d'Arzew pétrochimique*

Et dans la région électrique d'Alger :

- *La Zone Industrielle de Rouiba*
- *La Zone Industrielle d'Oued Smar*
- *La Zone Industrielle de Béni Mered*

### II.3.1.c. Les centrales électriques

Les centrales de production d'énergie électrique sont dispatchés sur le territoire algérien afin de couvrir une alimentation continue de service de la clientèle, généralement elles sont proche des lieux stratégiques et sensibles : zones industrielles, grandes villes, grands consommateurs [cimenteries, carrières, mines,...].

Les principales centrales dans les deux régions d'Alger et d'Oran sont citées dans le tableau si dessous : [Tableau II.7]

La région d'Oran		
La centrale	type et puissance	Ville
Centrale de Marsat elhadjadj	5TV*168 MW +8 TG*23 MW	Wilaya d'Oran
Centrale de Tiaret	3TG*100 MW +4 TG*25 MW	Wilaya deTiaret
Centrale de Relizane	3TG*155 MW	Wilaya de Relizane
Centrale de Kahrama	3TG*112 MW	Wilaya d'Arzew
Centrale de Naama	8TG* 23 MW	Wilaya de Naama
Centrale de Béchar	2TG* 6 MW	Wilaya de Bechar
La région d'Alger		
Centrale de Ras Djinet	4TV*168 MW	Wilaya de Boumerdas
Centrale d'Alger Port	2TV* 60 MW	Wilaya d'Alger
Centrale de Hamma	2TG* 20 MW+2TV* 209MW	Wilaya d'Alger
Centrale de Bab Ezzouar	4TG* 27 MW	Wilaya d'Alger
Centrale de Boufarik	4TV* 24 MW	Wilaya de Blida

**Tableau II.7** Les principales centrales électriques situées dans les deux régions d'Alger et d'Oran [17] [18]

Les centrales électriques sont en majorité des centrales thermiques (98%) dont la source d'énergie est le gaz naturel, la combustion de gaz naturel conduit à des rejets de monoxyde de carbone (CO) [quantité importante], le monoxyde d'azote (NO), le dioxyde d'Azote (NO<sub>2</sub>), des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et les rejets relatifs aux autres polluants (**particules, SO<sub>2</sub>, COV, COVNM**, hydrocarbures ,hydrogène) sont faibles dans quelques centrales, comme il est indiqué dans les tableaux si dessous. [Tableau II.8 - II.9 - II.10 - II.11]

Les résultats de l'analyse des rejets atmosphériques des fumées issues des cheminées des groupes de quelques centrales sont représentés dans les tableaux ci-dessous. Ces analyses ont été réalisées dans les laboratoires du **CREDEG**. L'appareil utilisé est de marque **TESTO 350 XL**.

Type de gaz	Unités de mesures	Valeurs	
		Groupe N °2	Groupe N °3
Oxygène O2	[%]	0.2	1.5
Dioxyde de carbone CO2	[%]	24.8	23.3
Monoxyde de carbone CO	[mg/Nm3]	1932.5	228.75
Monoxyde d'azote NO	[mg/Nm3]	707	475.44
Dioxyde d'azote NO2	[mg/Nm3]	0.821	0.821
Nox	[ppm]	529	355
Dioxyde de soufre SO2	[mg/Nm3]	201.42	30
CxHy	[ppm]	--	--
Hydrogene H2	[mg/Nm3]	67.81	0

**Tableau II.8** Résultat d'analyse de la centrale Marsat [18]

Gaz	Unités de mesures	Valeurs		
		Boufarik	Bab Ezzouar	
			GN°1	GN°2
Oxygène O2	[%]	(*)	17.2	17
Dioxyde de carbone CO2	[%]	(*)	4.5	4.8
Monoxyde de carbone CO	[mg/Nm3]	72.50	97.50	87.50
Monoxyde d'azote NO	[mg/Nm3]	123.18	151.30	164.69
Dioxyde d'azote NO2	[mg/Nm3]	2.87	2.053	1.64
NOX	[ppm]	93	114	123
Dioxyde de soufre SO2	[mg/Nm3]	4.28	42.84	49.26
CxHy	[ppm]	880	270	/
Hydrogène H2	[mg/Nm3]	0	0	0

(\*) : L'oxygène et le dioxyde de carbone n'ont pas pu être déterminés.

**Tableau II.9** Résultat d'analyse des centrales de Boufarik et Bab Ezzouar [17]

Gaz	Unités de mesures	Valeurs	
		HAMMA	RAS DJINET
Oxygène O2	[%]	14	4.2
Dioxyde de carbone CO2	[%]	8.4	19.9
Monoxyde de carbone CO	[mg/Nm3]	36.25	267.5
Monoxyde d'azote NO	[mg/Nm3]	79.67	279.85
Dioxyde d'azote NO2	[mg/Nm3]	9.85	6.56
NOX	[ppm]	65.5	213
Dioxyde de soufre SO2	[mg/Nm3]	19.27	47.124
CxHy	[ppm]	255	190
Hydrogène H2	[mg/Nm3]	0	0

**Tableau II.10** Résultat d'analyse de la centrale du HAMMA et RAS-DJINET [17]

Gaz	Unités de mesures	Valeurs	
		GN°1	GN°2
Oxygène O2	[%]	6.3	8.1
Dioxyde de carbone CO2	[%]	17.5	15.4
Monoxyde de carbone CO	[mg/Nm3]	198.75	201.25
Monoxyde d'azote NO	[mg/Nm3]	224.95	263.78
Dioxyde d'azote NO2	[mg/Nm3]	4.311	5.132
NOX	[ppm]	170	200
Dioxyde de soufre SO2	[mg/Nm3]	0	/
CxHy	[ppm]	340	/
Hydrogène H2	[mg/Nm3]	0	0

**Tableau II.11** Résultat d'analyse de la centrale D'ALGER PORT [17]

### II.3.2. Les sources de pollution naturelle

#### II.3.2.a. La mer

La mer longe tout le littoral des deux régions d'Oran et Alger débutant de la frontière marocaine jusqu'à la ville de *Mostaganem* pour la région d'Oran et de ville de *Chlef* jusqu'à la ville de *Tiziouzou* pour la région d'Alger.



**Figure II.2** Les villes côtières des deux régions électriques Alger et Oran [20]

Région d'Oran : [Ain Témouchent – Tlemcen – Oran – Mostaganem]

Région d'Alger: [Chlef – Tipaza – Alger – Boumerdés – Tiziouzou]

#### II.3.2.b. Les lacs

Sous l'effet de l'élévation de la température, les eaux des lac Salés s'évaporent et contaminent tout l'environnement [l'air et le sol] ainsi que les isolateurs des lignes aériennes. Certaines lignes traversent même ces lacs.

Dans la Région électrique d'Oran on distingue : [18]

- La sebkha

Des sels de la Sebkha d'Arzew sur les lignes :

- Hassi Ameur -Zahana et Ravin Blanc-Zahana (220kV),
- Zahana - Tlemcen et Zahana - Ghazaouet (220kV),
- Hassi Ameur -Zahana et Petit lac-Zahana (60kV),

- Salines d'Arzew

Des sels de la Saline d'Arzew sur les lignes :

- Marsat El Hadjadj Poste - Hassi Ameur et Marsat El Hadjadj Poste - Zahana1,2 ( 220 kV)
- Marsat El Hadjadj Poste - S.B.Abbes et Marsat El Hadjadj Poste - Relizane (220 kV),
- Tous les départs 60 kV issus du poste de Marsat

- La Macta

Des sels de la Macta sur les lignes:

- Marsat El Hadjadj Poste - Relizane et Marsat El Hadjadj Poste -Mostaghanem (220kV),
- Marsat El Hadjadj Poste - Mostaghanem; Bouhenni- Relizane et Zahana – Bouhenni (60kV)

### II.3.3. Les autres sources

#### II.3.3.a. Le trafic routier

Dans les grandes agglomérations urbaines, la pollution de l'atmosphère provient en majeure partie des activités de transports. Cette pollution est provoquée principalement par la combustion de combustibles fossiles (en particulier de pétrole sous forme d'essence et de diesel).

Le monoxyde de carbone CO, les oxydes d'azote NO<sub>x</sub>, les hydrocarbures totaux, les particules, et le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> y sont les principaux polluants [21].

Le trafic routier dans l'Algérie participe fortement dans la pollution d'air dans le nord. En moyenne, dans les rues des grandes villes le trafic routier est responsable des taux d'émissions représenté dans le tableau suivants : [Tableau II.12]

Polluants	Taux (%)
CO	90
NO <sub>x</sub>	60-70
HC	50-60
SO <sub>2</sub>	10-20
PARTICULES	10-20
PLOMB	90
BENZENE	90
CO <sub>2</sub>	30-40

**Tableau II.12** Part de pollution automobile en milieu urbain [21]



### II.3.3.b. Les décharges publiques

Les décharges publiques sont de véritables sources de pollution. Les fumées dégagées des incendies contiennent pas mal de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde de nitrate (NO<sub>2</sub>), monoxyde de carbone (CO). On cite les décharges à proximité des postes électriques et des lignes haute tension les plus importantes :

Dans la région d'Oran on distingue la décharge **Marsat El Hadjadj**, la décharge **Petit lac**, et la décharge **Sidi Bel Abess**. [18]

Dans la région d'Alger on distingue la décharge d'**Oued Smar** de 30 Ha de superficie dans la Wilaya Alger zone est, la décharge d'**Ouled Fayet** de 40 Ha de superficie dans la Wilaya Alger zone ouest, et la décharge de **Béni Mered** de 10 Ha de superficie dans la Wilaya Blida à proximité de la zone industrielle, [22]

### II.3.3.c. Feux de forêt

Certaines lignes de 220kV traversent des forêts et des parcs nationaux ou à proximité, en Algérie des feux de forêt se produisent accidentellement dans la période d'été et automne, ses feux engendrent des fumées polluantes qui affecte fortement l'état des isolateurs. Elles sont principalement composées de **dioxyde de soufre** (SO<sub>2</sub>) et de **dioxyde d'azote** (NO<sub>2</sub>), et d'autres particules. [23]

## II.3.4. Situation des lignes 220 kV par rapport aux sources de pollution

### II.3.4.a. Région d'Alger [17]

Lignes	Sources et distances par rapport aux sources de pollution
Arbaa- Alger est (Boudouaou)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cimenterie est à 3.5 km du poste de l'Arbaa</li> <li>- L'industrie est à 5.3 km du poste de Boudouaou</li> <li>- La mer est à 7 km du poste Boudouaou</li> <li>- A proximité de la Route</li> </ul>
Khemis - Oued sly (2 lignes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cimenterie est à 1.5 km du poste de Khemis</li> <li>- La cimenterie Chlef est à 4.5 km de la ligne</li> <li>- Les Plaines et Oued de Cheliff sont à proximité du poste d'Oued Sly.</li> <li>- La ligne passe à proximité d'Oued Deurdeur, des Montagnes et de la Route-</li> </ul>
Tiziouzou - Elkseur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ligne traverse une zone Montagneuse</li> </ul>
Arbaa-Khemis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cimenterie est à 8 km du poste de Khemis</li> <li>- La ligne traverse la Plaine de Chellif</li> <li>- La cimenterie est 4 km du poste de l'Arbâa</li> <li>- La ligne est à 2 km de la centrale de Boufarik</li> <li>- La ligne est à 11 km de la mer</li> <li>- La ligne est à 11 km de la montagne</li> </ul>
Alger est- Cap Djinet (4 lignes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mer est à 2 km du poste de Cap Djinet</li> <li>- La ligne traverse Oued Isser</li> <li>- La ligne traverse une région montagneuse</li> </ul>
M'sila - Barika	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ligne est à proximité de la Chott Hodna</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ligne traverse la Plaine Hodna</li> <li>- Le poste se trouve à proximité d'une centrale</li> </ul>
Alger est - Kouba	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La fonderie d'El Harrach est à 8 km du poste de Kouba</li> <li>- La centrale Bab Ezzouar est à 3 km de la ligne,</li> <li>- Le Lac de Reghaia se trouve à 5 km de la ligne</li> <li>- La décharge d'Oued Smar est à 1.5 km de la ligne</li> </ul>
Alger Est - Si Mustapha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mer est à 4,5 km du poste d'Alger Est</li> <li>- L'industrie Henkel est à 5 km du poste d'Alger Est</li> <li>- La ligne traverse le Lac de Reghaia</li> <li>- Oued Isser est à 700 m du poste Si Mustapha</li> </ul>
Alger Est - Bouira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ligne traverse une zone montagneuse</li> </ul>
Alger Est - Rouiba	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ligne traverse le Lac de Reghaia</li> <li>- L'industrie Henkel est à 6.5 km de la ligne</li> <li>- La ligne est à 11 km de la mer</li> <li>- La ligne traverse une Zone Industrielle</li> <li>- La ligne est à 7 km de la route</li> </ul>
Alger Est – Tizi Ouzou	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ligne est à proximité de la mer</li> <li>- La ligne traverse une zone montagneuse</li> <li>- La ligne traverse Oued Sebaou.</li> </ul>
Darguinah – Bouira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mer est à 5 km du poste de Darguinah</li> <li>- La ligne est 1.5 km d'Oued Soumam</li> <li>- La ligne traverse une zone montagneuse</li> </ul>
Khemis – Beni mered	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Cimenterie de Meftah est à 30 km de Béni-mered</li> <li>- La mer est à 10 km du poste de Béni-mered</li> <li>- La région traverse une région montagneuse</li> <li>- La route est à 5 km de la ligne</li> <li>- La Centrale électrique Boufarik est à 10 km du poste de Béni Mered</li> </ul>
Kouba – Ouled Fayet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cimenterie Raïs Hamidou est à 10 km du poste de</li> <li>- La décharge d'Ouled Fayet est à proximité de la ligne</li> <li>- La carrière d'El Achour se trouve à proximité de la ligne</li> <li>- La mer est à 2 km du poste de Kouba</li> </ul>

#### II.3.4.b. Région d'Oran [18]

lignes	Sources et distances par rapport aux sources de pollution
Marsat El Hadjadj Poste – Relizane	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Macta sur 8 km</li> <li>- Le lac salé sur 12 km</li> <li>- La route nationale N°23</li> <li>- La route nationale N°17</li> <li>- La mer est à 4 km du poste de Marsat El Hadjadj</li> </ul>
Marsat El Hadjadj Poste – Mostaganem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Macta sur 8 km</li> <li>- Ligne proximité de la mer</li> <li>- La mer est à 2 km du poste de Marsat El Hadjadj</li> <li>- La zone industrielle d'Arzew [pétrochimique]</li> <li>- La route nationale N°17</li> </ul>
Marsat El Hadjadj Poste – Hassi Aneur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Saline d'Arzew</li> <li>- La mer est à 4 km du poste de Marsat El Hadjadj</li> <li>- La zone industrielle d'Arzew [pétrochimique]</li> <li>- La route nationale N°11</li> </ul>
Marsat El Hadjadj Poste	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Saline d'Arzew</li> </ul>

- Zahana 1, 2	- La cimenterie de Zahana est à 7 km du poste de Zahana - La mer est à 4 km du poste de Marsat El Hadjadj - La zone industrielle d'Arzew [pétrochimique]
Marsat El Hadjadj Poste - S.B.Abbes	- Des sels de la Saline d'Arzew - La cimenterie de Zahana est à 1 km de la ligne - La mer est à 4 km du poste de Marsat El Hadjadj - La zone industrielle d'Arzew [pétrochimique]
Hassi Aneur – Zahana	- La Sebkha d'Arzew - La cimenterie de Zahana est à 7 km du poste de Zahana
Ravin Blanc – Zahana	- La Sebkha d'Arzew - La cimenterie de Zahana est à 7 km du poste de Zahana
Zahana – Tlemcen	- La Sebkha d'Arzew - La cimenterie de Zahana est à 7 km du poste de Zahana
Zahana – Ghazaouet	- La Sebkha d'Arzew - La cimenterie de Zahana est à 7 km du poste de Zahana - La cimenterie de Béni-Saf est à 6 km de la ligne

## II.4. LA CLIMATOLOGIE

### II.4.1. Introduction

Quelle que soit la nature des polluants, lorsqu'ils sont secs, ils ne provoquent pas de dégradation de la rigidité diélectrique d'isolement. Malheureusement les isolateurs dans l'environnement sont exposés à plusieurs conditions climatiques qui favorisent soit le contournement des isolateurs ou nettoyage des isolateurs de tous les polluants.

Les phénomènes caractéristiques de la pollution ne se manifestent qu'en présence de certaines conditions climatiques telles que l'humidité relative de l'air, les vents, le brouillard, l'évaporation, les précipitations et la température. Ces différents facteurs climatiques ont pour conséquence :

- **L'augmentation de la conductivité superficielle des couches polluantes** suite à leur humidification (Brouillard, Humidité relative de l'air bruine,...).
- **L'augmentation des polluants** (évaporation dans les régions côtière, phénomène des pluies acides).
- **La dispersion des polluants** dans l'atmosphère (la participation du vent d'augmenter le diamètre du cercle ou la distance d'influence des sources pollution).
- **Le nettoyage des isolateurs** (vent relativement fort, averses de pluies).

**Climat** : ensemble des phénomènes météorologiques terrestres caractéristiques d'une région et moyennés sur plusieurs décennies. [23]

**La climatologie** : s'intéresse à l'analyse quantitative à plus long terme de la moyenne des paramètres requis pour caractériser les états de l'atmosphère, principalement la température de l'air, la lame d'eau précipitée, la durée d'insolation, la direction et la vitesse du vent. [23]

## II.4.2. Le climat dans la Région Electrique d'Oran et Alger

On distingue dans ces deux régions deux climats dominants

### - Climat Méditerranéen

situé entre la **mer Méditerranée** et la chaîne de montagne **Atlas tellien** [ *Ghazaouet, Beni Saf, Oran, Marsat, Arzew, Mostaganem, Cherchell, Tipaza, Alger, Boumerdas* ], la plaine de **Mitidja** [ *Alger, Tipaza, Blida* ], la vallée de **Chlef**. [Figure II.3]

Les étés sont chauds et secs, les hivers doux et humides (400 mm à 1 000 mm de pluie par an). Les températures moyennes (25 °C en août et 12 °C en janvier à Alger) varient en fonction de l'altitude. En été, le sirocco, un vent extrêmement chaud et sec, souffle du Sahara. [23]

### - Climat des Hauts plateaux

Situé entre les deux chaînes de montagne Atlas Tellien et Atlas Saharien, ce climat est Semi-arides [ *Saida, Tiarret, Tissemsilt, Msila, El bayadh, Djelfa* ].

Les étés sont chauds et secs, les hivers durs et secs, Les températures moyennes (entre 35 °C en août et 5 °C en janvier à Djelfa). L'aridité du climat est accentuée par des vents de sable parfois très violents. [23]

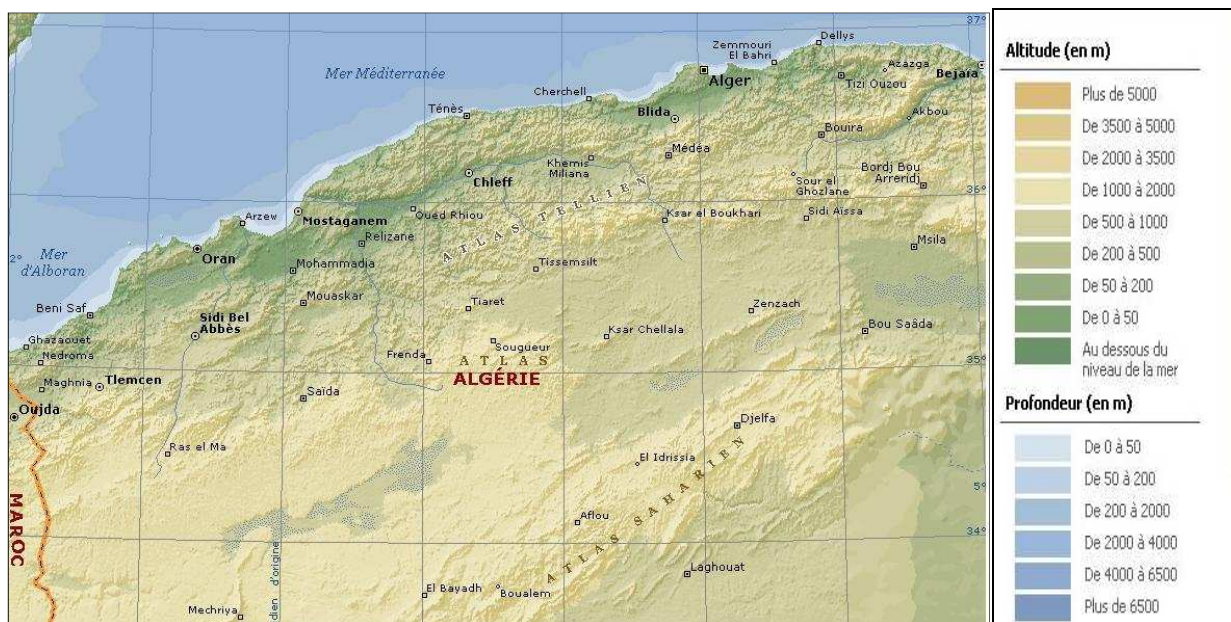


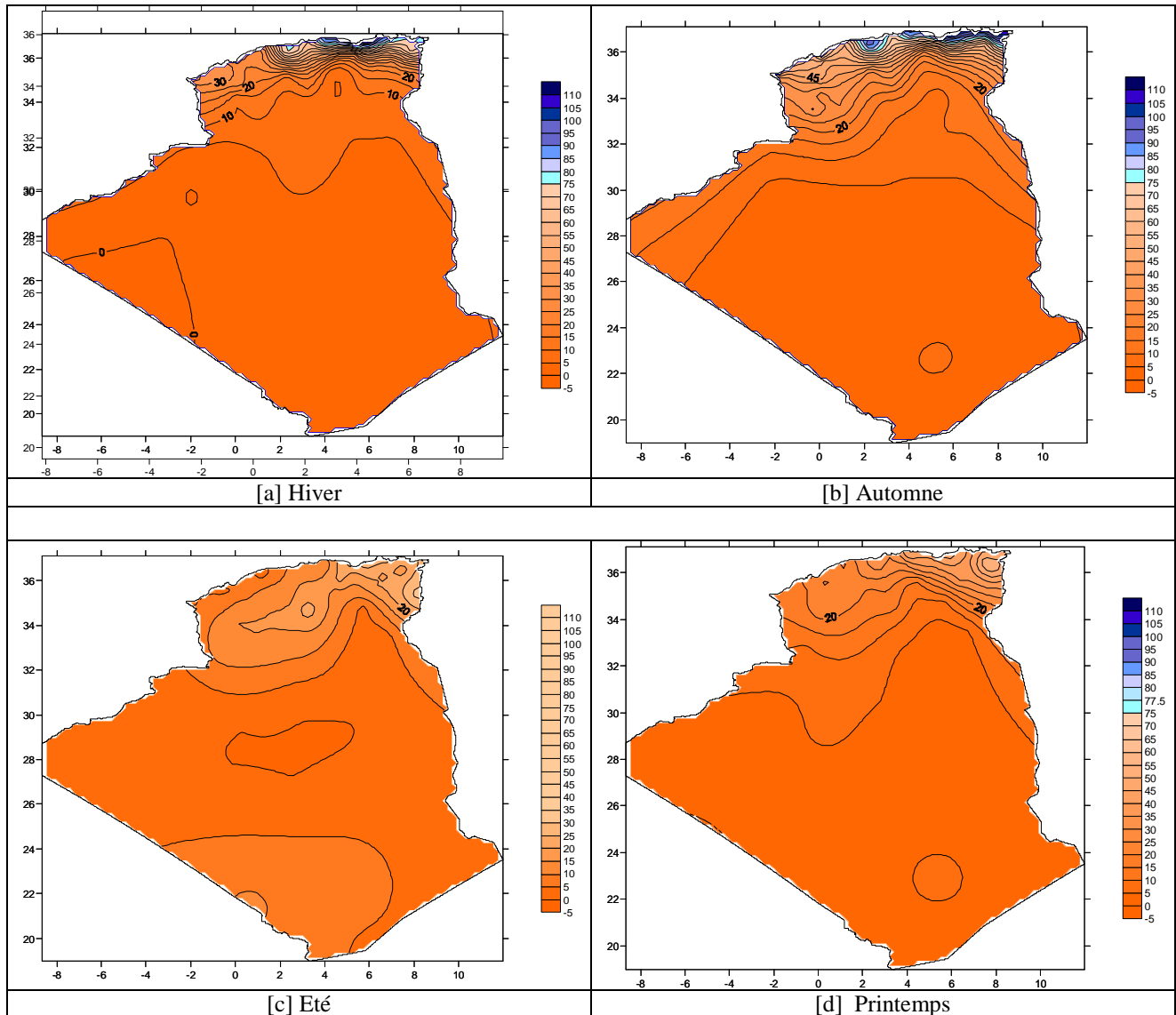
Figure II.3 Relief des deux régions électriques d'Alger et Oran [23]

## II.4.3. Pluviométrie

La pluviométrie est maximale pour toutes les saisons au niveau de la Mitidja et les régions côtières de l'est, elle diminue au fur et à mesure que nous descendons vers le sud ou vers le sud-ouest. La pluviométrie pour les régions littorales est importante. Les périodes où les précipitations pluviales sont maximales : l'hiver et l'automne. (Figure II.4)

La pluviométrie pour les régions semi arides des hauts plateaux [*Djelfa –Tiaret – Saida – Bayadh –Naama*] est très faible, donc le facteur le plus important d’auto-nettoyage [pluie] est pratiquement inexistant dans cette région.

Plus de 90% des précipitations pluviales durant l’année sont localisées dans la période [Octobre -> Mars]. [Annexe I]



**Figure II.4** Cartes climatologiques saisonnières des précipitations à travers le territoire national [mm/m] [24]

#### *Evolution des précipitations dans la région d’Oran [ période 2000-2008 ]*

Les années 2000-2001-2002 sont des années de sécheresse, les précipitations pluviales sont très faibles pour la plupart des villes de la région d’Oran. En 2003-2004 une augmentation des précipitations est remarquée, puis une diminution dans les deux années 2005-2006, et une importante quantité des précipitations durant les deux années 2007-2008. (**Figure II.5**)

Les valeurs moyennes des précipitations entre [2000-2008] :

- 30 et 40 mm pour les villes au nord de la région [*Ghazaouat, Béni Saf, Oran, Mostaghanem*].
- 25 et 30 mm pour les villes interne [*Tlemcen, Mascara, S.Ble Abbes, Relizane*].
- 10 et 20 mm pour les villes au sud de la région [*Naama, Ain Sefra, El Bayadh*]. (Figure II.5)

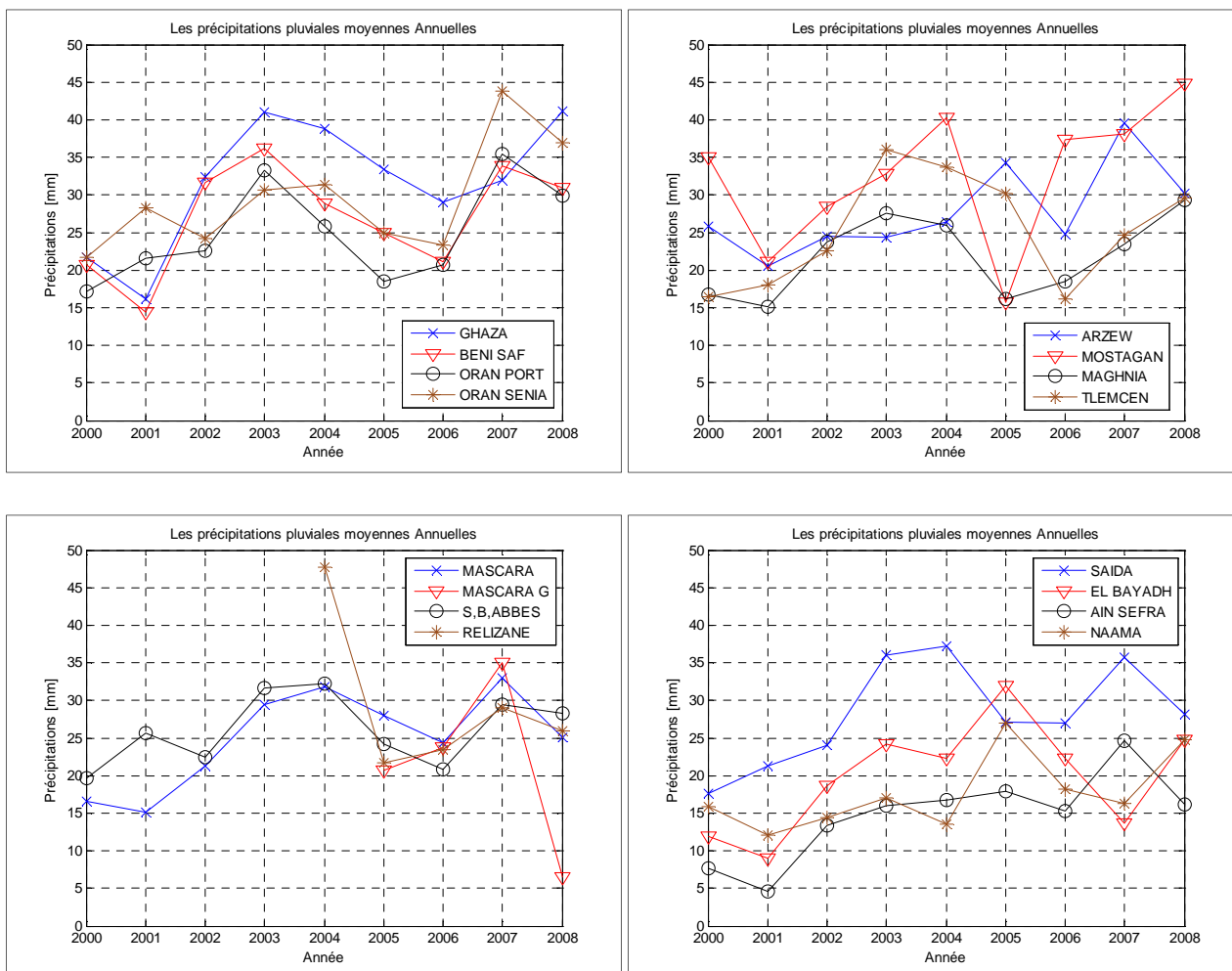


Figure II.5 Précipitations pluviales [Région Oran]

**Evolution des précipitations dans la région d’Alger [Période 2000-2008]**

Pour la Région d’Alger on remarque aussi que les années 2000, 2001 et 2002 sont des années de sécheresse, et en 2003-2004 une augmentation des précipitations, et une très importante quantité des précipitations en 2007 dans la plupart des villes de la région électrique d’Alger [*Tiziouzou : 110 mm/mois*]. [Figure II.6]

Les précipitations sont plus importantes en comparaisons avec la région d’Oran. Les valeurs des précipitations pluviales mensuelles moyennes sont entre :

- 60 et 90 mm/mois pour les villes au centre de la région [*Miliana, Alger, Media, Tiziouzou, Bouira*].
- 20 et 30 mm/mois pour les villes ouest de la région [*Chlef, Ténés*].
- 10 et 20 mm/mois pour les villes au sud de la région [*Msila, Djelfa, Kasr Chellala*] [Figure II.6].

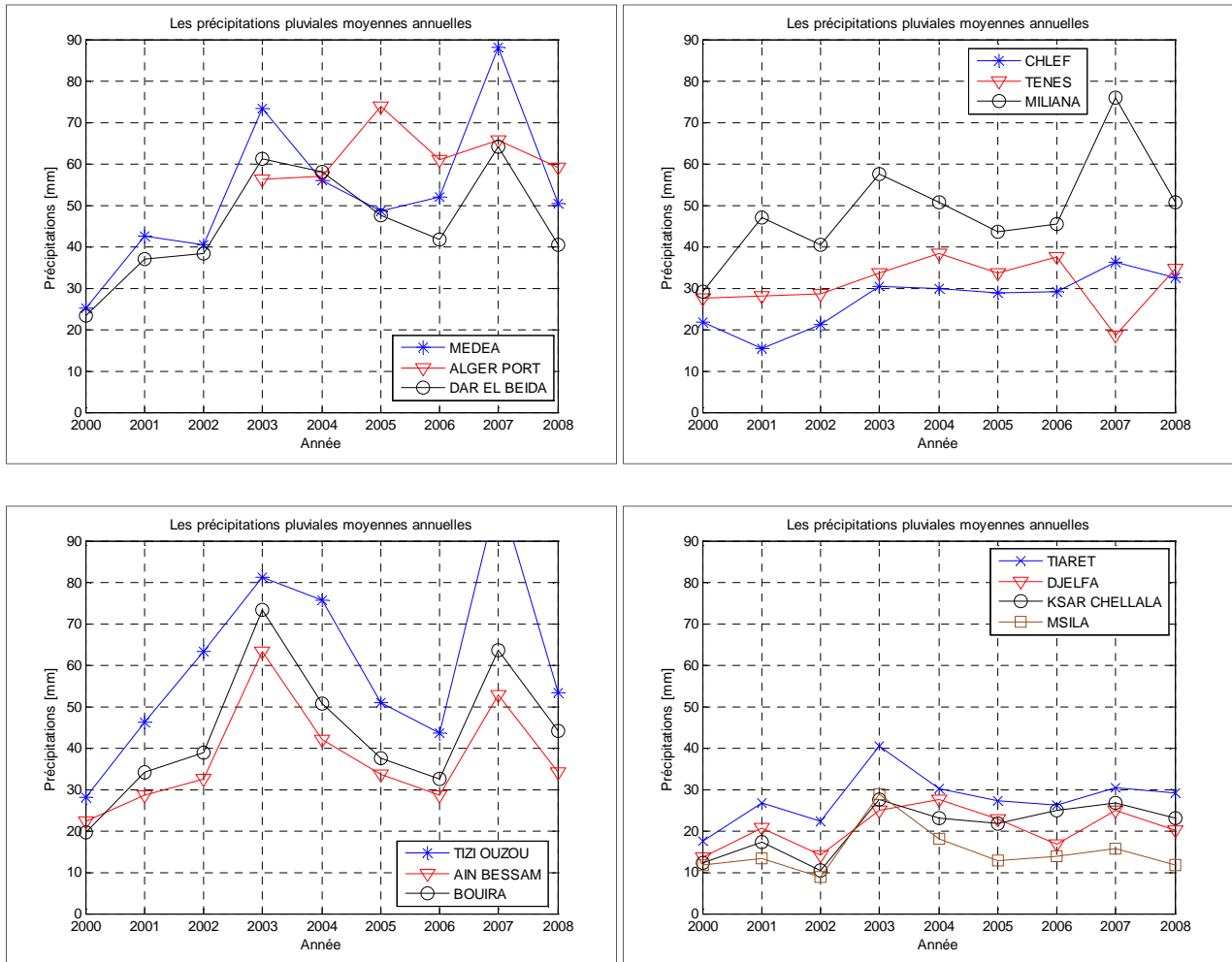


Figure II.6 Précipitations pluviométriques [Région Alger]

### II.4.4. Humidité

**Humidité atmosphérique :** teneur en eau de l’atmosphère. L’atmosphère contient toujours une certaine quantité d’eau sous forme de vapeur d’eau. La quantité de vapeur d’eau qui sature l’air augmente avec la température : à 4,4 °C, elle est de 2 kg pour 454 kg d’air humide ; à 37,8 °C, elle est de 18 kg [23].

L’humidité de l’atmosphère est mesurée par l’**humidité relative**, qui est le rapport de la quantité d’humidité réellement présente dans l’atmosphère sur la plus grande quantité de vapeur possible dans l’air, à la même température (l’air est alors saturé en vapeur) [23].

Le climat Algérien est : [24]

**Humide:** dans les régions côtières, la plaine de la *Mitidja*, et dans la vallée de *Chlef*.

**Sec :** dans les régions internes de l’Algérie [hauts plateaux].

#### *Evolution de l’humidité dans la région d’Oran pour les saisons*

Nous remarquons que l’humidité est importante pour les régions côtières durant toute l’année, et elle est moins importante en été.



En **hiver** l’humidité pour les villes du nord de la région est entre 70% et 78% et pour les villes du sud, elle est autour de 60%. [Figure II.7]

En **printemps** l’humidité pour les villes littorales et ne change presque pas des valeurs en hiver [ *Gazaouet*: 74%, *Béni Saf*: 77%, *Oran*: 71%, *Arzew*: 73%, *Mostaghanem*: 72%, *Relizane* : 75% ],mais pour les villes internes [*Mascara*, *Tlemcen*, *Maghnia*] diminue, et pour les villes du sud [*Naama*, *Bechar*, *Ain Sefra*, *Saïda*, *El Bayadh*], elle est autour de [45%]. [Figure II.7]

En **été** l’humidité attend le minimum, pour les villes littoral, elle ne diminue pas beaucoup, mais dans les villes internes diminue [*Mascara* : 58%, *Sidi Bel Abbas* : 57%]. Pour les villes du sud [*Naama*, *Bechar*, *Ain Sefra*, *Saïda*, *El Bayadh*], elle est autour de [36%]. [Figure II.7]

En **automne** l’humidité est toujours importante dans les villes du nord, elle est un peu plus mois qu’en hiver. [Figure II.7]

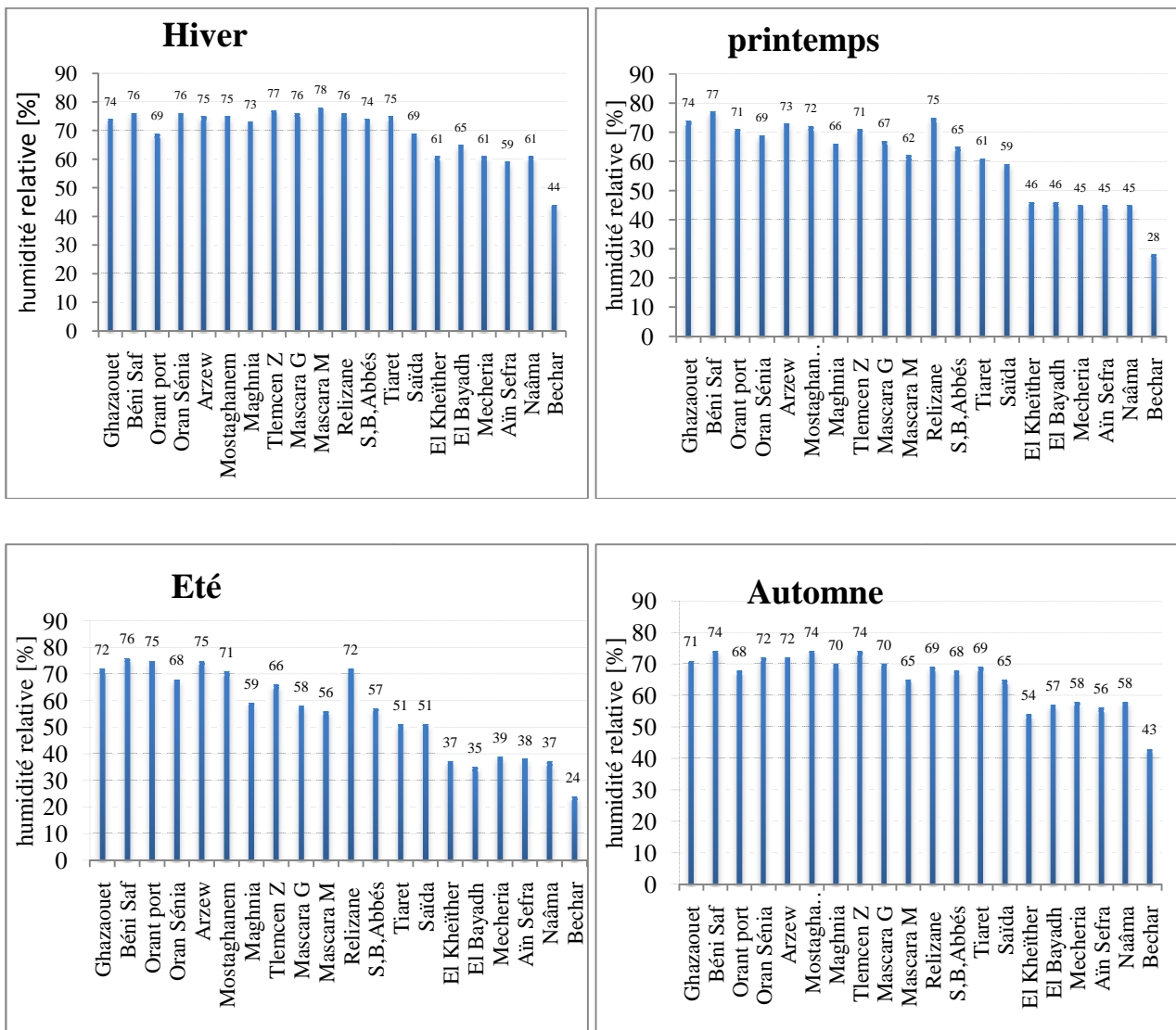


Figure II.7 Humidité relative [Région d'Oran]



### Evolution de l'humidité dans la région d'Alger pour les saisons

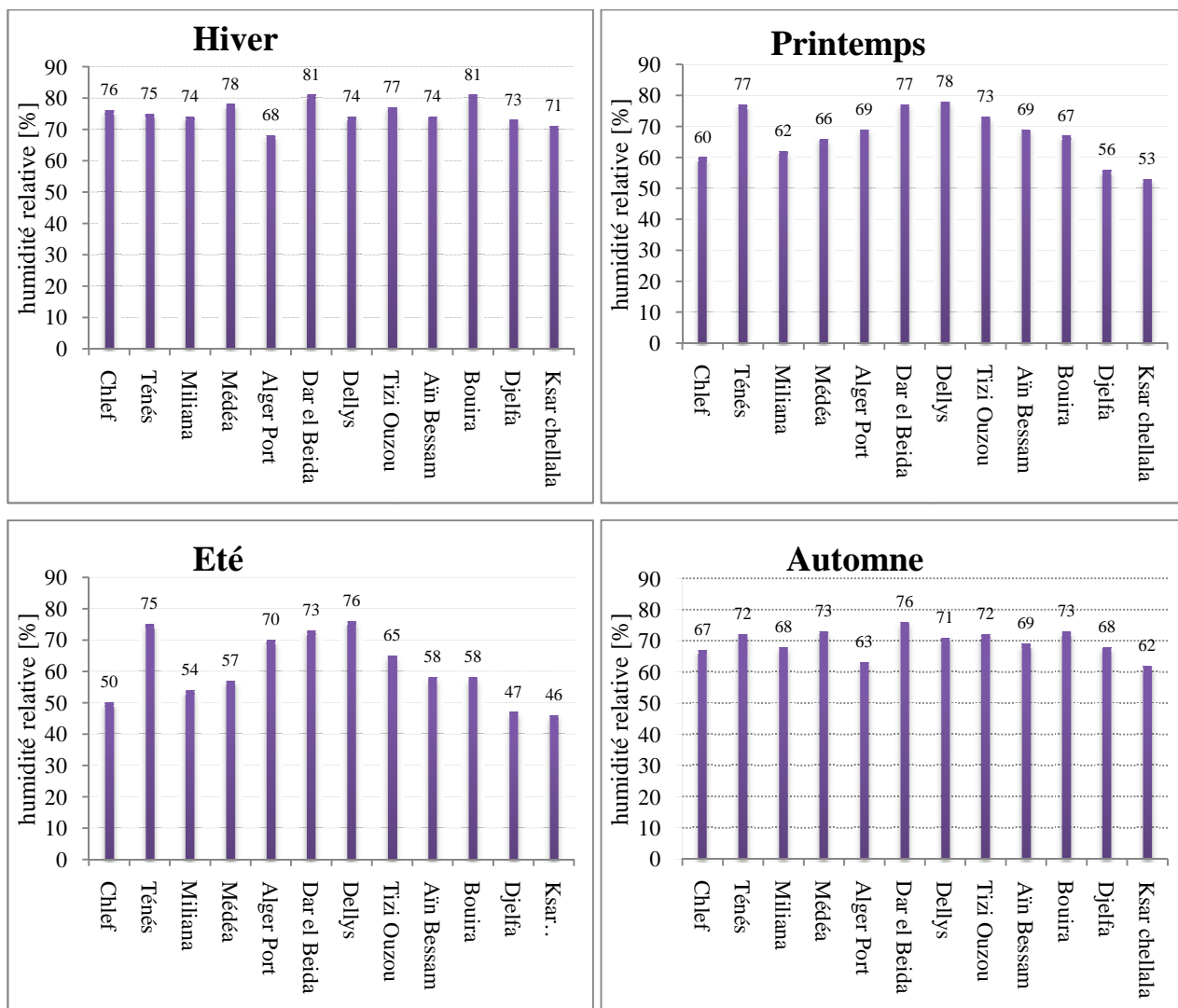
Nous remarquons que l'humidité est importante pour les régions littorales durant toute l'année et pour les quatre saisons, elle est moins importante en été. ( **Figure II.8** )

En **hiver** l'humidité est maximum dans toute la région, elle atteint en moyenne 81% à **Bouira** et à **Dar El Baydha** [Figure II.8] (peut attendre 91% mois Janvier et décembre pour ces deux villes [annexe I]), même dans les régions de sud elle est importante [**Djelfa** 73%] [Figure II.8].

En **automne** l'humidité diminue par rapport aux valeurs de l'hiver, mais pas beaucoup.

En **printemps** l'humidité reste importante dans les régions côtières [**Dar El Beida**, **Ténès**, **Dellys**, **Tiziouzou**], et elle est moins importante au sud, à **Djelfa** par exemple, elle est de 56%.

En **été** l'humidité atteint le minimum pour 75% les régions côtières [**Dar el Beida**, **Ténès**, **Dellys**]. 45% au sud [**Djelfa**, **Ksar Chellala**], et 50 % à **Chlef**. [Figure II.8]



**Figure II.8** Humidités relatives [Région d'Alger]

### II.4.5. Températures

Nous commençons par une description générale de la variation de la température moyenne d'une manière globale dans tout le territoire Algérien et pour chaque saison de l'année.

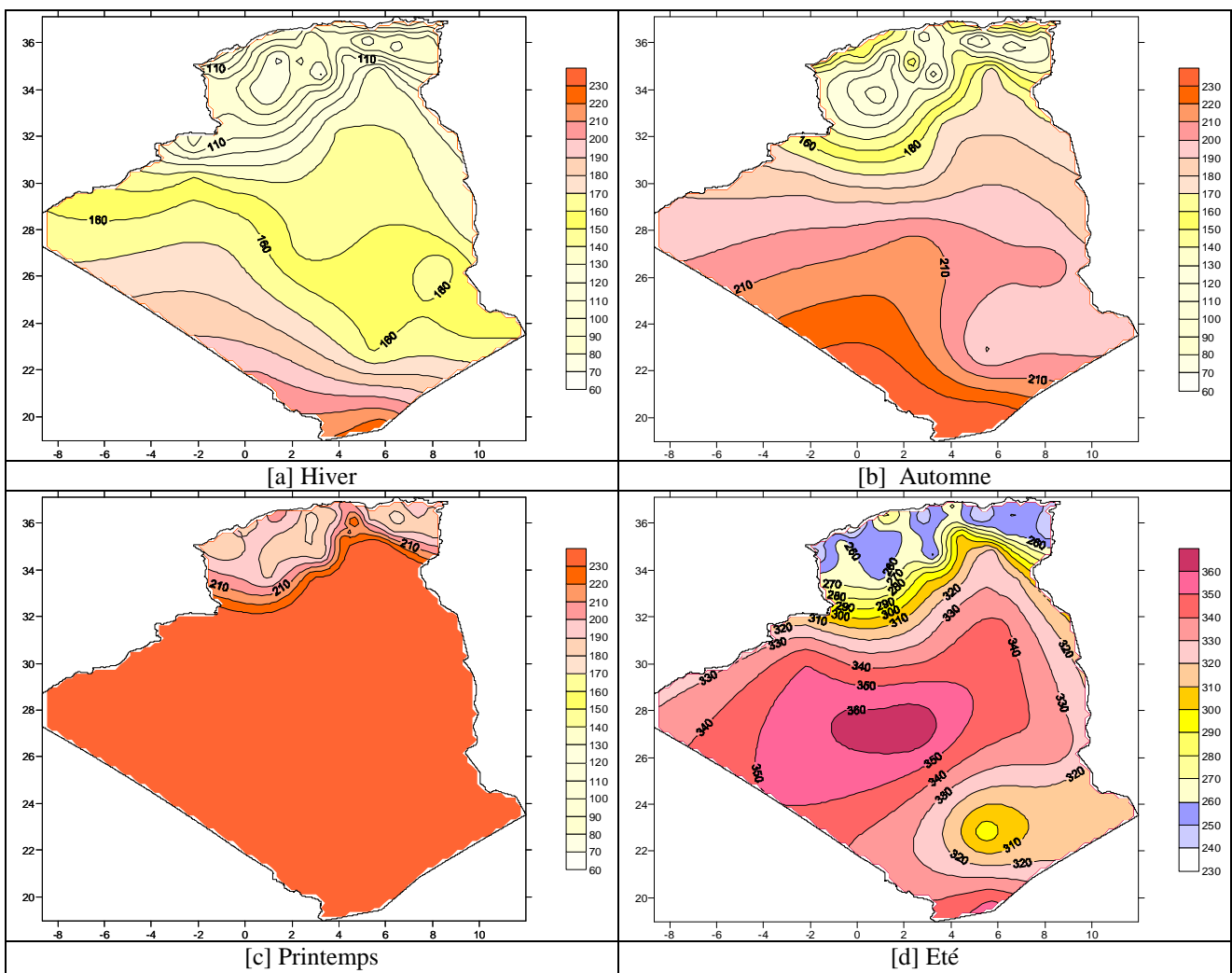
La température minimale pour les quatre saisons est celle correspondant à la région des hauts plateaux et elle augmente progressivement au fur et à mesure que nous montons vers le nord. Nous constatons que pour :

**L'hiver** : [douce] la température la plus basse est obtenue dans les hauts plateaux (6 °C), pour la région du littoral, elle varie entre 11 °C et 13 °C.

**Le printemps** : les températures sont un peu plus élevées, 18 °C pour les hauts plateaux et les collines du Sahel d'Alger, 21 °C pour les régions côtières.

**L'été** : [chaud] 25 °C pour les hauts plateaux et collines du Sahel d'Alger, 28 °C pour les régions du littoral à l'ouest, 35 °C au Sahara.

**L'automne** : 11°C pour les hauts plateaux et collines du Sahel d'Alger, 17 °C pour les régions du littoral à l'ouest, 23 °C au Sahara. [Figure II.9]



**Figure II.9** Cartes climatologiques saisonnières des températures à travers le territoire national [24]

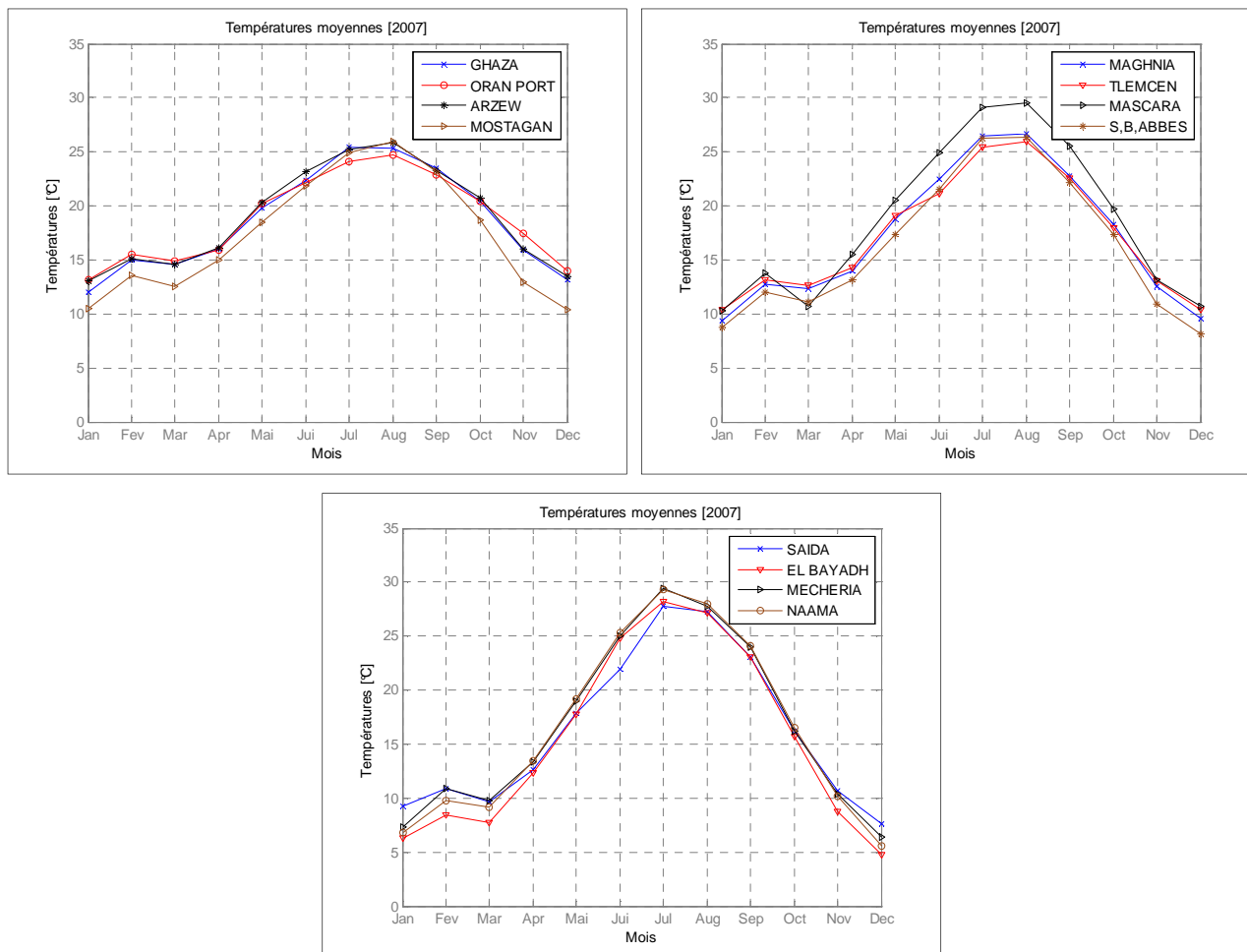
### *L'évolution de la température moyenne dans la région d'Oran en 2007*

La température moyenne mensuelle est minimale durant les deux mois de Décembre et Janvier, elle augmente progressivement pour atteindre des valeurs maximales en Juillet et Aout. [Figure II.10]

Pour les villes du nord de la région [Gazaouet, Oran, Mostaganeme, Tlemcen, Mascara], la température moyenne en hiver est entre 10 °C et 15 °C, en été, elle atteint la valeur de 25° C.

Pour les villes de sud [Saida, Tiaret, El Bayadh, Naama] les températures sont plus basses que celles du nord (5°C), en été, elles sont plus élevées (35 °C).

Pour plus de détails concernant la variation de la température durant la période 2000-2008 voir [Annexe I]



**Figure II.10** Les températures moyennes mensuelles de quelques villes de la région d'Oran en 2007

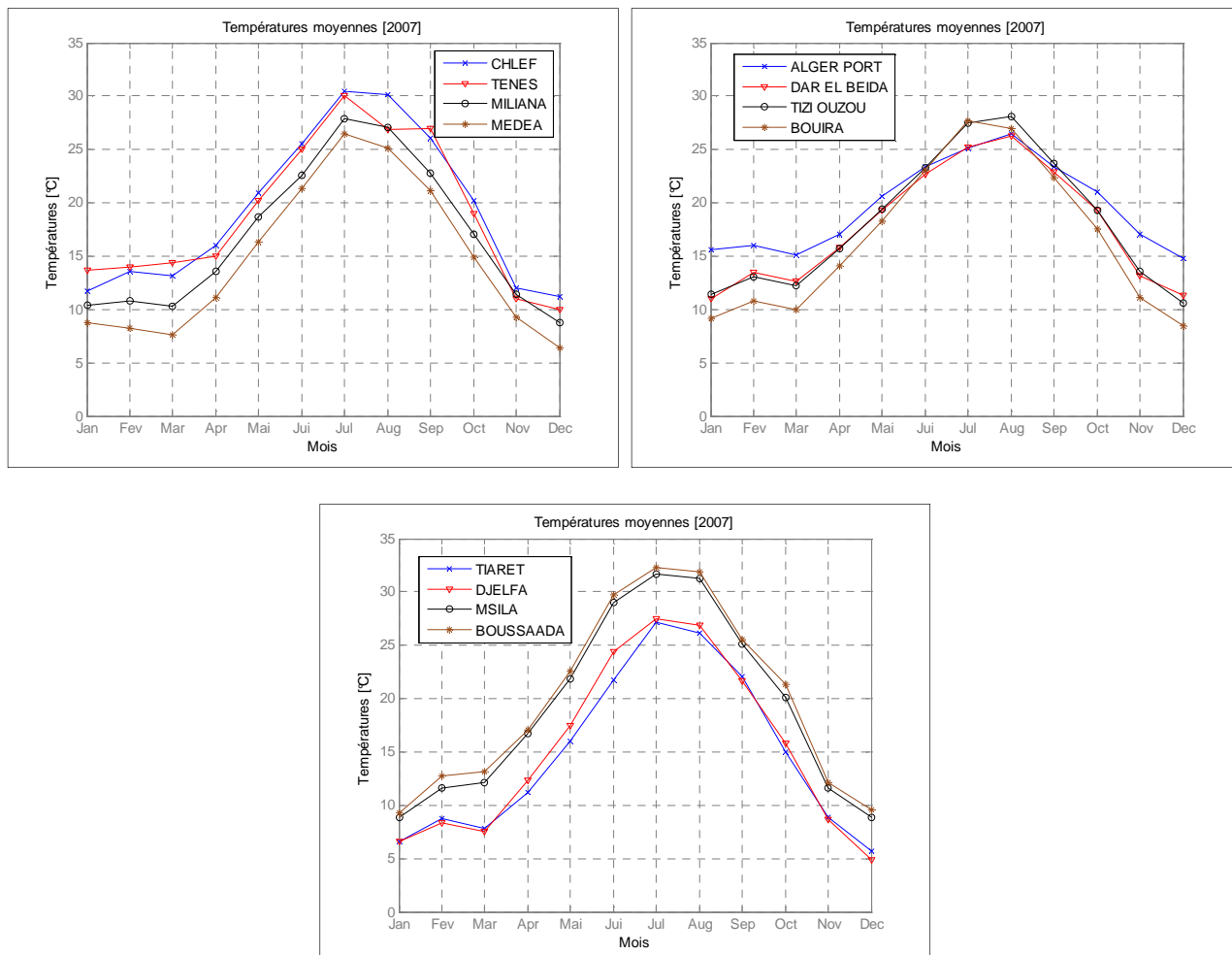
### *L'évolution de la température moyenne dans la région d'Alger en 2007*

La température moyenne mensuelle dans la région d'Alger est aussi minimale durant les deux mois de Décembre et Janvier. Elle augmente progressivement pour atteindre son maximum en Juillet et Aout [Figure II.11].

Pour les villes du nord de la région [*Alger, Tiziouzhou, Bouira, Media*], les températures moyennes en hiver varient entre 10 °C et 15 °C et en été elles atteignent la valeur de 25° C.

Pour les villes de l'ouest de la région [*Chlef, Tenès, Miliana*], les températures sont plus élevées (à *Chlef* en hiver elle atteint 15°C et en été 30°C) .

Pour les villes de sud [*Djelfa, Msila, Boussaada*], les températures sont plus basses qu'au nord (5°C), en été elles sont plus élevées (33 °C).



**Figure II.11** Les températures moyennes mensuelles de quelques villes de la région d'Alger en 2007

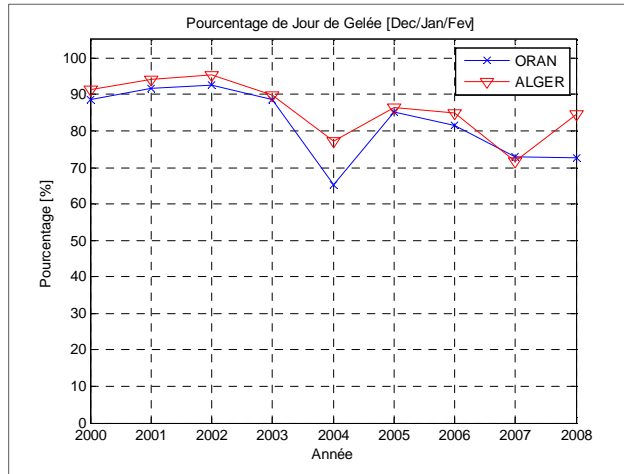
## II.4.6. Les Autres Facteurs

### II.4.6.a. La gelée blanche

Elle apparaît particulièrement pendant les mois de **Décembre, Janvier** et **Février** ; pour le reste de l'année elle est presque inexistante.

Le pourcentage de jours de gelée durant ces trois mois est représenté dans la [**Figure II.12**], pour les deux régions Alger et Oran pour la période [2000-2008].

Pour la période [2000-2004], plus de 90% de jours de Gelée ont été localisés durant les mois de **Décembre, Janvier** et **Février**. Pour la période [2004-2008], les jours de Gelée durant les mois de **Décembre, Janvier** et **Février** ont un pourcentage qui varie entre 70% et 90% dans les deux régions Alger et Oran. [Figure II.12]

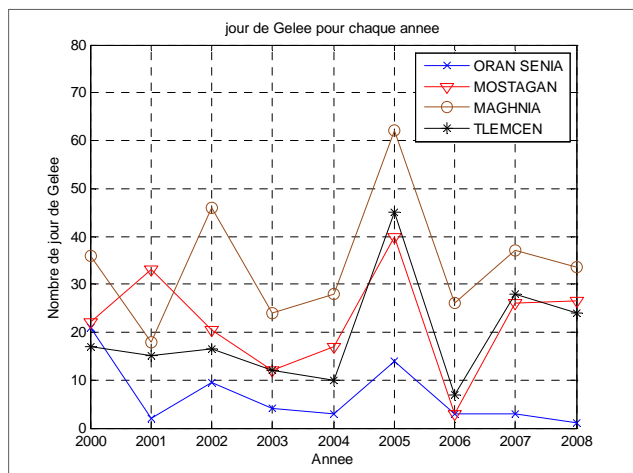
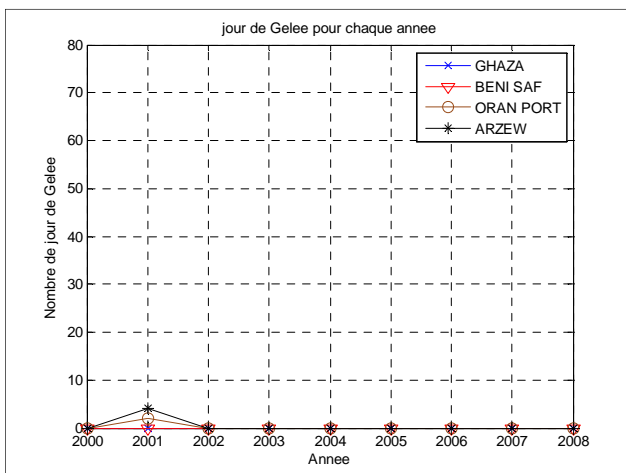


**Figure II.12** Le pourcentage de jour de gelée en **Décembre, Janvier** et **Février** dans les deux régions électriques Alger et Oran

Région d’Oran

Le nombre de jours de gelée varie d’une année à une autre et même d’une ville à une autre, il atteint son maximum pour toutes les régions en 2005, et le minimum en 2006. [Figure II.13]

Le phénomène de la gelée est pratiquement inexistant dans les villes de *Gazaouat, Béni Saf, Oran, Arzew*. Les villes où le nombre de jours de gelée est important sont *S.B.Abbes, Maghnia, El Bayadh*, [entre 40 et 70 jours/an], ensuite les villes de *Tlemcen, Mostaghanem, Mascara, Saïda, Naama* [entre 20 et 40 jours/an]. [Figure II.13]



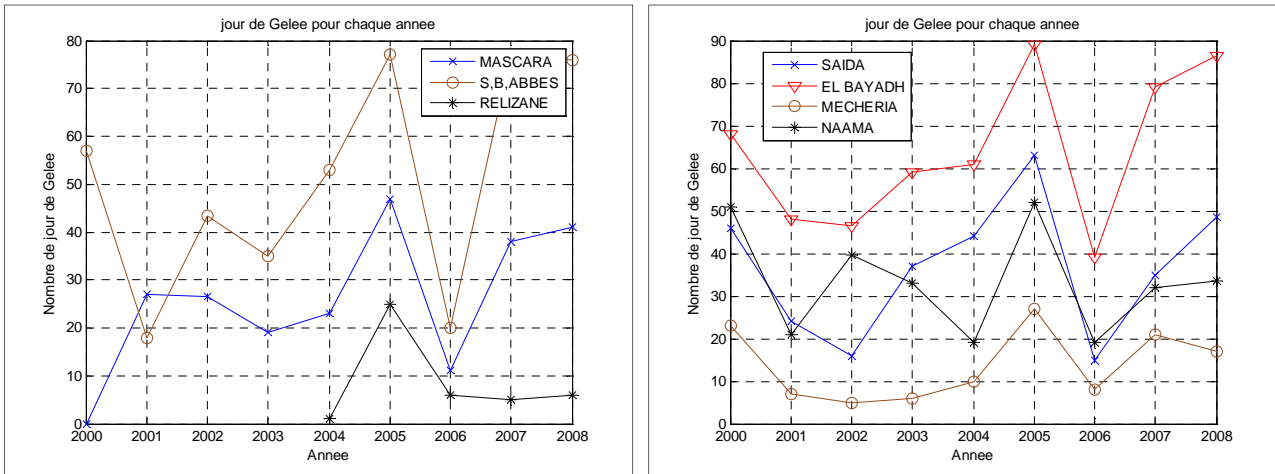


Figure II.13 Nombre de jours annuel de Gelée dans la région d’Alger

**Région d’Alger**

Le nombre de jours de gelée est maximum pour toutes les régions durant les années 2000, 2001, 2005 et 2008 et il est minimum en 2003 et 2006. [Figure II.14]

Le phénomène de la gelée est pratiquement inexistant dans les villes de *Tizi-Ouzou et Alger port*. Les villes où le nombre de jours de gelée est important sont *Djelfa[sud], Dar El Beida, Bouira*, [entre 20 et 70 jours/an], ensuite les villes de *Chlef, Miliana, Media, Msila* [entre 20 et 40 jours/an]. [Figure II.14]

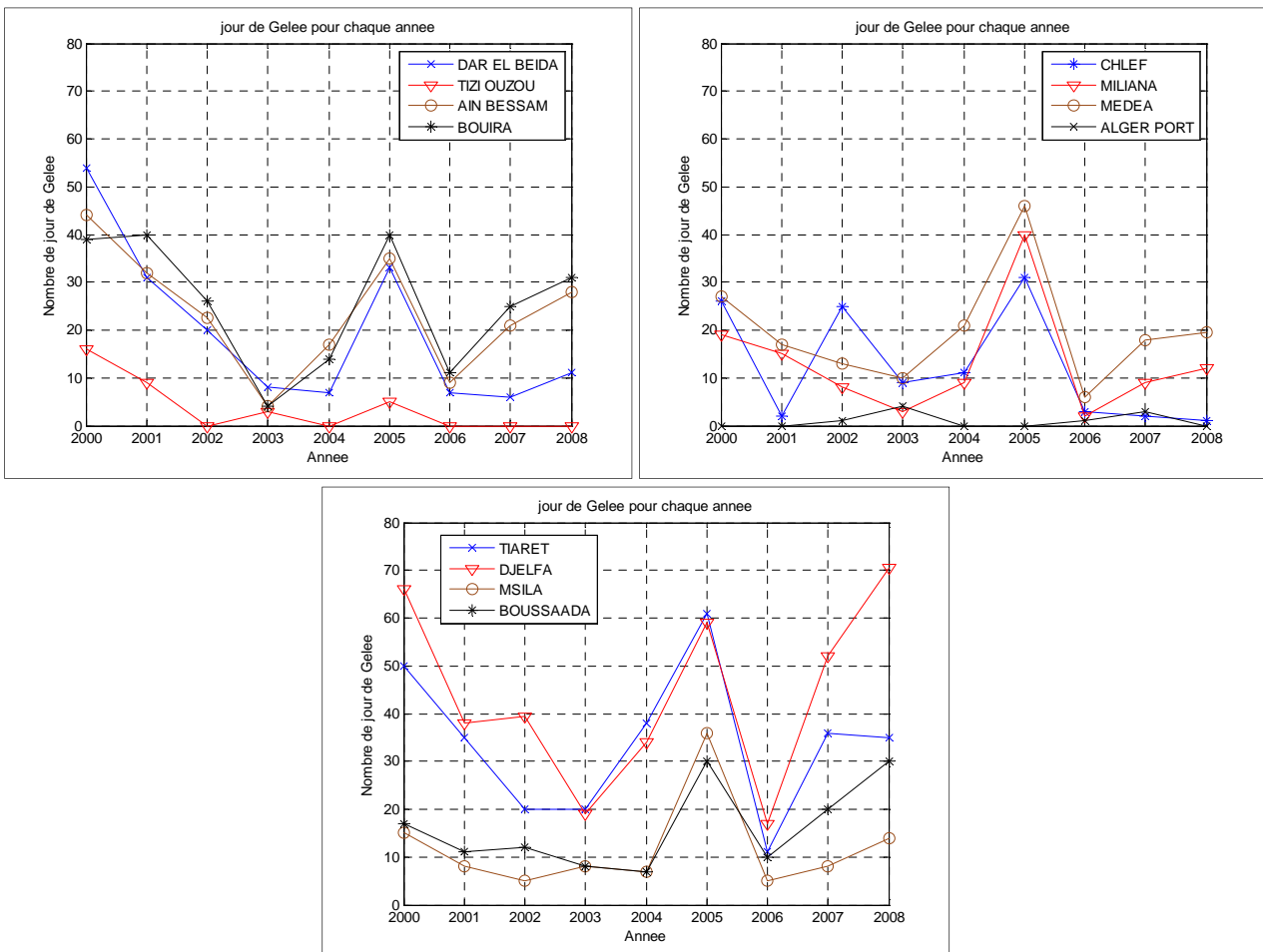
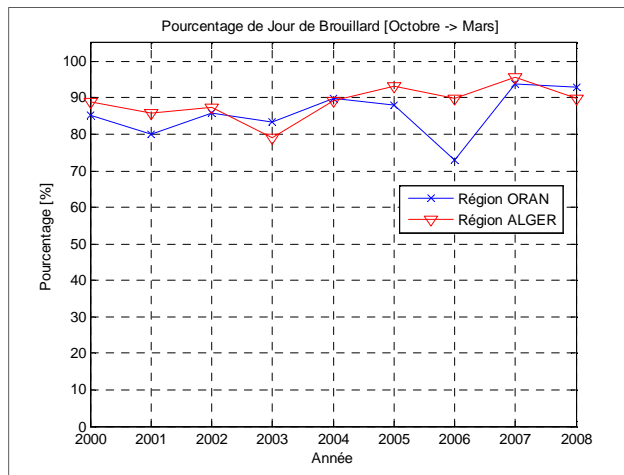


Figure II.14 Nombre annuel de jours de Gelée dans la région d’Alger

**II.4.6.b. Le brouillard**

Il apparaît le plus fréquemment durant la période [Octobre -> Avril]. Sa présence durant la saison estivale est défavorable au bon fonctionnement des isolateurs.

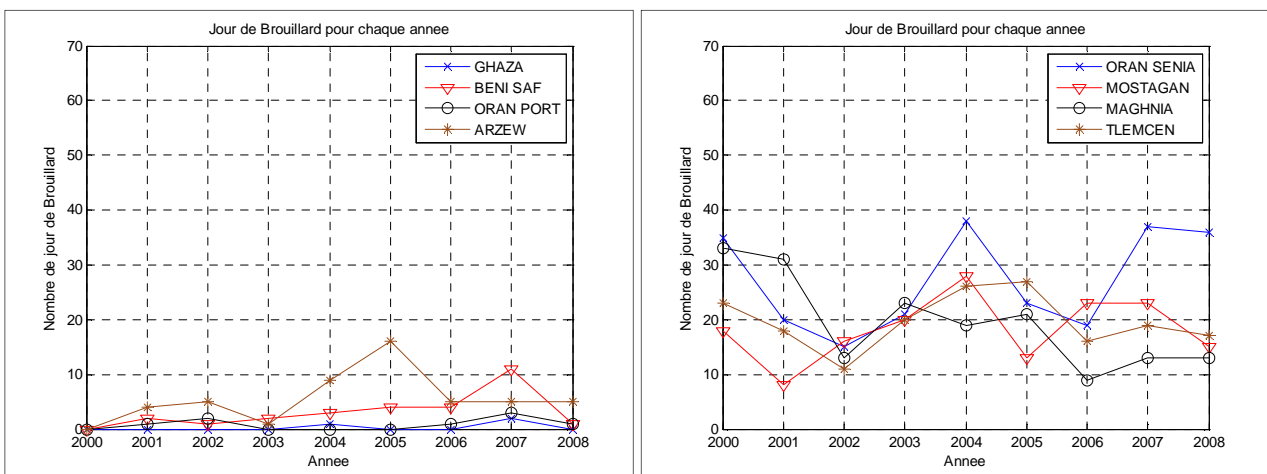
Durant la période [2000->2008], plus de 80% de jours de brouillard ont été localisés pendant la période [Octobre --> Avril] dans les deux régions Alger et Oran. [Figure II.15].



**Figure II.15** Le pourcentage de jours de brouillard durant la période [Octobre -> Avril] dans les deux régions électriques Alger et Oran

**Région d’Oran**

Les nombre de jours de brouillard est important [entre 15 et 30 Jours/an] dans les villes : *Tlemcen, Oran, Mostaghanem, Maghnia, El Bayadh*, il est moins important [entre 10 et15 Jours/an] dans les villes : *Arzew, Mascara*, et faible [moins de 5 jours/an] à *Béni Saf, S.Bel Abbes, Arzew, Saida, El Bayadh*. [Figure II.16]



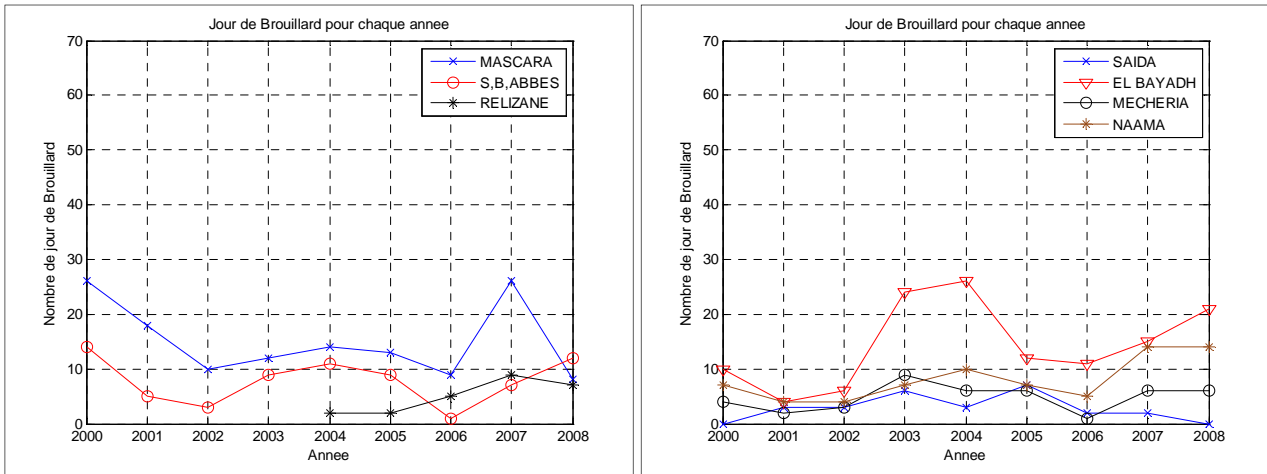


Figure II.16 Nombre de Jours de brouillard dans la région d’Oran

**Région d’Alger**

Le nombre de jours de Brouillard est maximum dans les années 2003,2004 et 2007. Le nombre de jours de Brouillard est Important [entre 20 et 60 Jours/an] dans les villes : *Media*, *Melina* et *Dar El Beidha*, moins important [entre 10 et 20 Jours/an] dans les villes : *Tiziou zou* ,*Bouira*, *Chlef* et faible [moins de 5 jours/an] dans *Alger Port*, *MSila*, *Boussaada*. [Figure II.17]

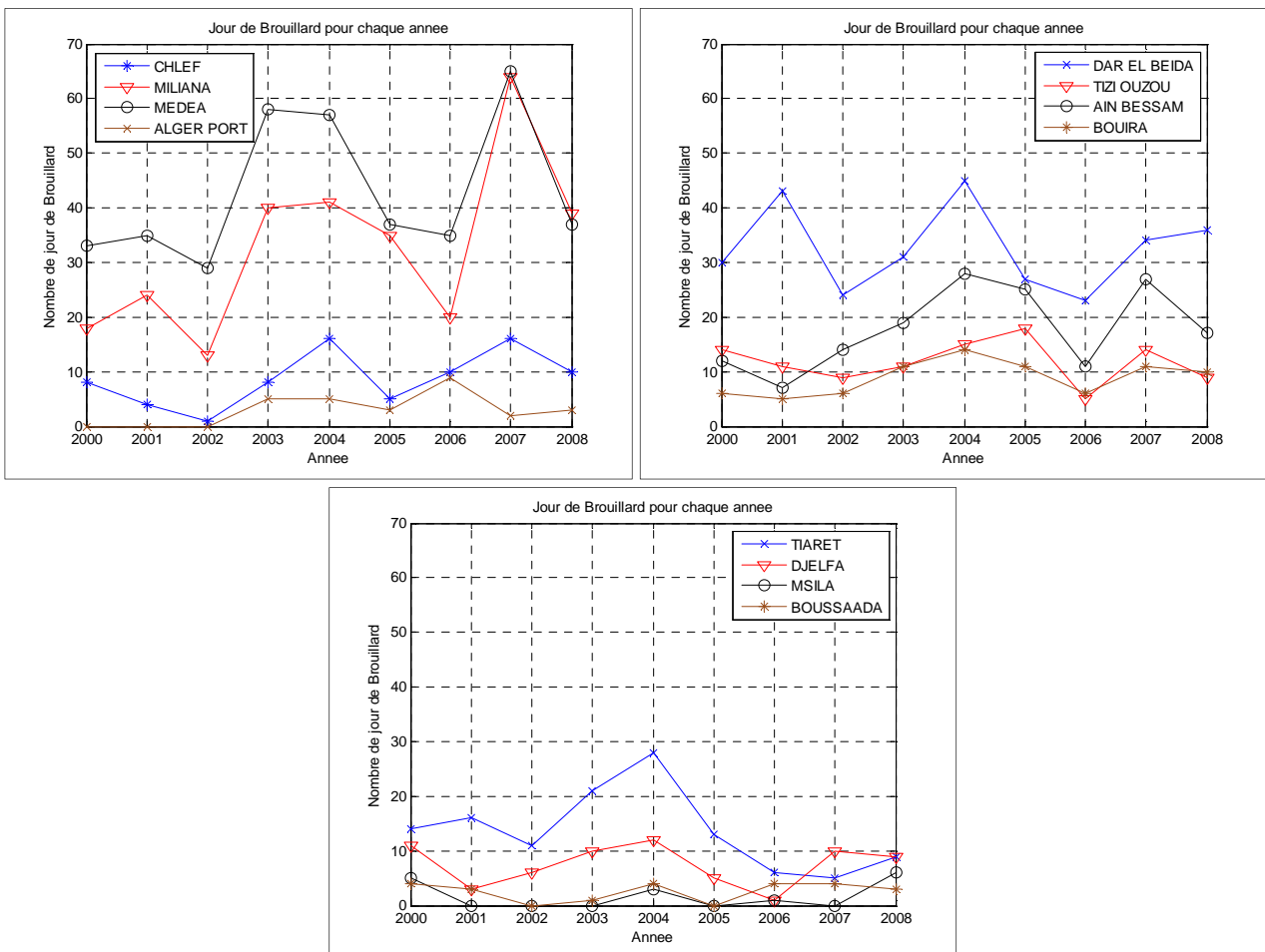


Figure II.17 Nombre de Jours de Brouillard dans la région d’Alger



### II.4.6.c. Orages

Le nombre de jours d'orages peut varier considérablement d'une année à une autre. Les orages surviennent surtout aux mois de **Mars, Avril, Novembre** et **Décembre** [17][18].

### II.4.6.d. La rosée

C'est la condensation de la vapeur d'eau sous forme de gouttelettes déposées sur les surfaces froides, le plus souvent pendant les nuits fraîches des saisons chaudes de l'année. La rosée apparait dans la période de la fin du printemps et l'été [**Avril – Septembre**] dans les régions où l'humidité est importante, et l'écart entre la température max et min est grand [17][18].

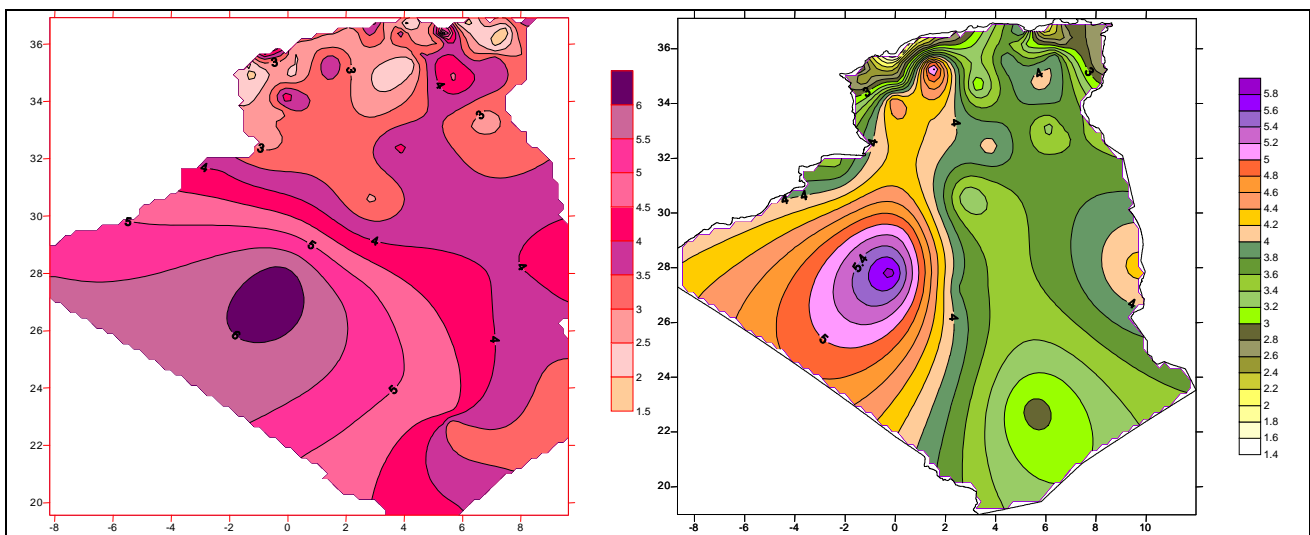
### II.4.7. Vents

Les vents qui soufflent de la mer vers l'intérieur (vents marins) sont à l'origine de la propagation de la pollution marine [**Figure II.18**].

Les directions, par site, des vents dominants sont indiquées dans le tableau [**Tableau II.13**]. Ces mesures sont les résultats des enregistrements des stations météorologiques installées par CREDEG [17].

Wilaya	Site	Direction du vent
Alger	Ouled Fayet	EN et E : Est-Nord et Est
	Dely Brahim	EN et E : Est-Nord et Est
Boumerdas	Boudouaou	NW : Nord-West
Oran	Arzew	O et SO: Ouest et Sud-Ouset

**Tableau II.13** Direction des vents dominants [17] [18]



**Figure II.18** Vitesses moyennes du vent [24]

## II.5. CONCLUSION

Le réseau électrique Algérien dans les régions électriques d'Alger et d'Oran est exposé à plusieurs sources de pollution de différentes natures, et qui varient d'une source à une autre.

L'analyse de quelques sources de la pollution industrielle a montré que les substances les plus importantes sont : monoxyde de carbone [CO], dioxyde de carbone [CO<sub>2</sub>], dioxyde de soufre [SO<sub>x</sub>], oxyde d'azote [NO<sub>x</sub>], ozone [O<sub>3</sub>], composés organiques volatils [COV] et même parfois des particules de poussière. Ces rejets n'affectent pas l'air seulement mais tout l'environnement, l'importance de la source de pollution dépend de la quantité des rejets dégagés par celle-ci.

La pollution naturelle est très importante en Algérie car notre pays dispose d'un littoral considérable et de lacs salés proches des endroits sensibles (économiques), la pollution de ces sources ne s'arrête pas aux embruns de sel transporté par l'air mais aussi la contamination du sol, l'analyse physico-chimique des sols proche de ces sources (lacs, mer, sebkha) a démontré une très forte teneur en sel.

La forte concentration démographique dans le nord a pour effet d'augmenter l'influence de la pollution due au trafic routier. Toutes les routes nationales proches des lignes sont de véritables sources de pollution.

L'influence des sources de pollution dans une région sur une ligne ou plusieurs lignes dépend des conditions climatiques qui varient d'un site à un autre.

Les facteurs climatiques tels que la pluviométrie, l'humidité, le vent, la température, le brouillard, la gelée, la rosée, varient d'une année à une, et d'un site à un autre. Cette variation peut être utilisée pour l'interprétation d'apparition des incidents due à la pollution dans le réseau de transport d'énergie électrique.

---

## **Chapitre III**

# **Analyse des incidents dans les régions électriques centre et ouest**

---

### **III.1. Introduction**

La résolution des problèmes dus à la pollution des isolateurs de haute tension peut s'effectuer à l'aide d'un traitement des incidents provoqués par cette pollution. Une analyse détaillée concernant les incidents survenus sur les lignes de transport d'énergie électrique nous permet d'identifier les sources et les causes principales de leur apparition, ainsi que les années critiques, la période la plus difficile de l'année et même la période de la journée où le nombre d'incidents est le plus élevé. Elle permet aussi de localiser les zones fortement polluées et les lignes les plus affectées par la pollution pour évaluer le degré de sévérité de la pollution du site.

L'évaluation de la sévérité de pollution des sites est souvent essentielle pour connaître le comportement diélectrique et la fiabilité des lignes et des postes. La surveillance de la pollution est donc devenue de plus en plus importante. Elle est nécessaire pour la conception et le choix d'un mode d'isolation adéquat (type d'isolateurs, nombre, matériaux...), la définition des procédures de maintenance adaptées ou encore pour prévoir des parades efficaces aux problèmes de contournement sous pollution.

Ce travail est réalisé en collaboration avec le CREDEG, le GRTE et l'OS de SONELGAZ. En effet, ils ont mis à notre disposition, les différentes données concernant les incidents survenus sur les lignes de 220 kV et 60 kV des régions électriques étudiées (Alger & Oran), les informations sur ces lignes (longueur, isolateurs...), ainsi que les données climatologiques correspondantes [16-18, 26].

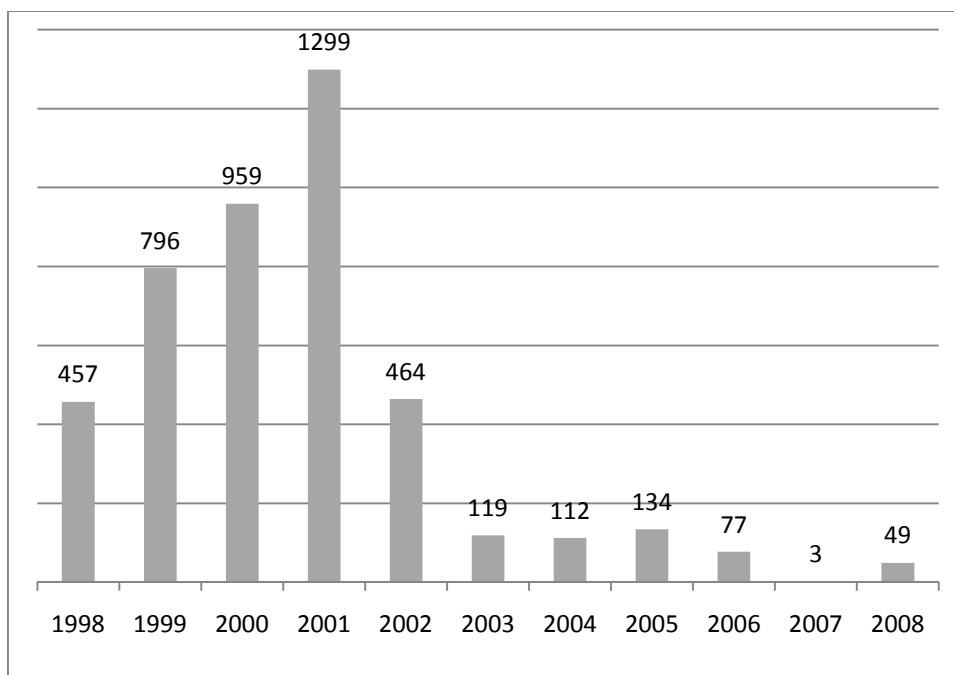
Dans cette partie de notre travail, nous nous sommes intéressés au traitement des incidents de types DR et DRD durant la période 1998-2008, tous les incidents que nous étudions sont supposés dus aux phénomènes de pollution. Le traitement de ces incidents a abouti à la détermination des taux annuels d'incidents, leur distribution journalière, mensuelle, saisonnière et annuelle.

Nous traitons en premier les statistiques des incidents pour chaque région du point de vue répartition d'incidents par année, par saison, et par type de défaut sur la période étudiée [26]. Nous donnons ensuite, les densités d'incidents par ligne pour chaque niveau de tension (220 kV et 60 kV), en précisant les lignes les plus affectées. Après cela, les répartitions journalières (par plage horaire) sont données pour chaque saison de l'année.

La deuxième partie de ce chapitre est consacrée au traitement des incidents de chaque année séparément, en donnant les répartitions mensuelle et saisonnière d'incidents pour déterminer les années critiques et plus précisément, le mois et même l'horaire où il y a eu le plus d'incidents pour faire une corrélation avec les données climatologiques dans le chapitre suivant.

## III.2. REGION D'ALGER

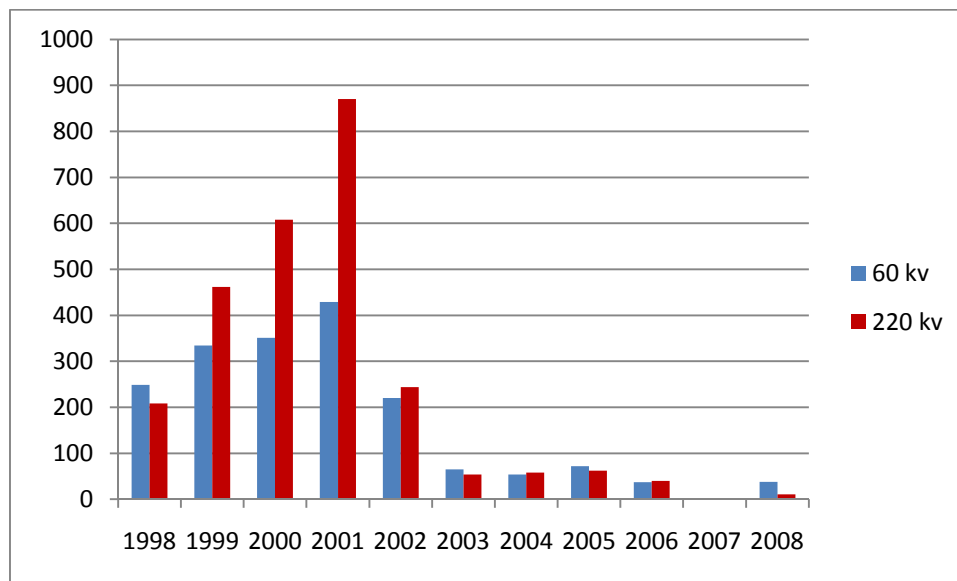
### III.2.1. Nombre total d'incidents par année sur la période 1998-2008



**Figure III.1:** Nombre d'incidents par année pour la région d'Alger.

La figure III.1 représente le nombre total d'incidents survenus sur le réseau électrique (HT et THT) de la région d'Alger entre 1998 et 2008, ce nombre atteint **4469** incidents. On remarque que dans la période entre l'année 1998 jusqu'à 2002, la majorité des incidents ont été enregistrés durant l'année **2001** seule (**89 %** des incidents, avec **1299** incidents), l'année 2001 représente l'année critique pour cette région. Ce nombre aussi important est, selon les données météorologiques, dû à une période fortement marquée par la sécheresse (la précipitation maximale enregistrée est **253 mm** en 2001) et un taux d'humidité relativement élevé (il a atteint **91%**). Ces facteurs, excluant les phénomènes d'auto-nettoyage, ont favorisé les contournements des isolateurs. Ceci n'est pas le cas des années entre 2003 et 2008 (surtout en 2007) où les précipitations pluviales ont été beaucoup plus importantes (exemple : en 2007 la précipitation atteignait **420 mm**).

On remarque aussi que le nombre d'incidents était en croissance entre 1998 et 2001 (une valeur crête de **1299** en 2001), puis il a chuté à **464** en 2002, et à partir de l'année 2003, le nombre d'incidents a diminué d'une façon remarquable avec un minimum de **3** incidents enregistré pour l'année **2007**.



**Figure III.2** : Répartition des incidents par année pour chaque niveau de tension.

La figure III.2 représente la répartition des incidents enregistrés pour chaque niveau de tension (220 kV et 60 kV) entre 1998 et 2008. Les incidents sont répartis comme suit : **2619** incidents sur les lignes de 220 kV, ce qui représente **59%** du nombre total, et **1850** incidents sur les lignes de 60 kV (**41 %**). En première lecture, le nombre d'incidents sur les lignes 220 kV paraît plus élevé que sur les lignes 60 kV surtout pour les années 1999, 2000 et 2001. Un paramètre plus important pour l'évaluation et la comparaison des performances du réseau électrique voire de chaque ligne (HT & THT), qui est le nombre d'incidents par 100 km, est donné dans le tableau suivant (Tableau III.1) :

	Nombre d'incidents	Longueur total en km	Taux d'incidents par 100 km
Lignes 220 kV	2619	1859.57	141
Lignes 60 kV	1850	1481.83	125

**Tableau III.1**: Le nombre d'incidents par 100 km pour chaque niveau de tension [17].

Le tableau III.1 montre que les lignes de 220 kV ont subi plus d'incidents que les lignes de 60 kV, mais la différence n'est pas importante.

### III.2.2. Répartition saisonnière des incidents

La figure III.3 montre que le plus grand pourcentage des incidents est obtenu en été, pour les deux niveaux de tension. Ceci est dû, selon les données météorologiques, à la sécheresse qui caractérise cette saison, et à la différence de température entre le jour et la nuit qui donne naissance au phénomène de condensation. Cette dernière cause est aussi présente en automne et au printemps

qui viennent en deuxième et troisième position en termes de pourcentage des incidents respectivement.

Le minimum d'incidents est enregistré pendant l'hiver à cause de la forte pluviométrie qui favorise l'auto nettoyage des isolateurs.

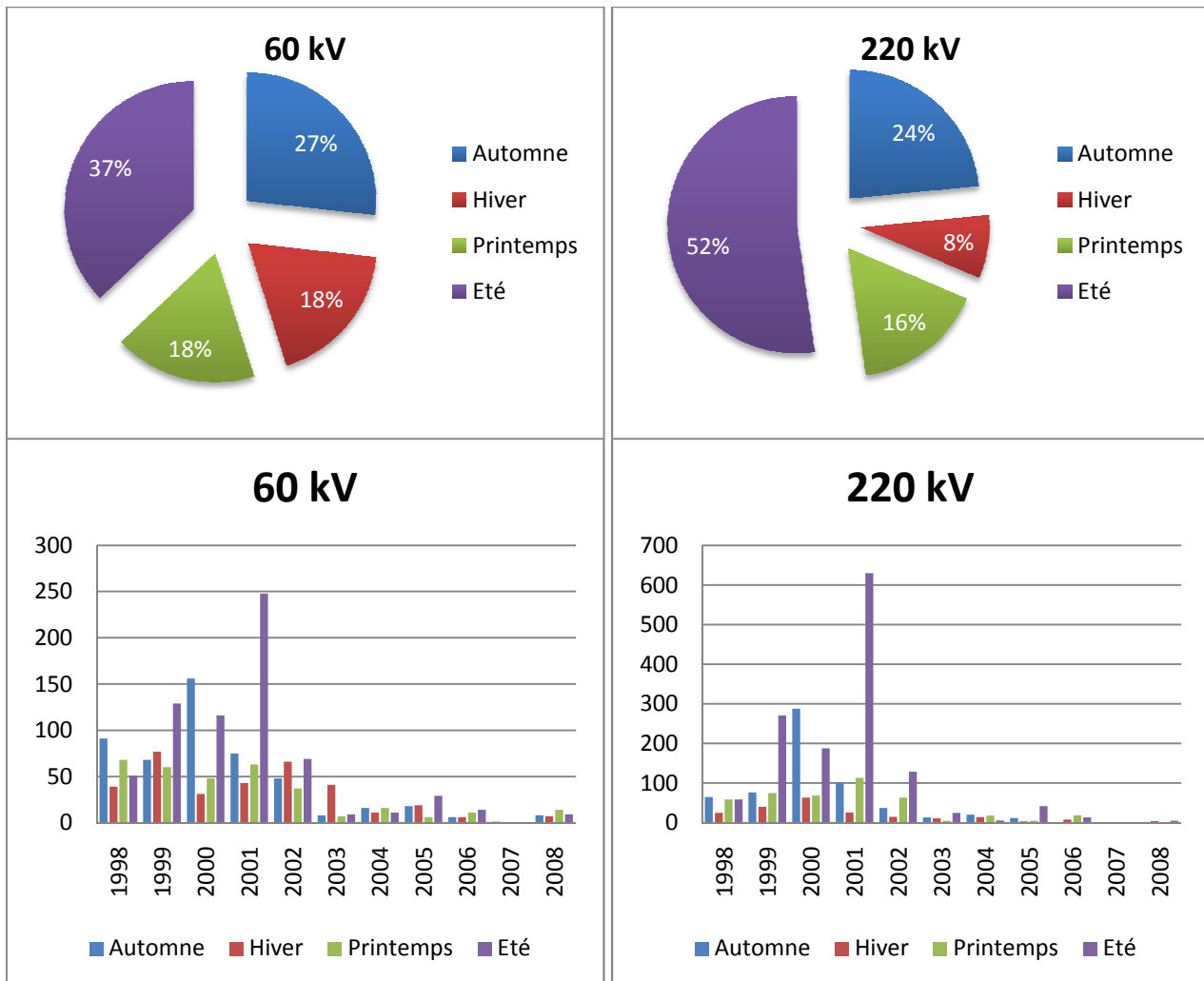


Figure III.3 : Répartition des incidents par saison.

### III.2.3. Répartition des incidents par type de défaut

La figure III.4 montre que les défauts déclenchement – ré enclenchement (DR) sont les plus fréquents (51%), puis viennent les incidents de type DT (36 %) en ensuite les DRD (11 %) et enfin les ouvertures de lignes (2%).

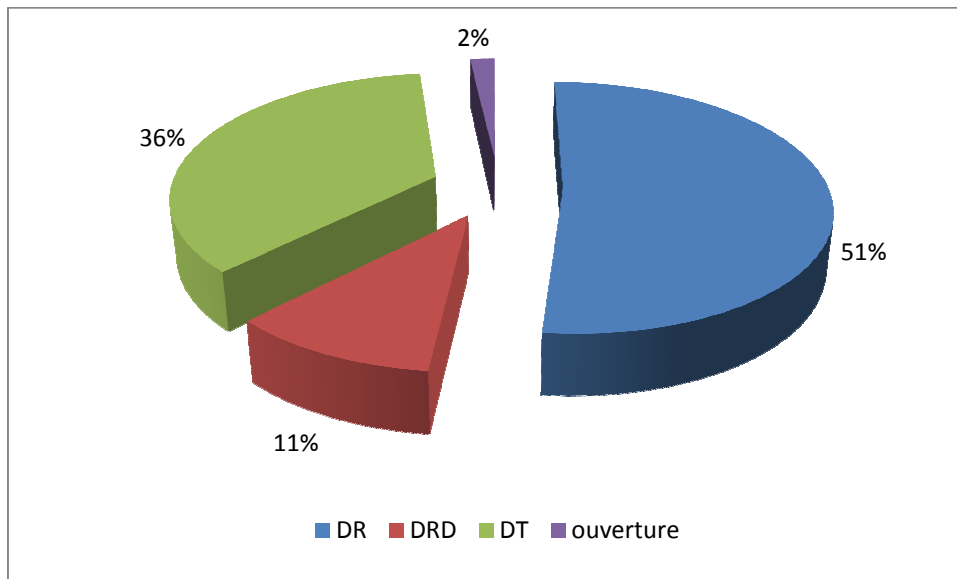


Figure III.4 : Répartition des incidents par types de défauts.

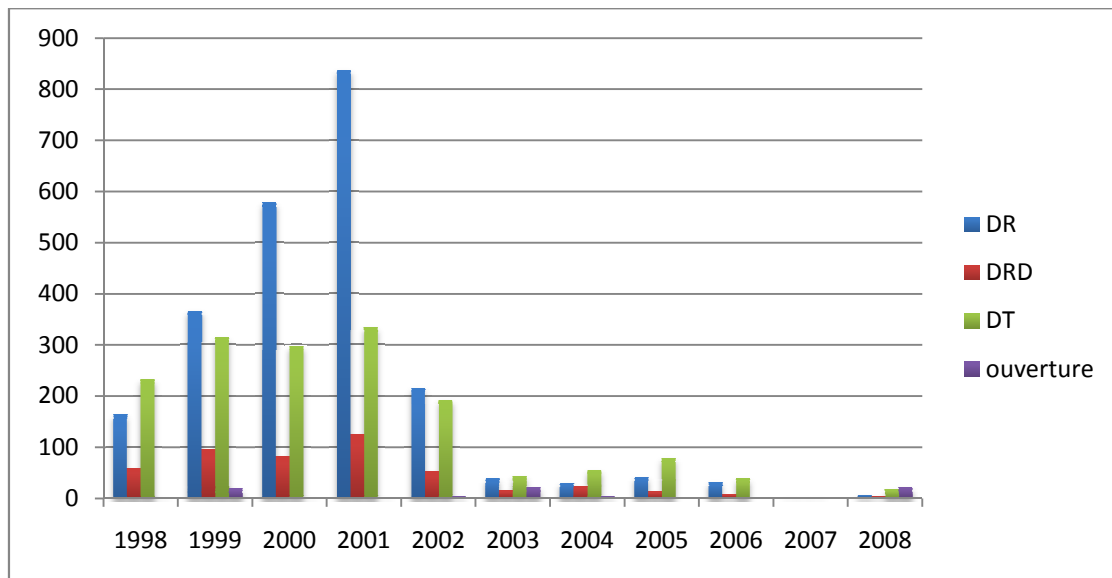
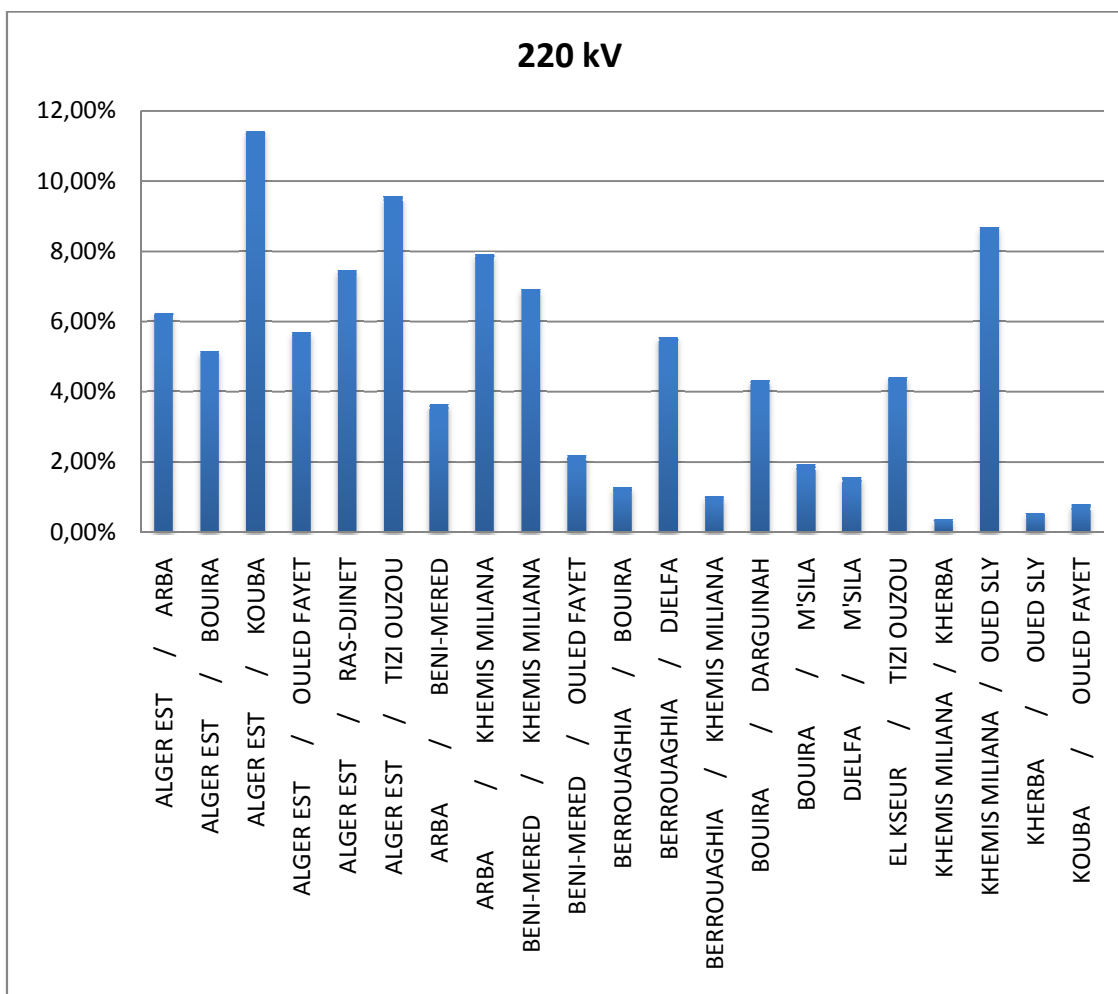


Figure III.5 : Répartition annuelle des incidents par types de défauts.

On remarque sur la figure III.5 que le nombre de défauts DR est en croissance à partir de l'année 1998 (164 incidents) jusqu'à 2001 où le nombre d'incidents de type DR est le plus élevé (837 incidents). On remarque aussi qu'à partir de l'année 2002, le nombre de défauts DR a diminué d'une façon remarquable (216 incidents en 2002 puis 38 incidents en 2003).

### III.2.4. Densité d'incidents par ligne pour chaque niveau de tension





**Figure III.6:** Répartition des densités d'incidents par ligne (220kV).

La figure III.6 montre que la plus grande densité d'incidents est enregistrée pour les lignes 220 kV issues du poste de **ALGER EST (BOUDOUAOU)** qui ont subi **45.4%** des incidents, en particulier les lignes :

- ALGER EST – KOUBA: **11.41 %** des incidents ;
- ALGER EST – TIZIOUZOU : **9.56 %** des incidents ;
- ALGER EST – RAS-DJINET : **7.46 %** des incidents ;
- ALGER EST – ARBAA : **6.24 %** des incidents ;

En deuxième lieu, les lignes issues du poste de l'**ARBAA**, qui ont subi **17.8%** des incidents répartis comme suite :

- ARBAA – KHEMIS MILIANA : **7.92%** des incidents ;
- ARBAA – ALGER EST: **6.24 %** des incidents ;
- ARBAA – BENI MERED **3.64 %** des incidents.

En plus, il y a les lignes suivantes :

- KHEMIS MILIANA – OUED SLY : **8.96 %** des incidents;

- KHEMIS MILIANA – BENI MERED: **6.92%** des incidents;
- BERROUAGHIA – DJELFA: **5.55%** des incidents;
- ELKSEUR – TIZIOUZOU: **4.42%** des incidents;
- BOUIRA – DERGUINA: **4.32%** des incidents.

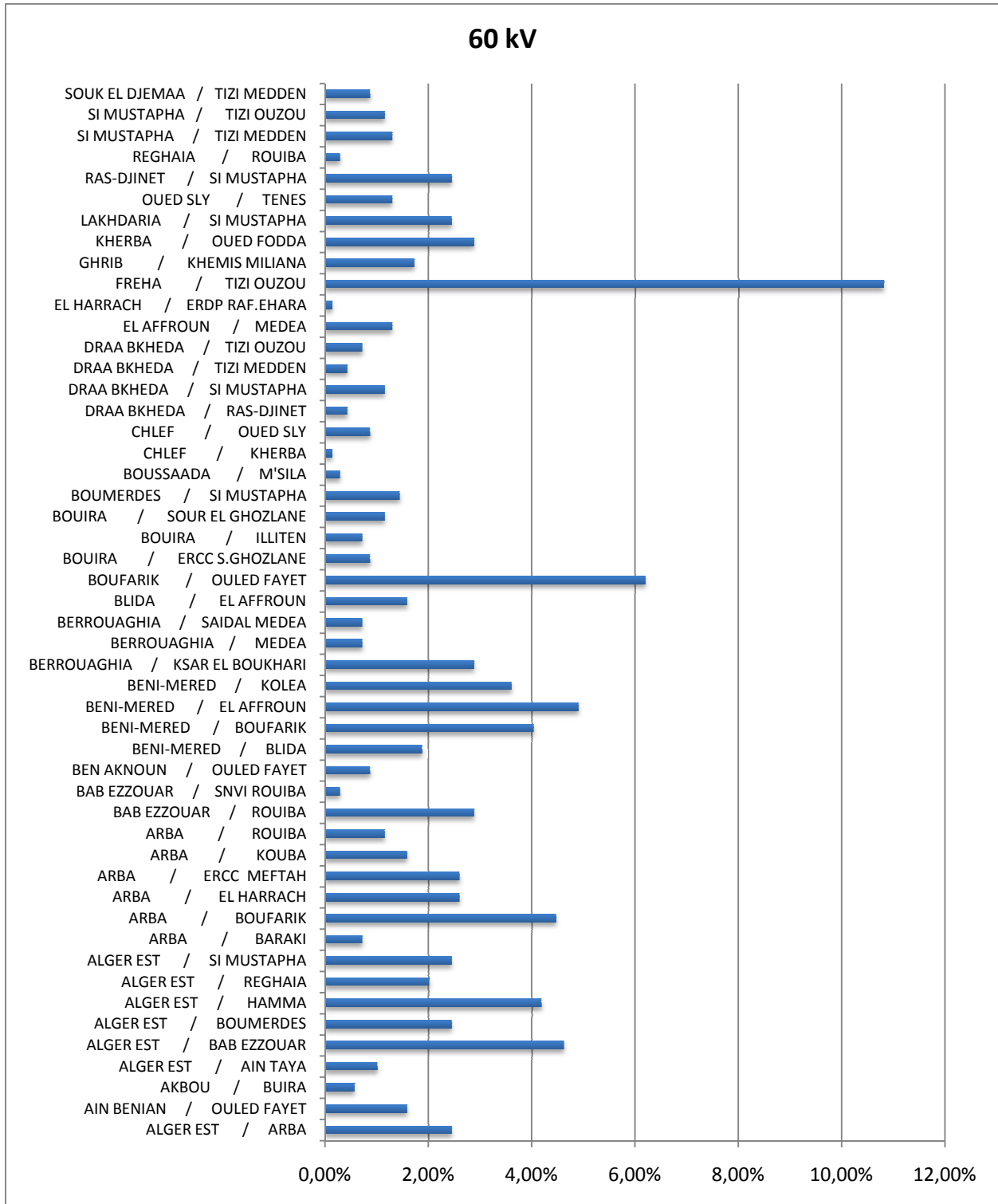
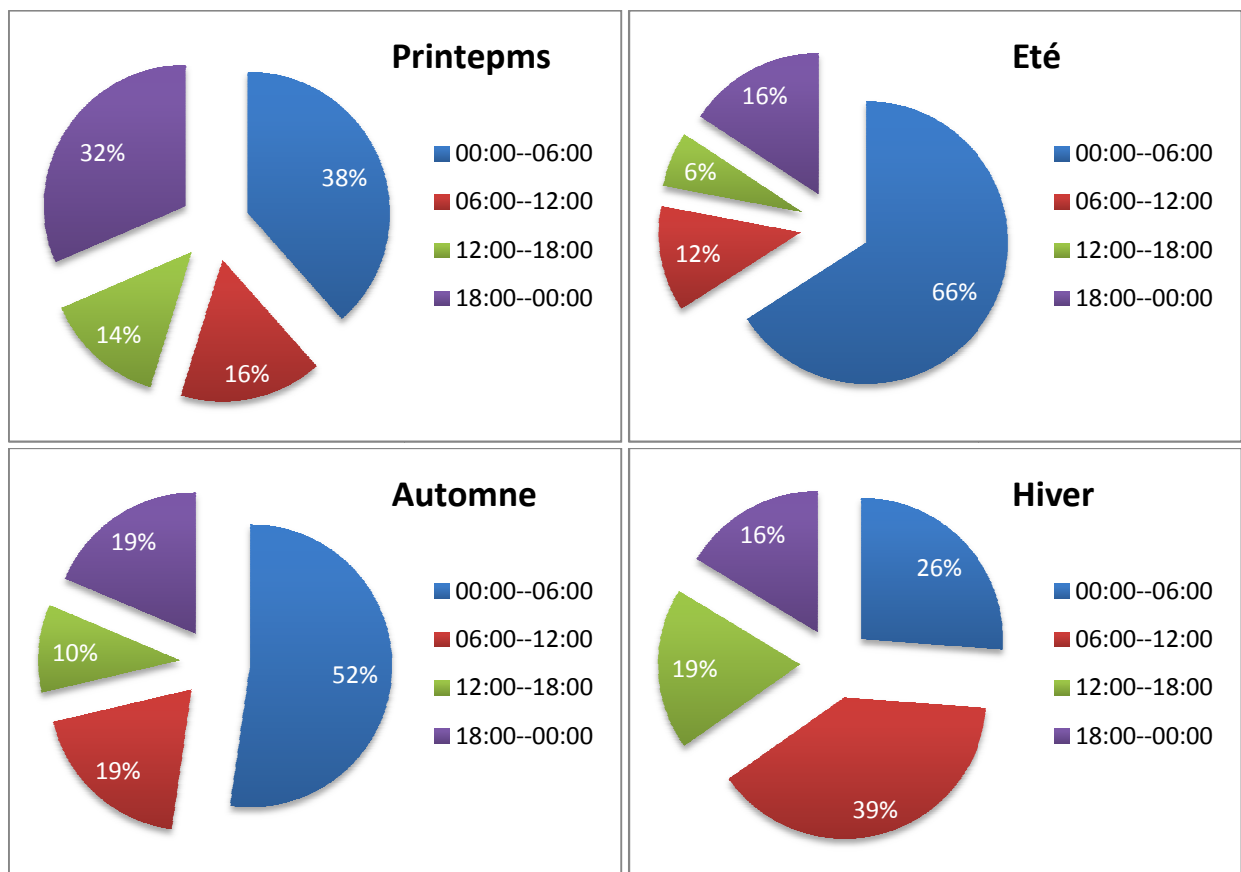


Figure III.7: Répartition des densités d'incidents par ligne (60kV).

La figure III.7 montre que les lignes de 60 kV les plus affectées sont :

- Les lignes issues du poste de BOUDOUAOU : **19.18%** des incidents ;
- Les lignes issues du poste de BENI MERAD : **14.44%** des incidents ;
- Les lignes issues du poste de l'ARBAA : **13.13%** des incidents;
- FREHA – TIZI OUZOU : **10.82%** des incidents ;
- BOUFARIK – OULED FAYET : **6.20%** des incidents.

### III.2.5. Répartition horaire des incidents pour chaque saison:



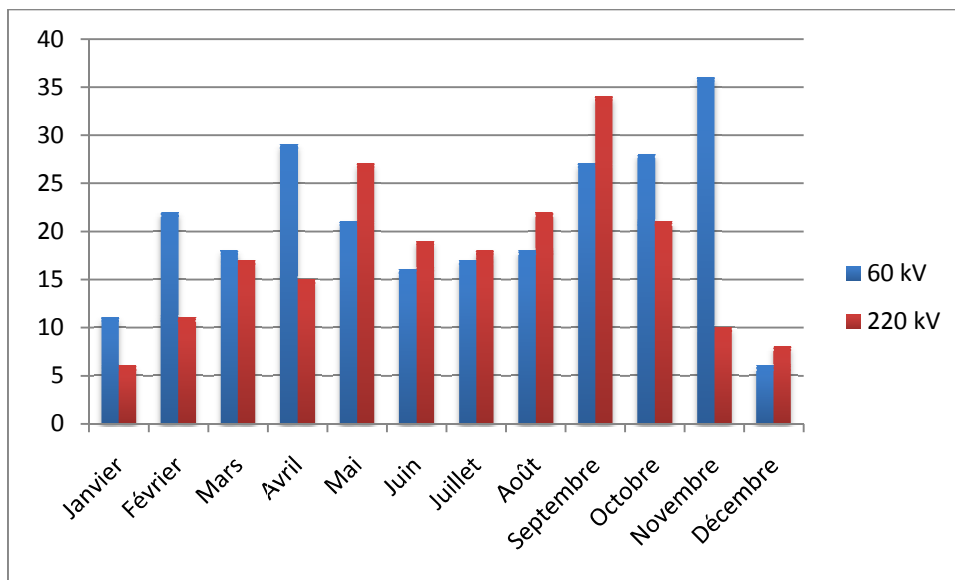
**Figure III.8:** Répartition ou horaire des incidents pour chaque saison.

La répartition horaire des incidents (figure III.8) montre que le plus grand nombre d'incidents a eu lieu entre 00h00 et 06h00 du matin pendant le Printemps, l'Automne et surtout pendant l'été. Ceci est dû aux phénomènes de condensation (brouillard, rosée...) qui ont lieu surtout le matin juste avant et après le levé du soleil. Ceci explique donc le grand nombre d'incidents entre 00h00 et 06h00 en été (levé du soleil aux environs de 05h00), et en automne où le levé du soleil s'effectue entre 06h00 et 07h00mn. Cependant, pour l'hiver, un grand nombre d'incidents est observé entre 06h00 et 12h00 car le levé du soleil est retardé aux environs de 08h00.

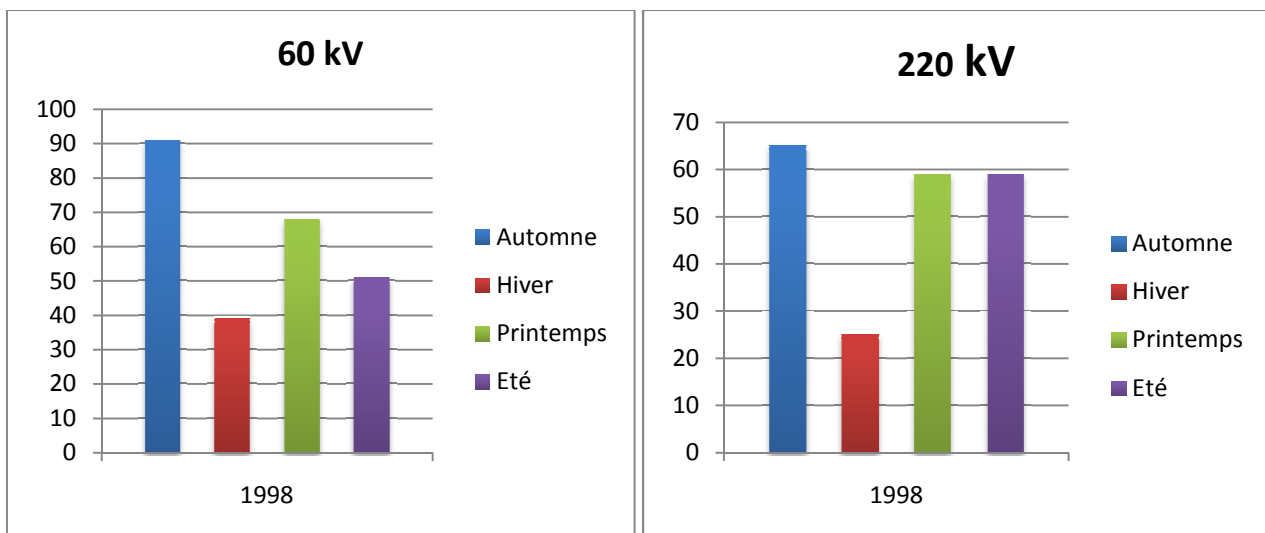
Au printemps, le grand nombre d'incidents est obtenu entre minuit et 06h00 du matin, mais aussi entre 18h et 00 h 00 à cause de la différence de température entre le jour et la nuit (avant et après le couché ou le levé du soleil).

**III.2.6. Répartition des incidents mensuelle, saisonnière et horaire pour chaque année**

a) 1998 :



**Figure III.9: Répartition des incidents par mois en 1998**



**Figure III.10: Répartition des incidents par saison en 1998**

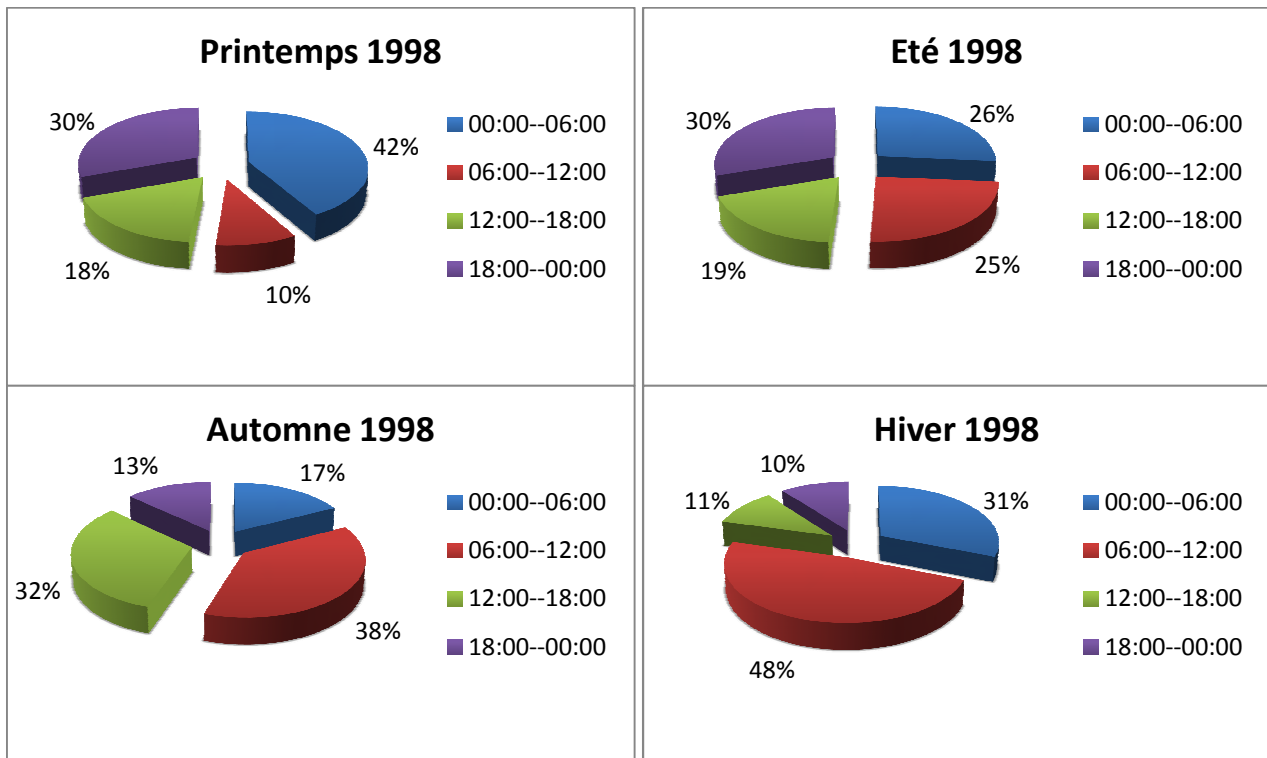


Figure III.11: Répartition horaire des incidents en 1998

b) 1999 :

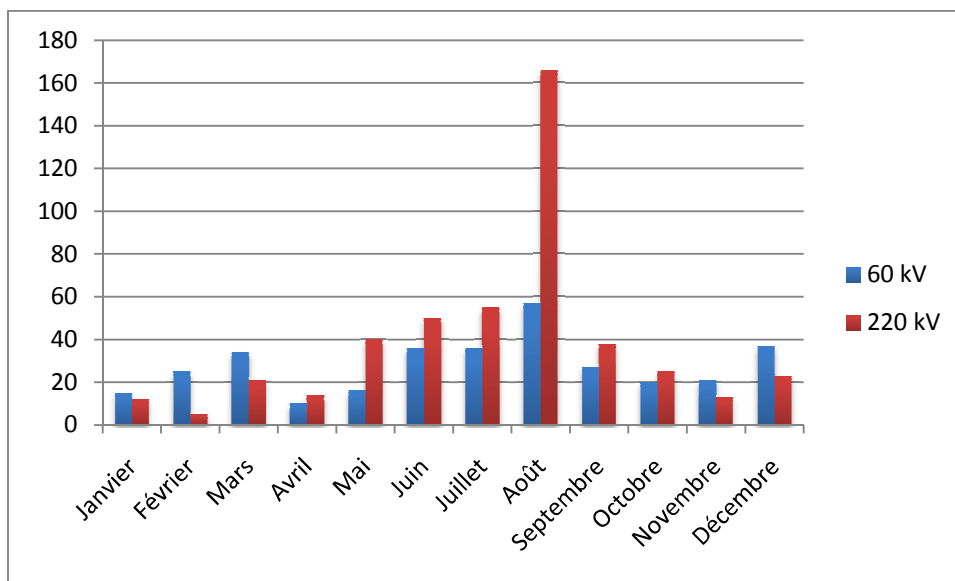


Figure III.12: Répartition mensuelle des incidents en 1999

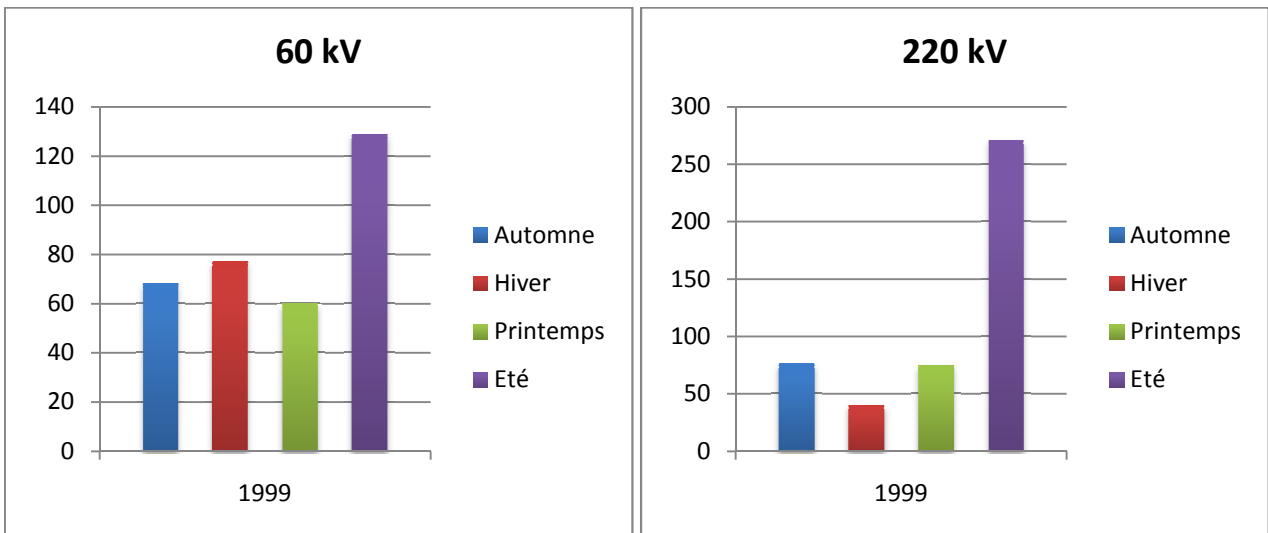


Figure III.13: Répartition des incidents par saison en 1999

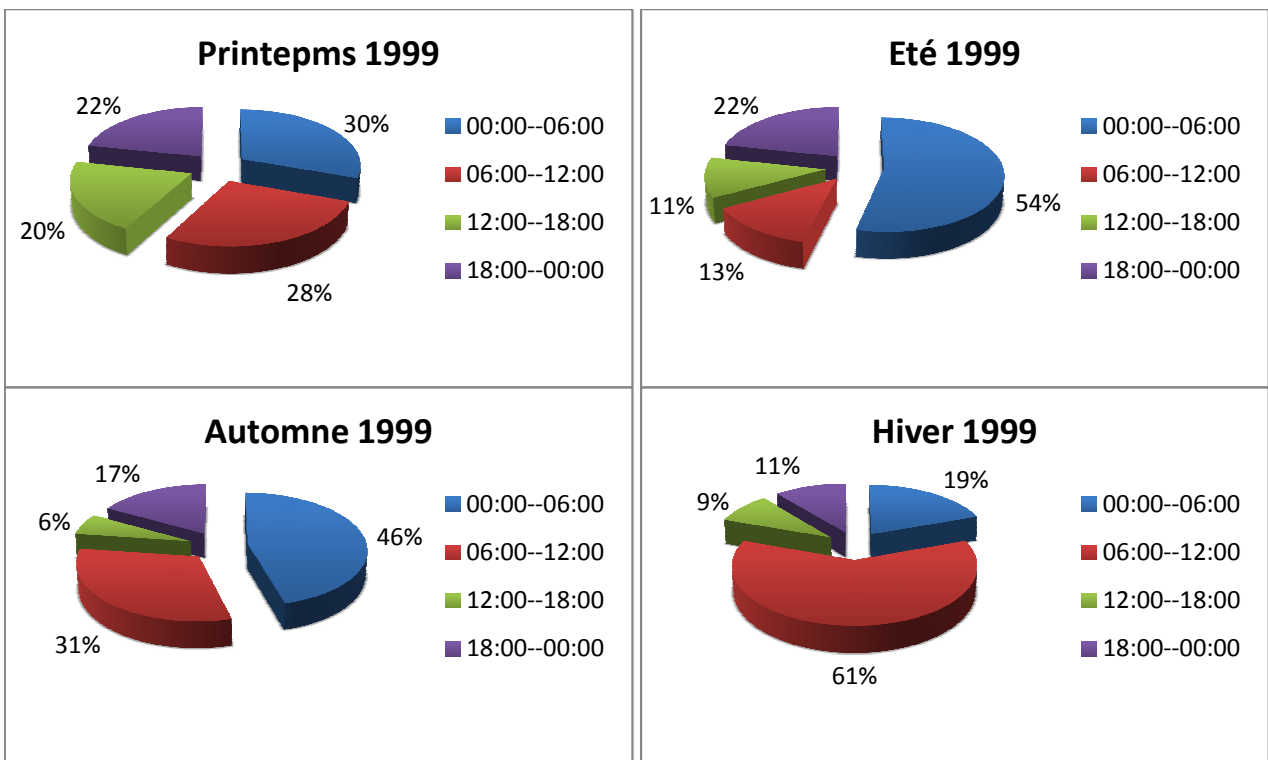


Figure III.14: Répartition horaire des incidents en 1999

c) 2000 :

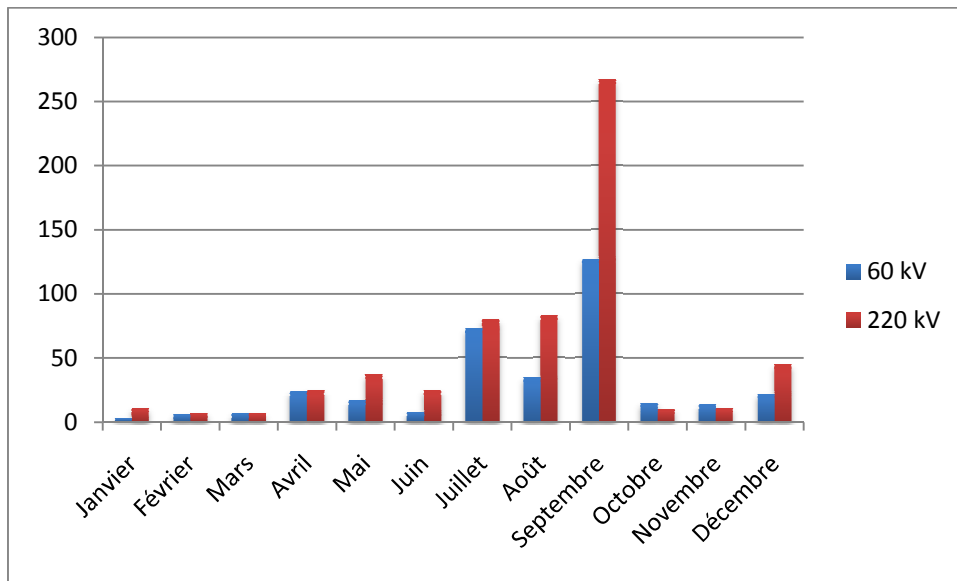


Figure III.15: Répartition des incidents par mois en 2000

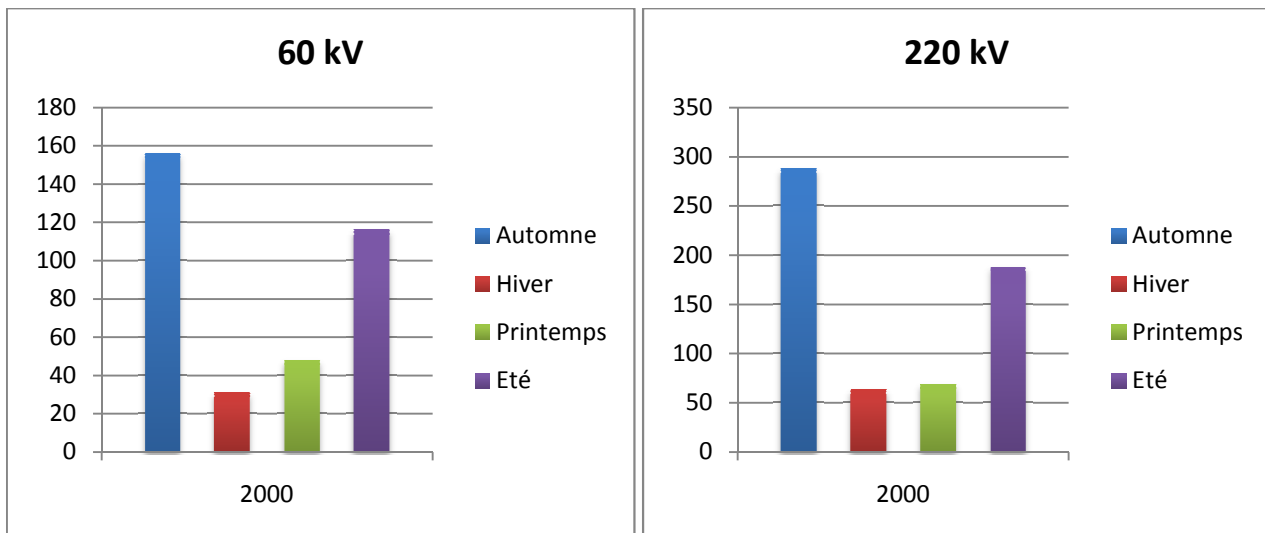


Figure III.16: Répartition des incidents par saison en 2000

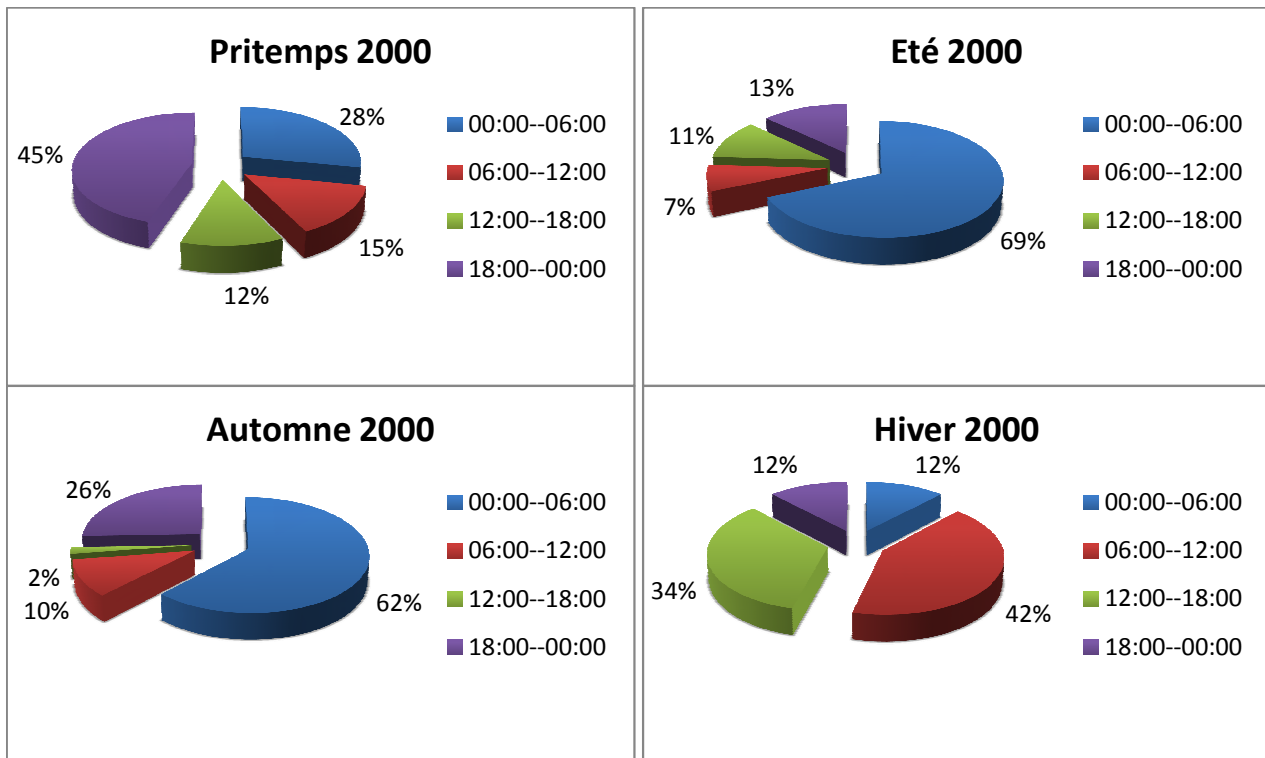


Figure III.17: Répartition horaire des incidents en 2000

d) 2001 :

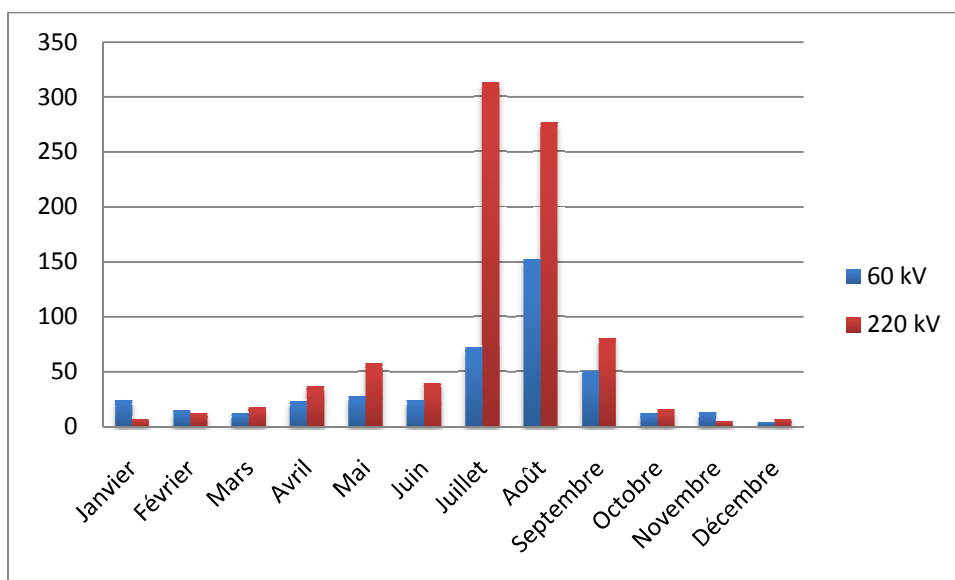


Figure III.18: Répartition des incidents par mois en 2001



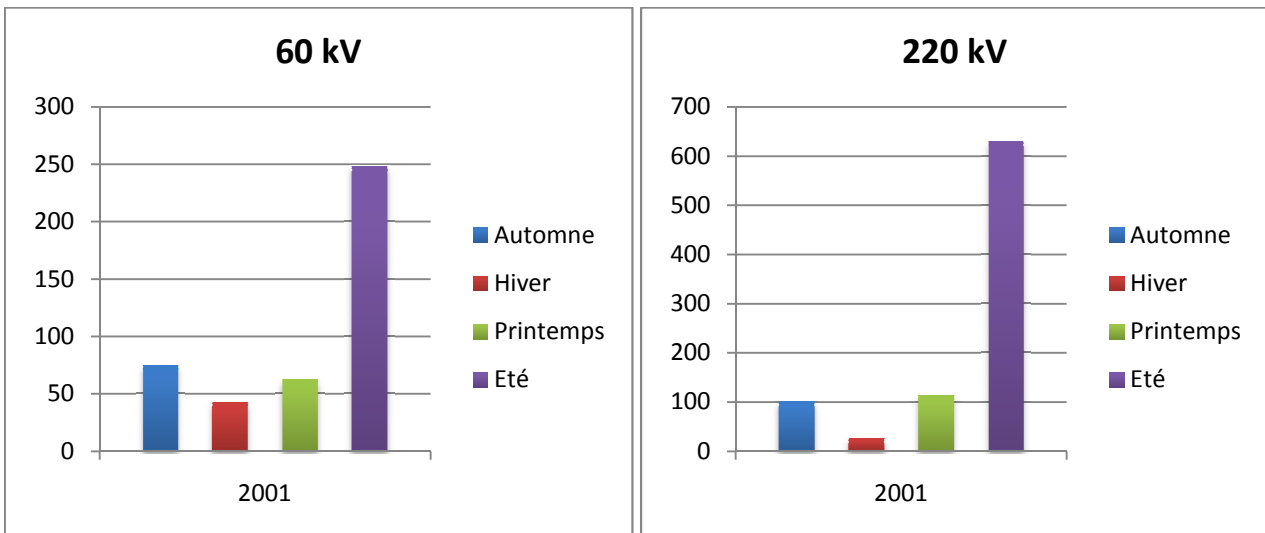


Figure III.19: Répartition des incidents par saison en 2001

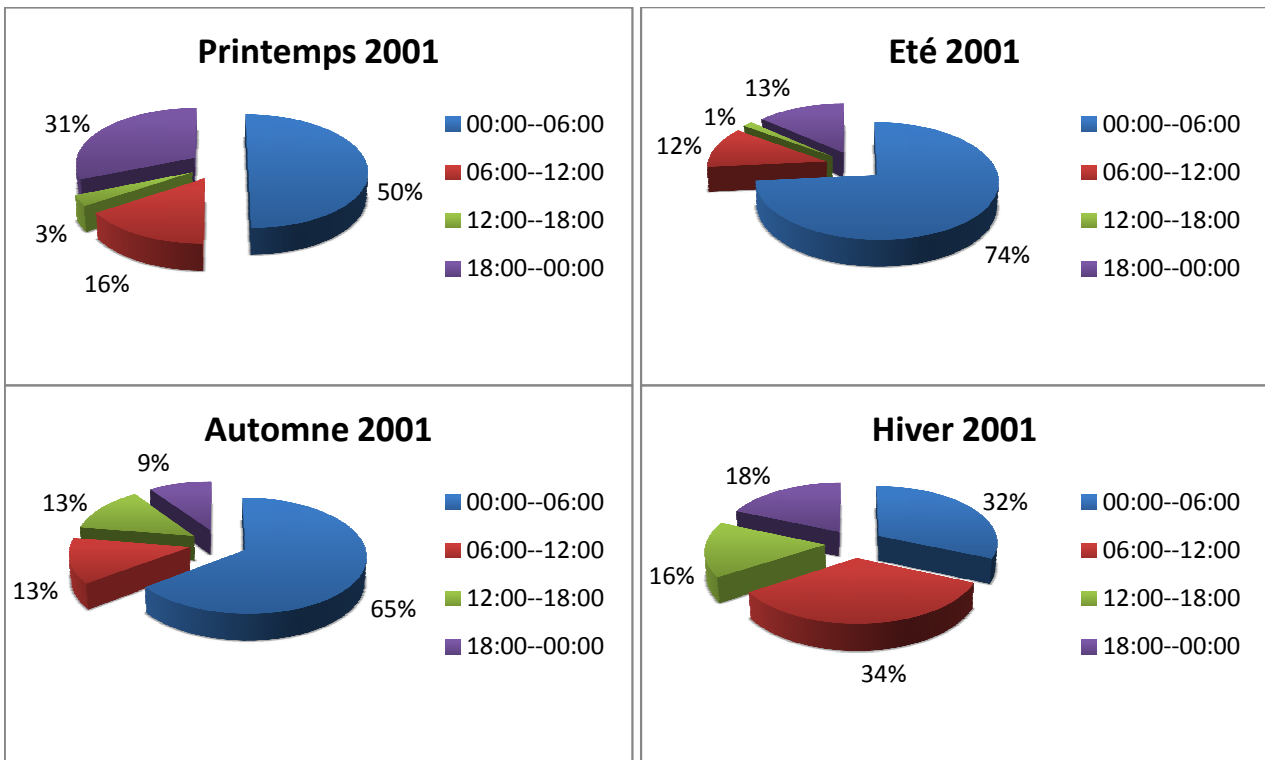


Figure III.20: Répartition horaire des incidents en 2001

e) 2002 :

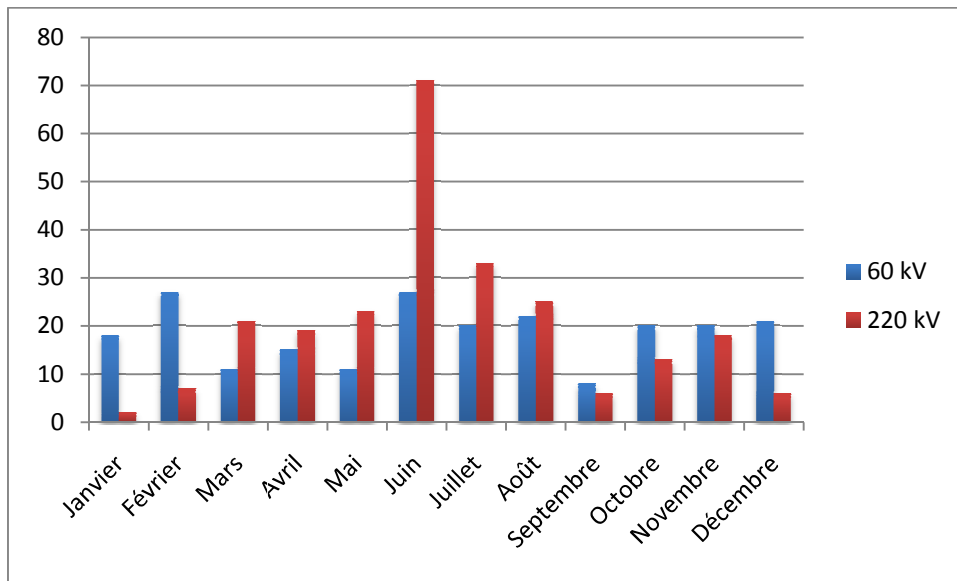


Figure III.21: Répartition des incidents par mois en 2002

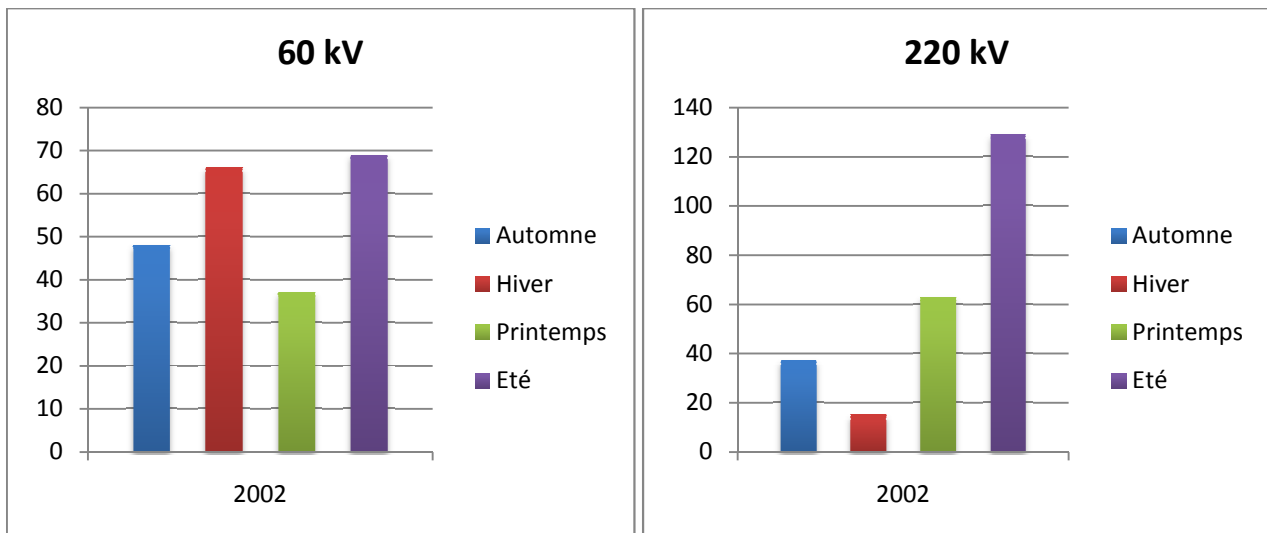


Figure III.22: Répartition des incidents par saison en 2002

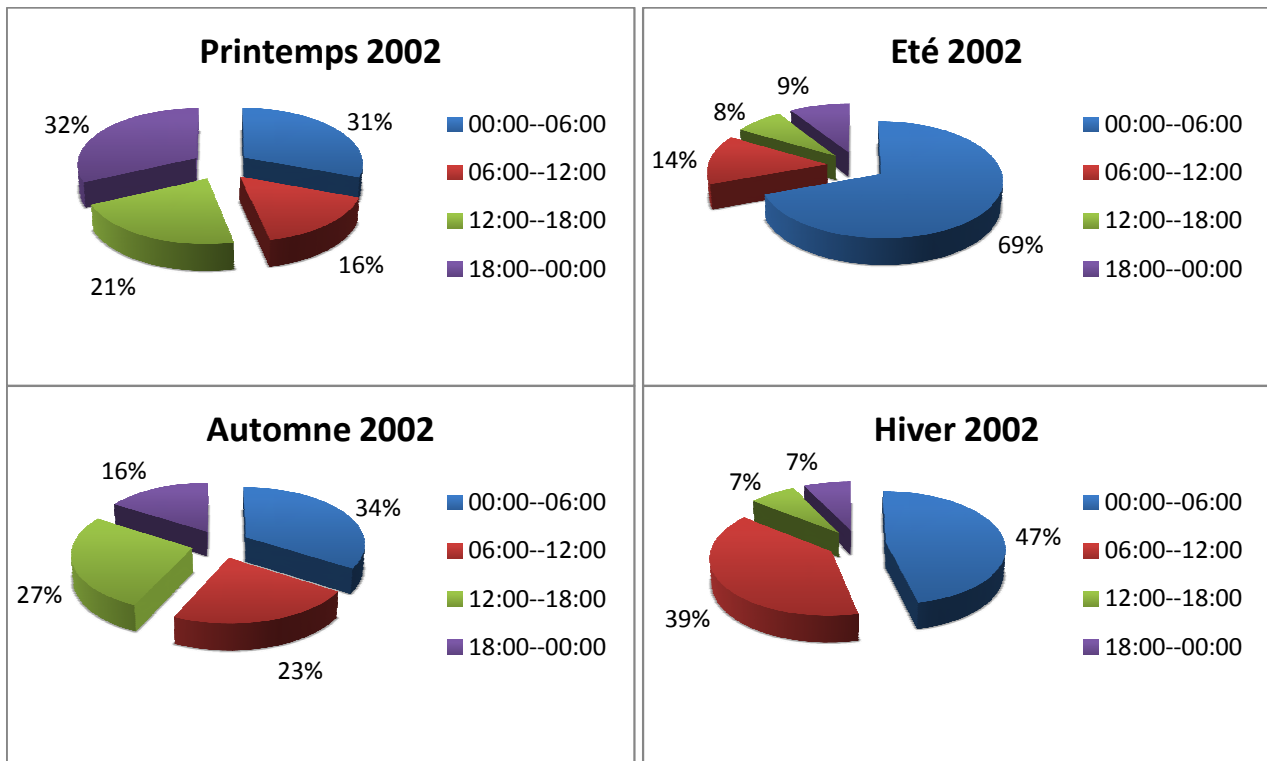


Figure III.23: Répartition horaire des incidents en 2002

f) 2003 :

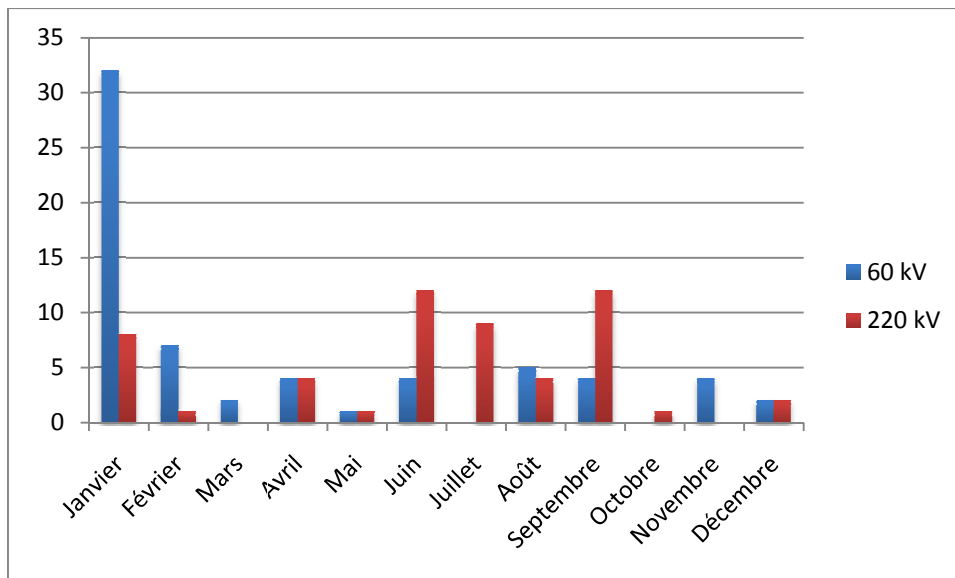


Figure III.24: Répartition des incidents par mois en 2003

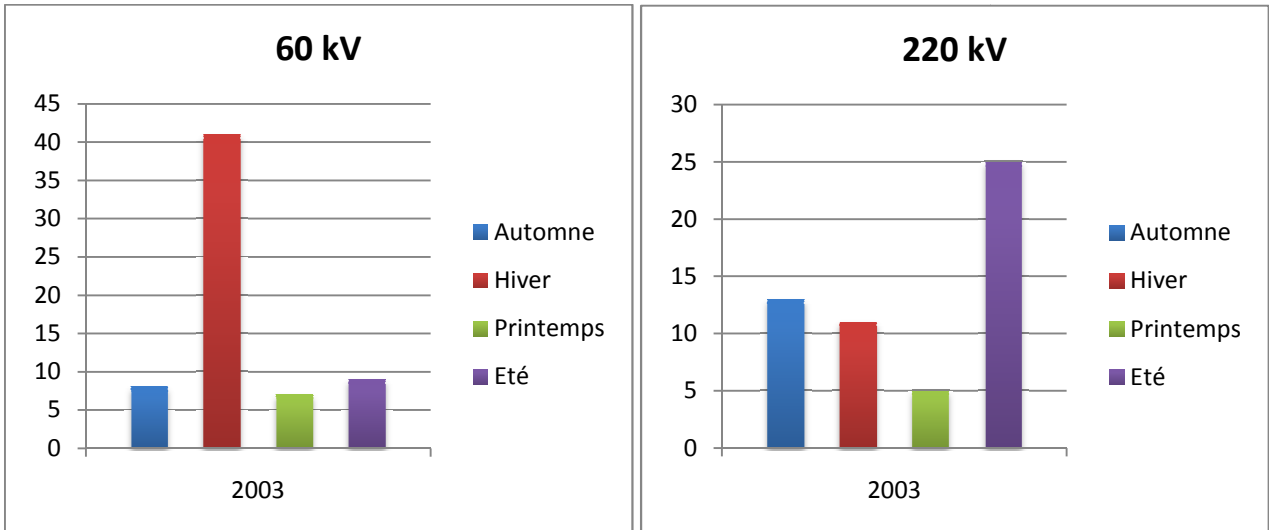


Figure III.25: Répartition des incidents par saison en 2003

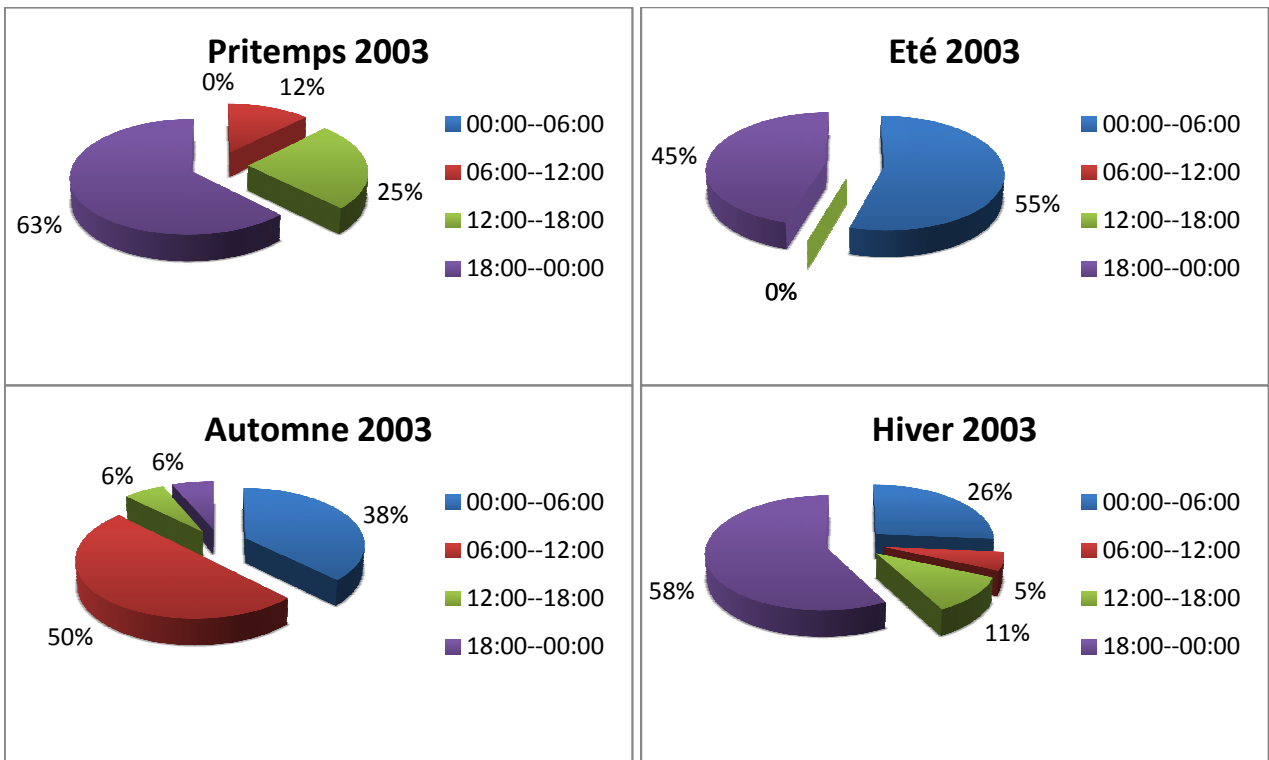


Figure III.26: Répartition horaire des incidents en 2003

g) 2004 :

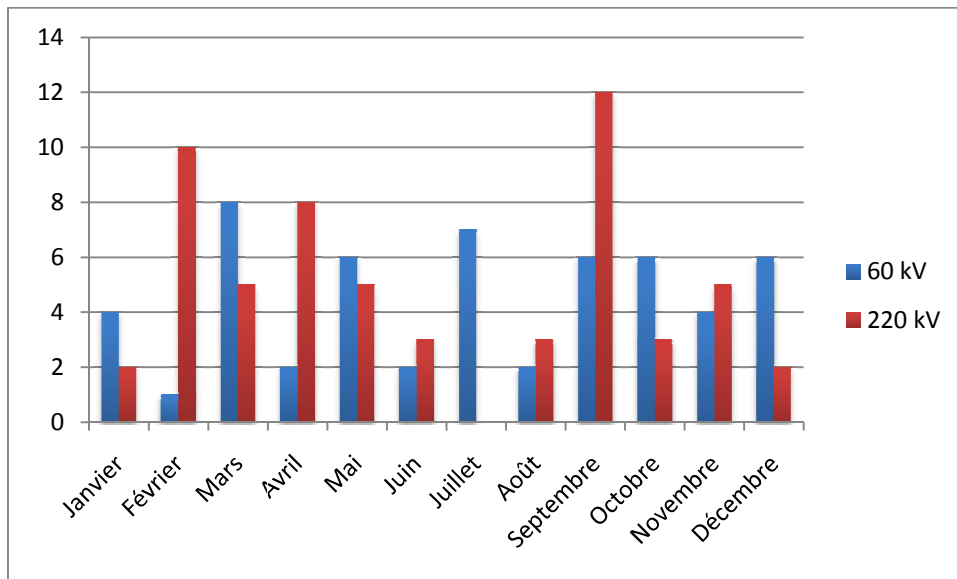


Figure III.27: Répartition des incidents par mois en 2004

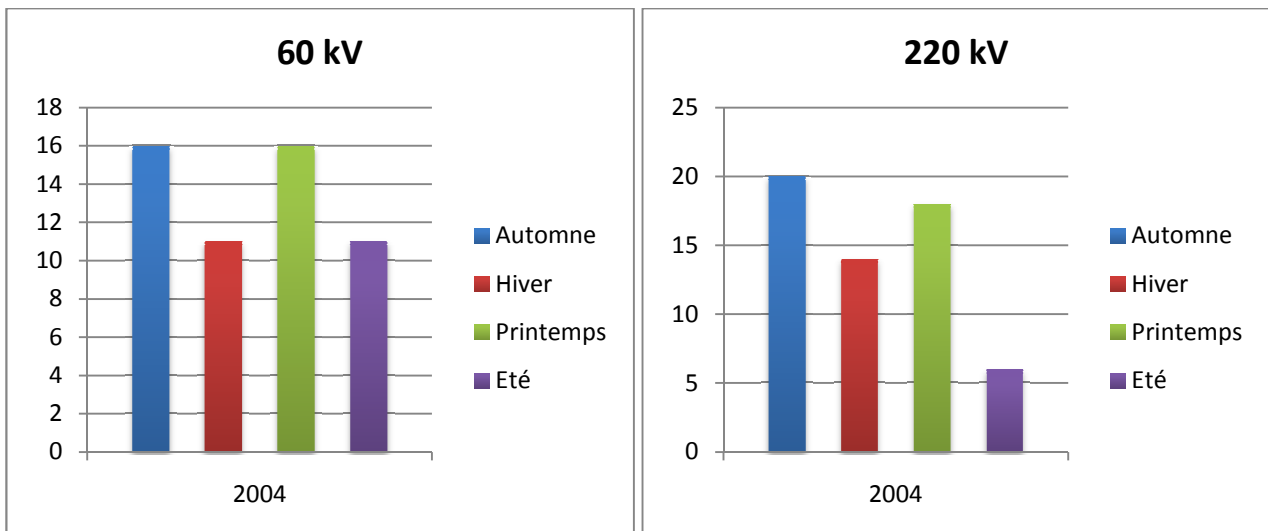


Figure III.28: Répartition des incidents par saison en 2004

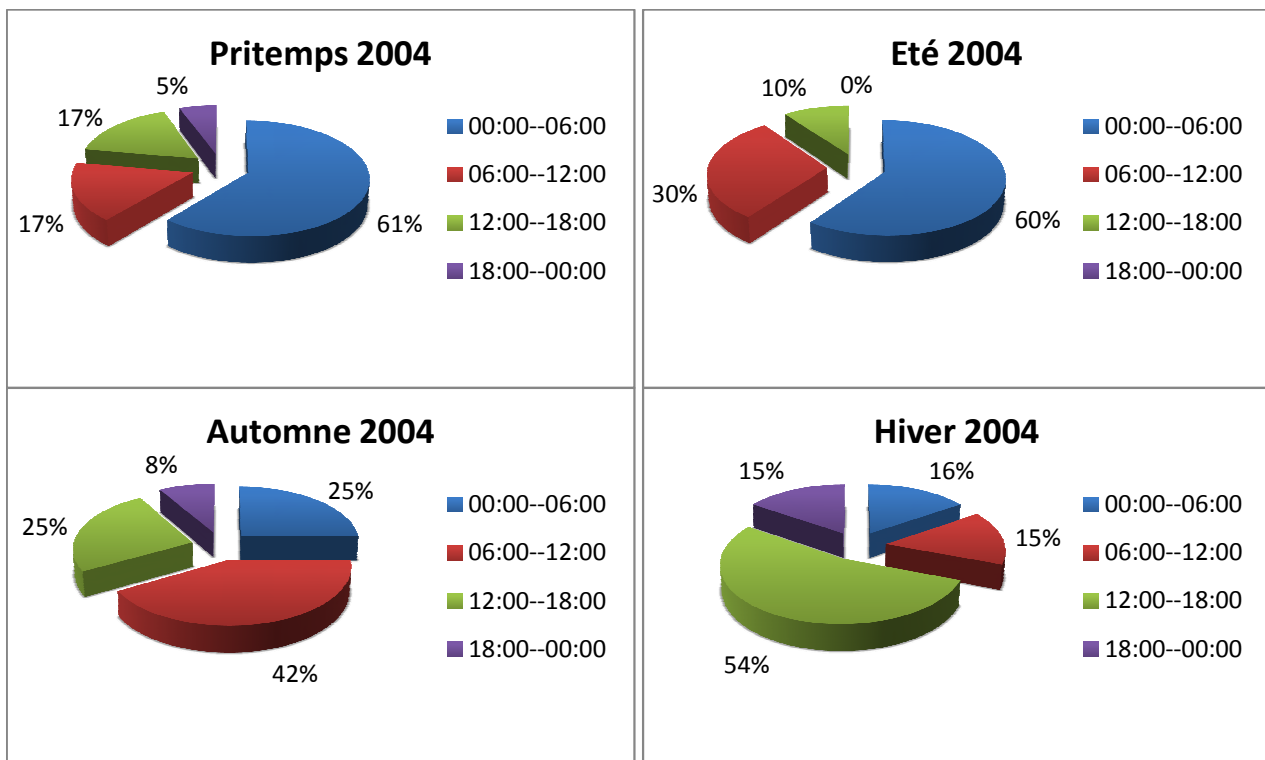


Figure III.29: Répartition horaire des incidents en 2004

h) 2005 :

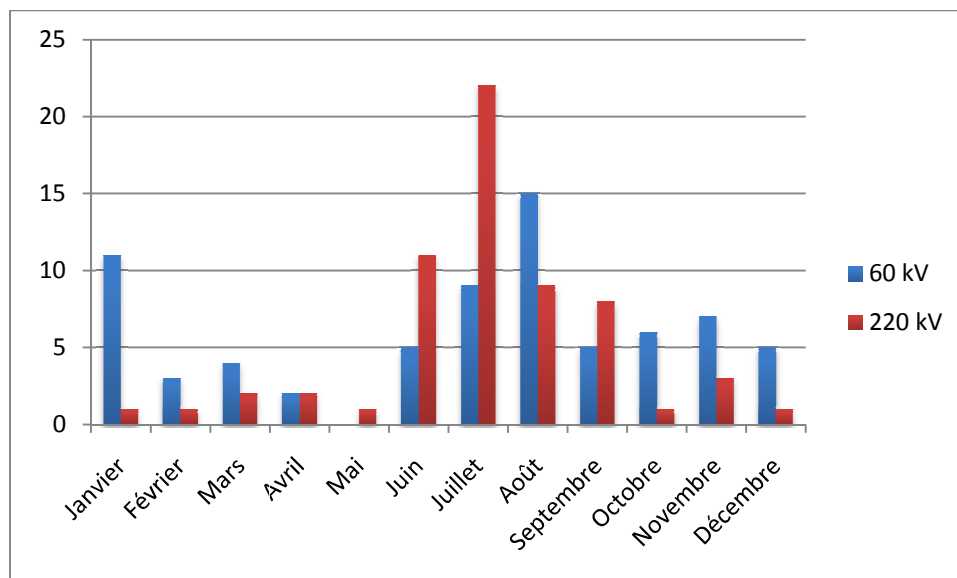


Figure III.30: Répartition des incidents par mois en 2005

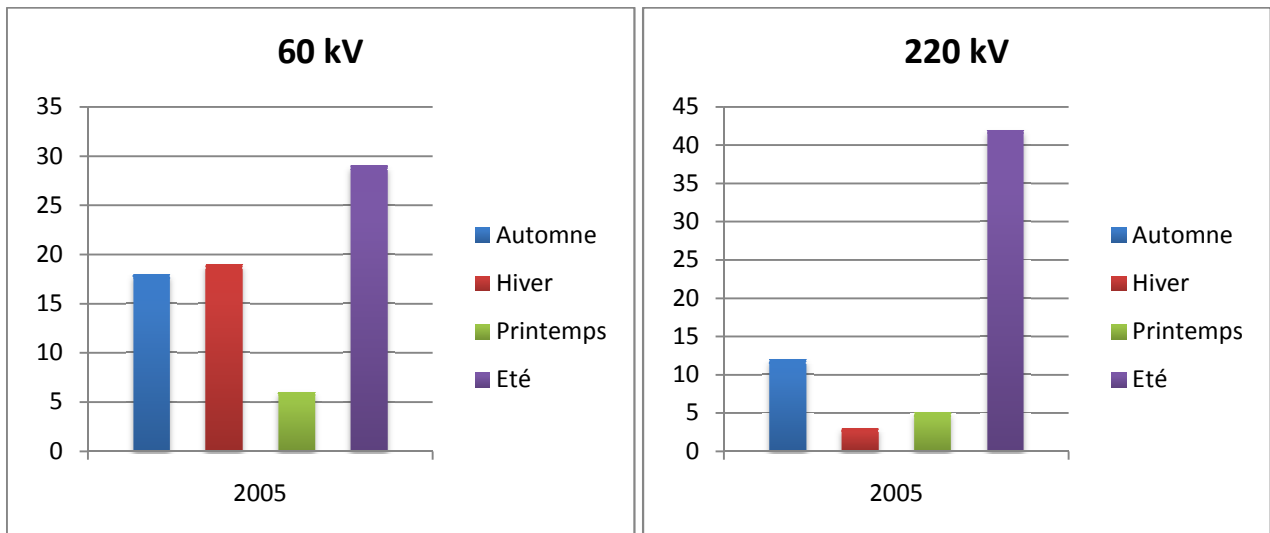


Figure III.31: Répartition des incidents par saison en 2005

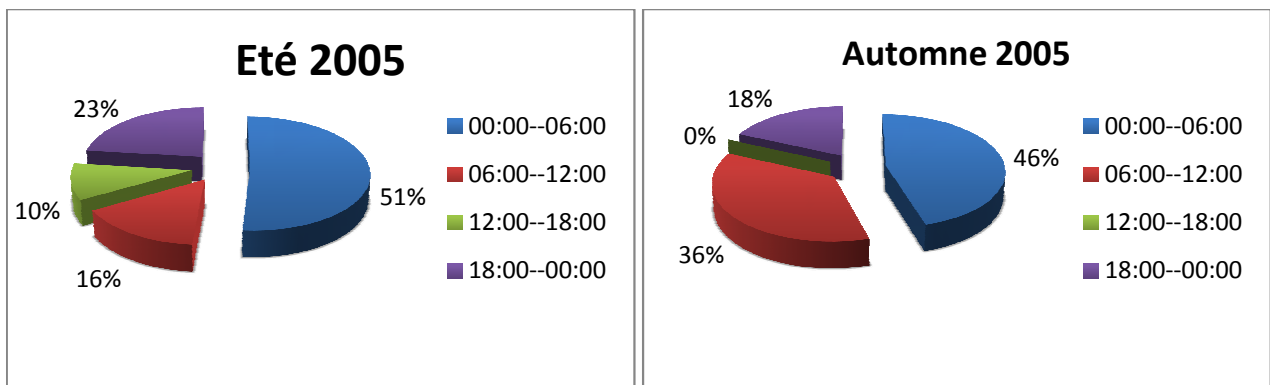


Figure III.32: Répartition horaire des incidents en 2005

i) 2006 :

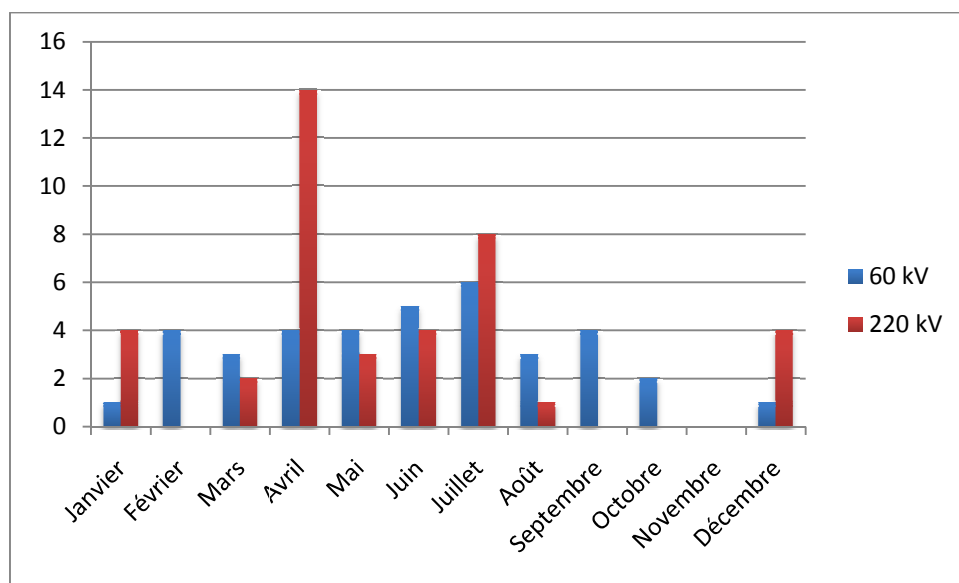


Figure III.33: Répartition des incidents par mois en 2006

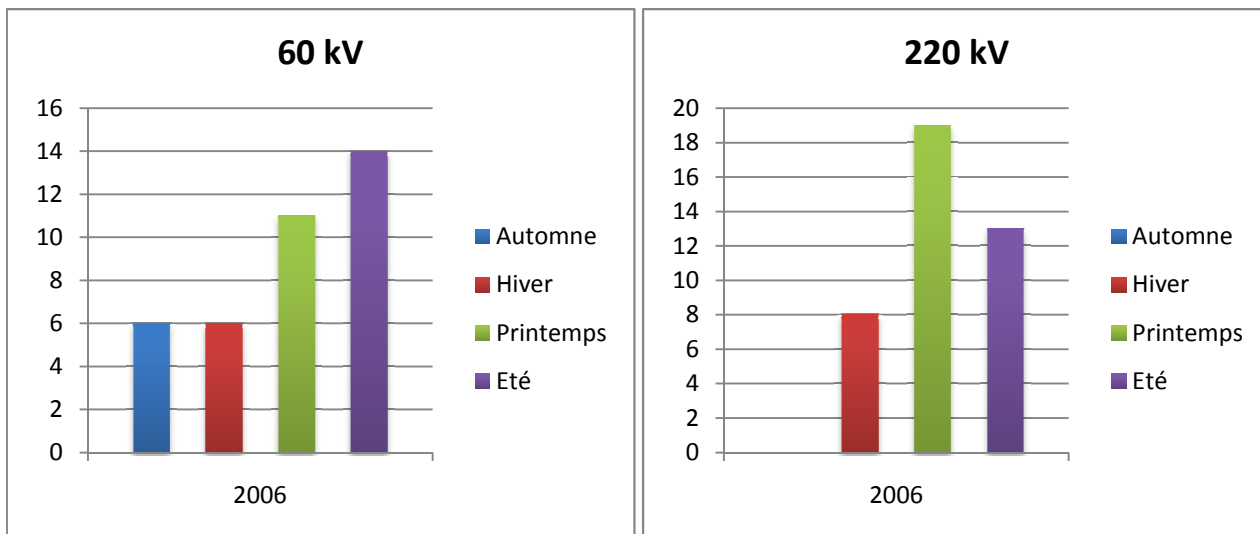


Figure III.34: Répartition des incidents par saison en 2006

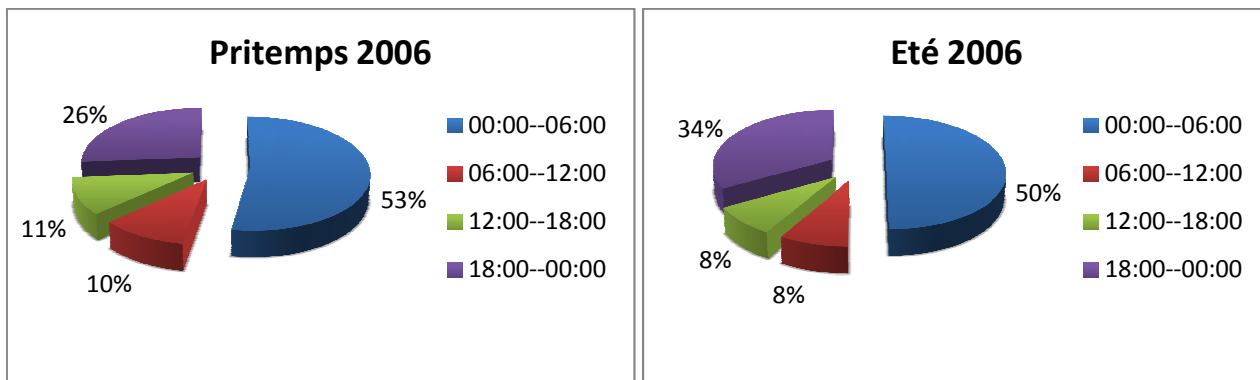
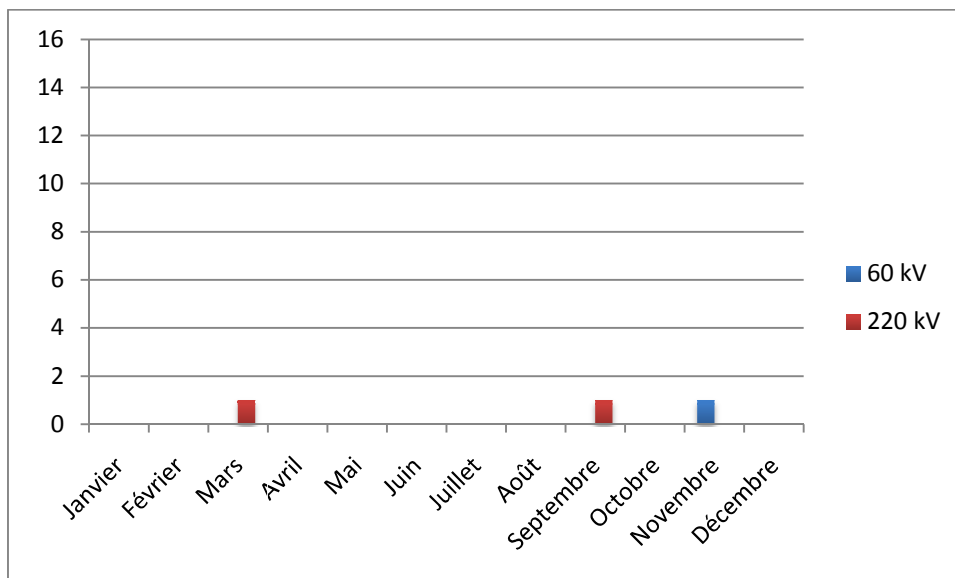


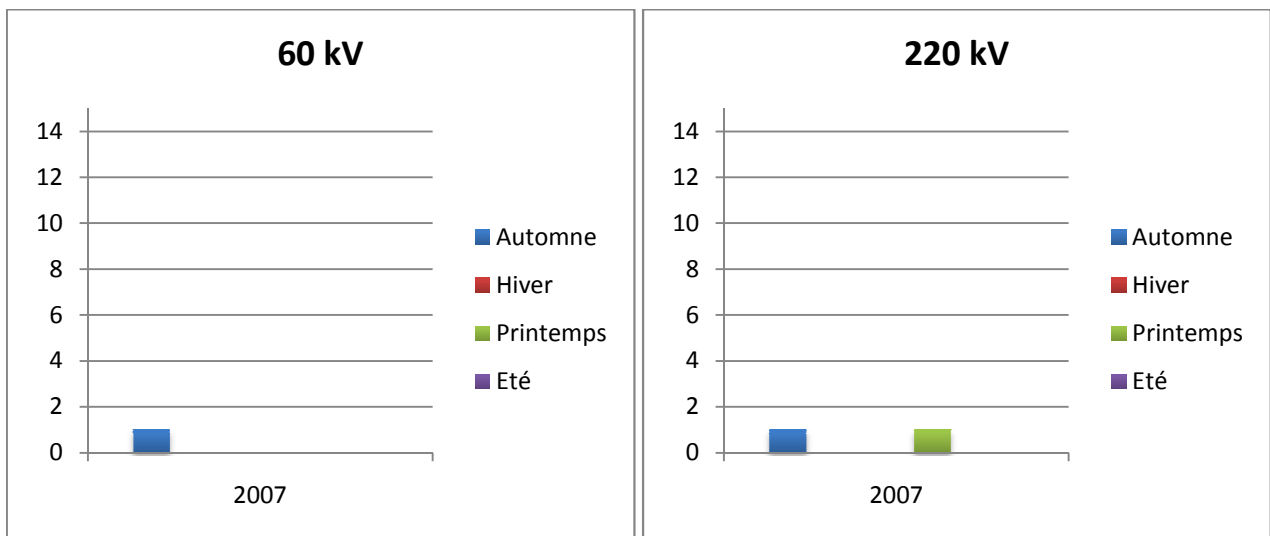
Figure III.35: Répartition des horaire incidents en 2006

j) 2007 :



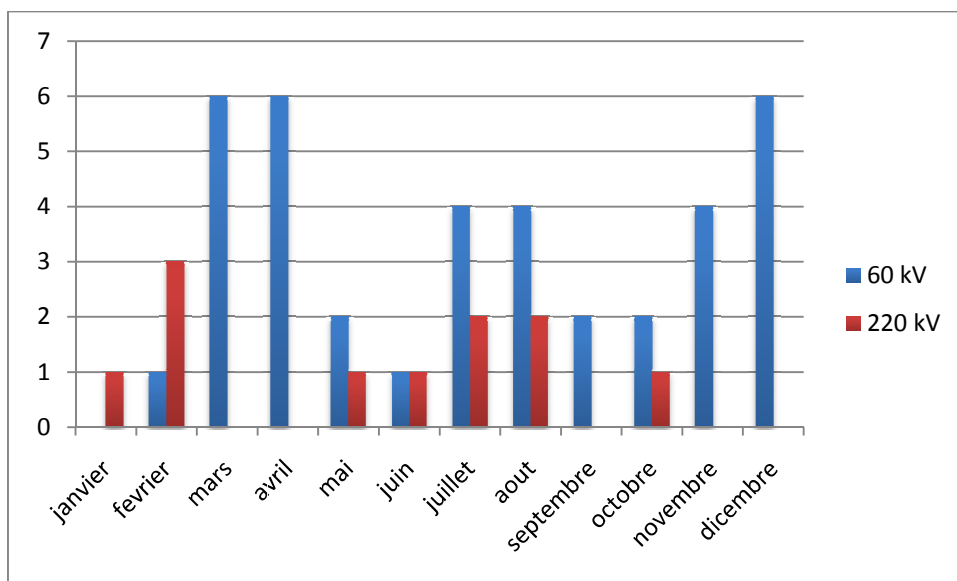


**Figure III.36: Répartition des incidents par mois en 2007**



**Figure III.37: Répartition des incidents par saison en 2007**

k) 2008 :



**Figure III.38: Répartition des incidents par mois en 2007**

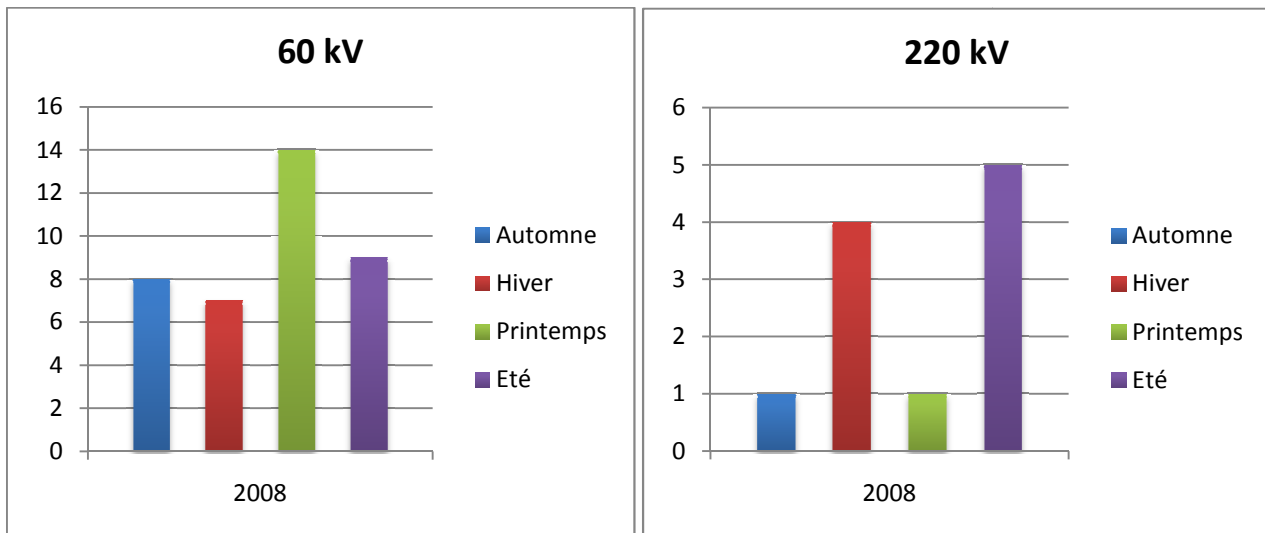


Figure III.39: Répartition des incidents par saison en 2007

### III.3. REGION D'ORAN

#### III.3.1. Répartition par année des incidents sur la période 1998-2008

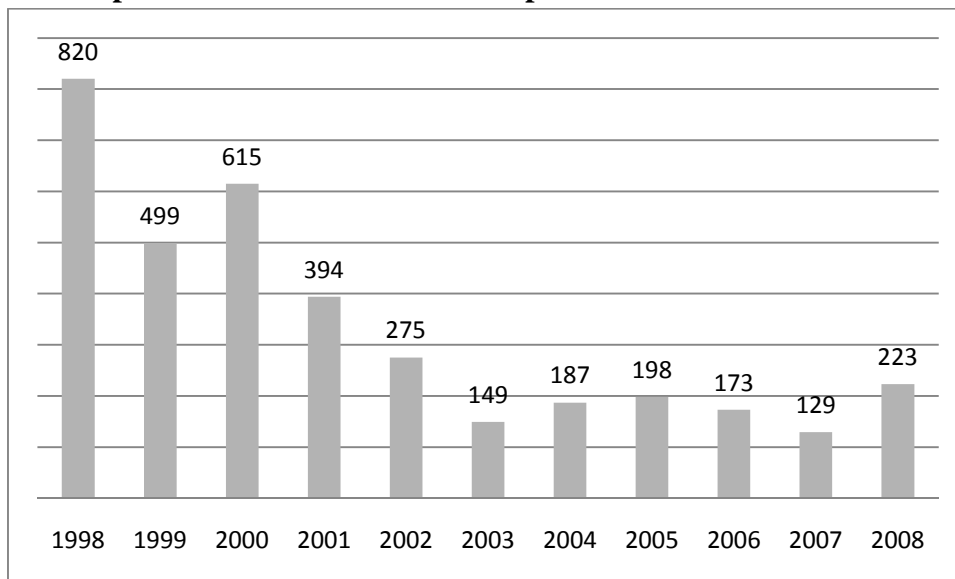
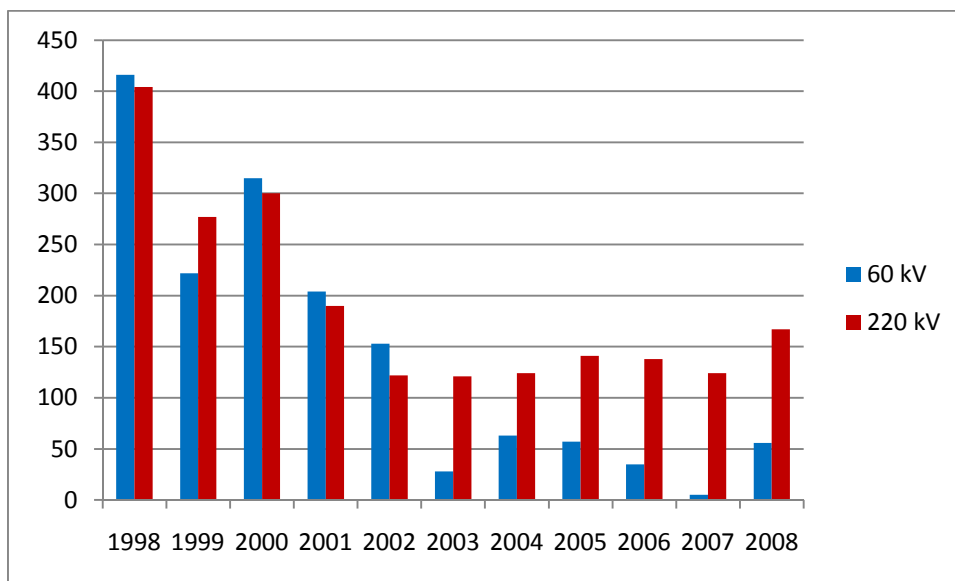


Figure III.40: Nombre total d'incident pour chaque année

La figure III.40 représente le nombre total d'incidents, survenus sur les lignes de HT et THT pendant la période étudiée, ce nombre s'élève à **3662** incidents. On remarque qu'à partir de l'année 1998 jusqu'à 2001, on a enregistré un nombre d'incidents très élevé par rapport aux autres années (**64 %** des incidents), avec **820** incidents pour l'année **1998** qui représente le pic pour cette région. Ce nombre aussi important est, selon les données météorologiques, dû à une période fortement marquée par la sécheresse et un taux d'humidité relativement élevé. Ces facteurs, excluant les phénomènes d'auto-nettoyage, ont favorisé de fait les contournements des isolateurs. Ceci n'est

pas le cas des années 2003, 2004 et 2007 où les précipitations pluviales ont été beaucoup plus importantes.



**Figure III.41:** Répartition des incidents par année pour chaque niveau (220 & 60 kV)

La figure III.41 représente le nombre d'incidents enregistrés pour chaque niveau de tension (220 kV et 60 kV) entre 1998 et 2008. Les incidents sont répartis comme suit : **2108** incidents sur les lignes de 220 kV, ce qui représente **58%** du nombre total, et **1554** incidents sur les lignes de 60 kV (**42 %**). En première lecture, le nombre d'incidents sur les lignes 220 kV paraît plus élevé que sur les lignes 60 kV surtout pour les six dernières années, d'où l'intérêt de déterminer le nombre d'incidents par 100 km, un paramètre important pour l'évaluation et la comparaison des performances du réseau électrique voire de chaque ligne (HT & THT) (Tableau III.2).

	Nombre d'incidents	Longueur total en km	Taux d'incidents par 100 km
Lignes 220 kV	2108	1980.85	106.4
Lignes 60 kV	1554	1952.75	79.6

**Tableau III.2 :** Nombre d'incidents par 100 km pour chaque niveau de tension [17]

Le tableau III.2 montre que les lignes de 220 kV ont subi plus d'incidents que les lignes de 60 kV.

### III.3.2. Répartition par saison

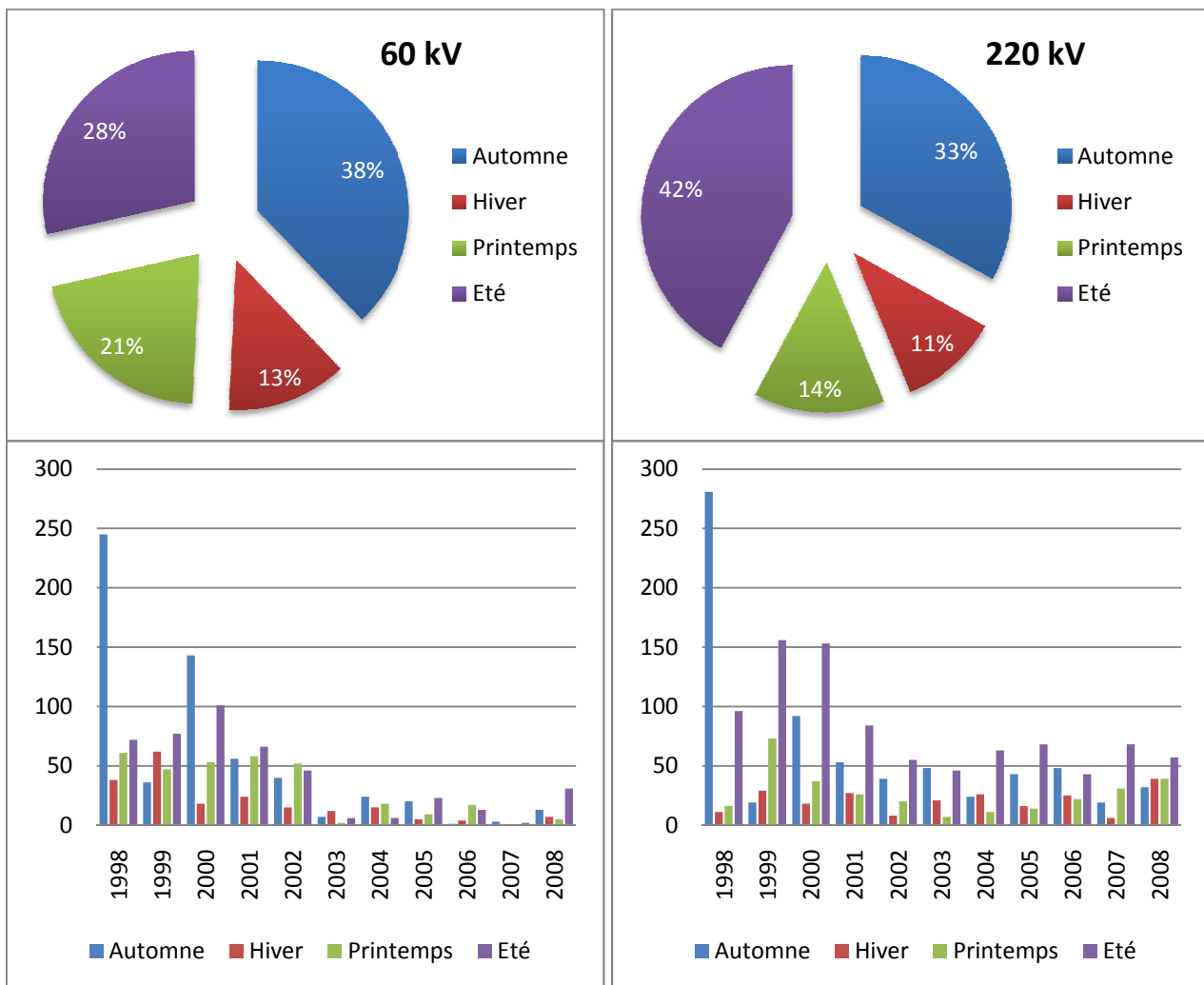
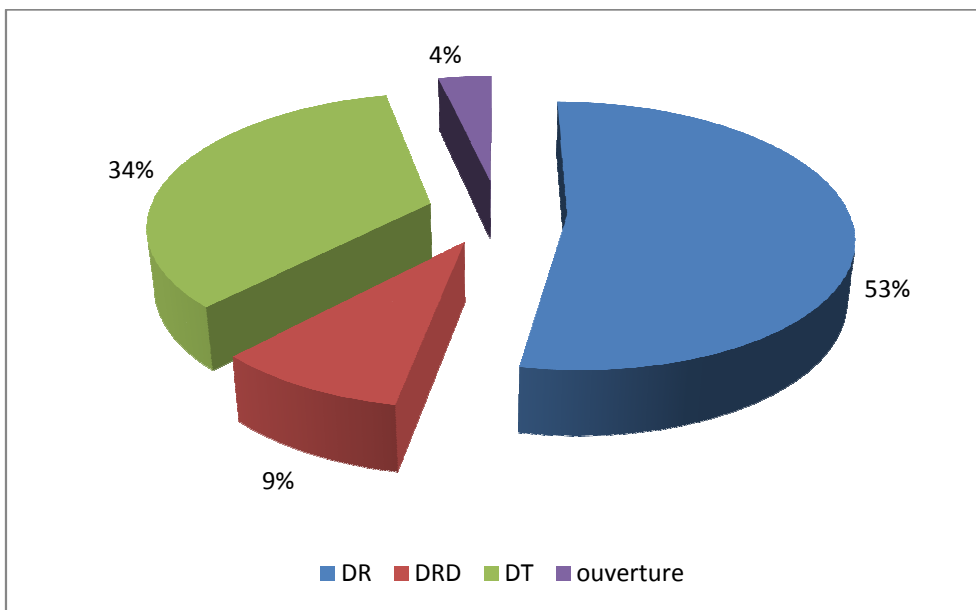


Figure III.42: Répartition des incidents par saison

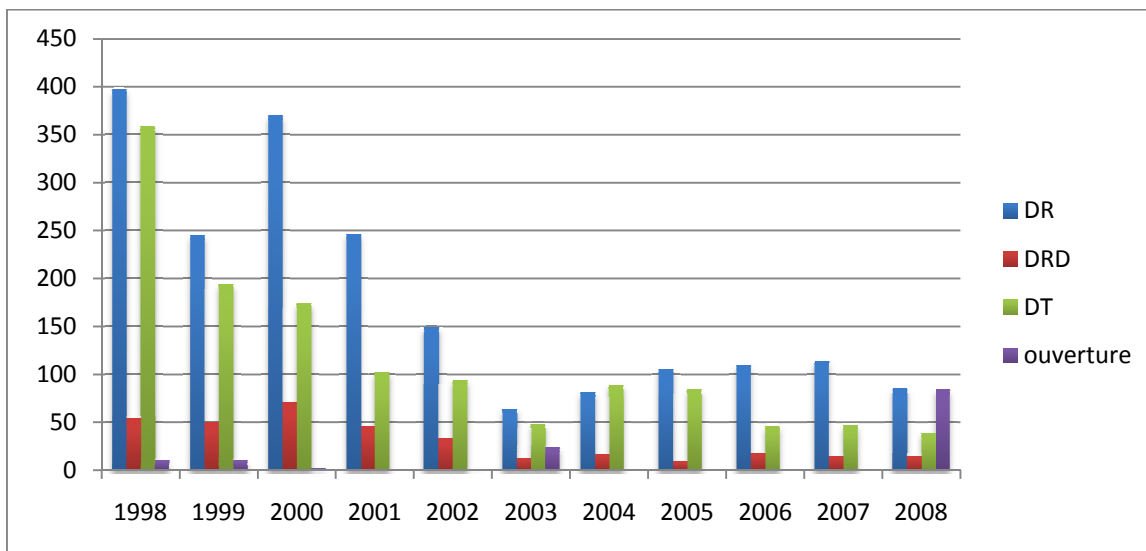
Les mêmes commentaires sur la figure III.3 de la région d’Alger (paragraphe III.2.2), peuvent être faits pour la figure III.42 de la région d’Oran.

### III.3.3. Par type de défaut

La figure III.43 montre que les défauts déclenchement – ré enclenchement (DR) sont les plus fréquents (53%), puis viennent les incidents de type DT (34 %), ensuite les DRD (9 %) et enfin les ouvertures de lignes (4%). Le traitement des incidents de types DR et DRD -considérés dus à la pollution- montre que, durant la période 1998 - 2008, **2306** incidents (DR + DRD) ont été enregistrés sur les lignes haute tension 220 kV de la région électrique ouest, soit **63%** du total d’incidents.



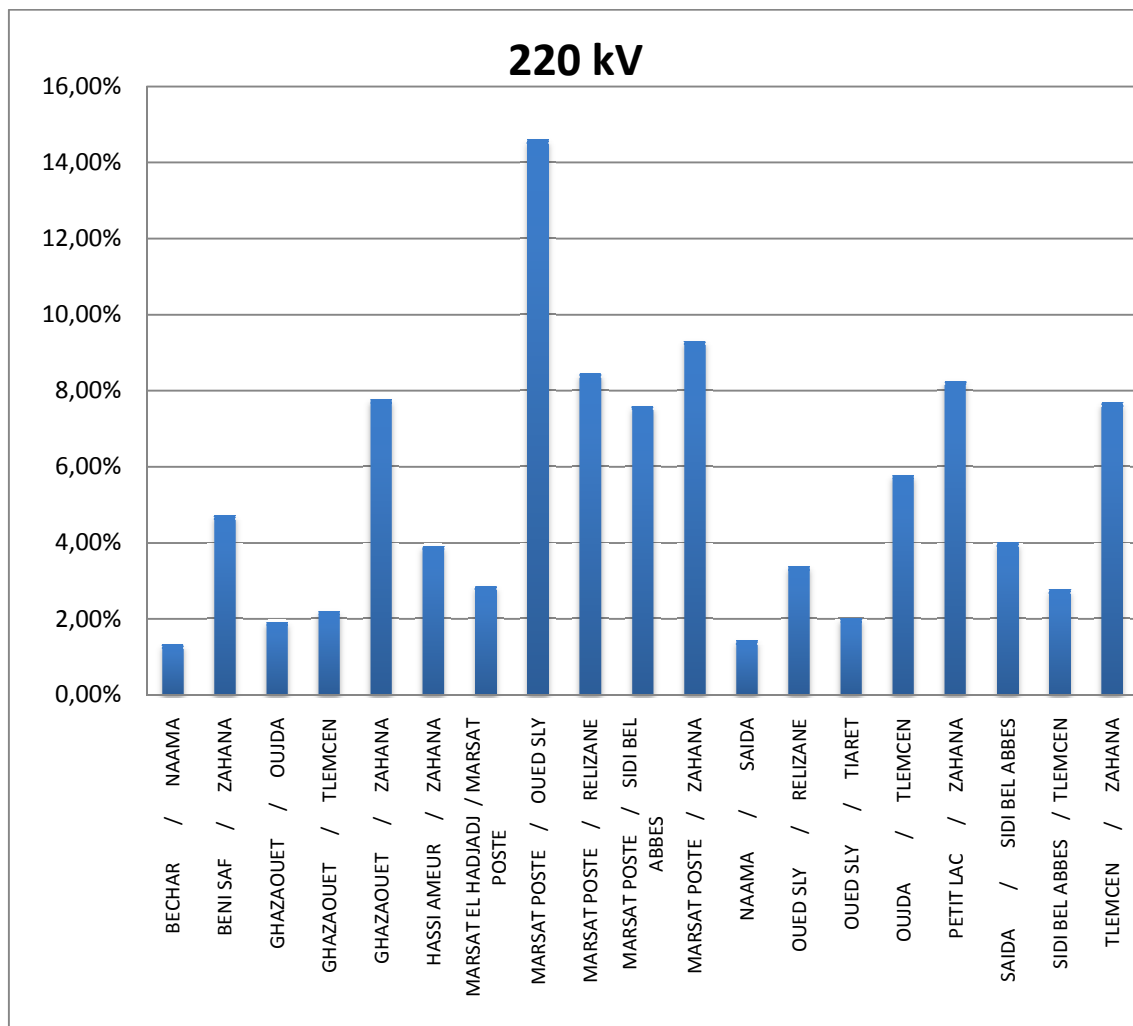
**Figure III.43:** Répartition des incidents par type



**Figure III.44:** Répartition des incidents par type pour chaque année

La figure III.44 montre que pour l’année 1998, le nombre d’incidents de type DR est le plus élevé (397 incidents), aussi pour l’année 2000 où on a enregistré 370 incidents. On remarque aussi qu’à partir de l’année 2002, le nombre de défauts DR a diminué d’une façon appréciable.

**III.3.4. Densité d’incidents par ligne pour chaque réseau (THT & HT)**



**Figure III.45:** Densité d'incidents par ligne pour le réseau 220 kV

La figure (III.45) montre que les lignes 220 kV issues du poste de **Marsat El Hadjaj** sont les plus affectées par les incidents notamment les lignes :

- Marsat poste – Oued Sly: **14.61** % des incidents.
- Marsat poste – Zahana : **9.31** % des incidents.
- Marsat poste – Relizane : **8.45** % des incidents.
- Marsat poste – Sidi Bel Abbès : **7.59** % des incidents.

Soit presque **40%** du total des incidents.

En deuxième lieu, les lignes issues du poste de **Zahana** qui ont subi **32.36%** des incidents répartis comme suite :

- Zhana – Petit Lac : **8.26%** des incidents
- Zhana – Ghazaouet : **7.78%** des incidents
- Zhana – Telmcen : **7.68%** des incidents
- Zhana – Beni Saf : **4.73%** des incidents
- Zhana – Hassi Ameer : **3.91%** des incidents

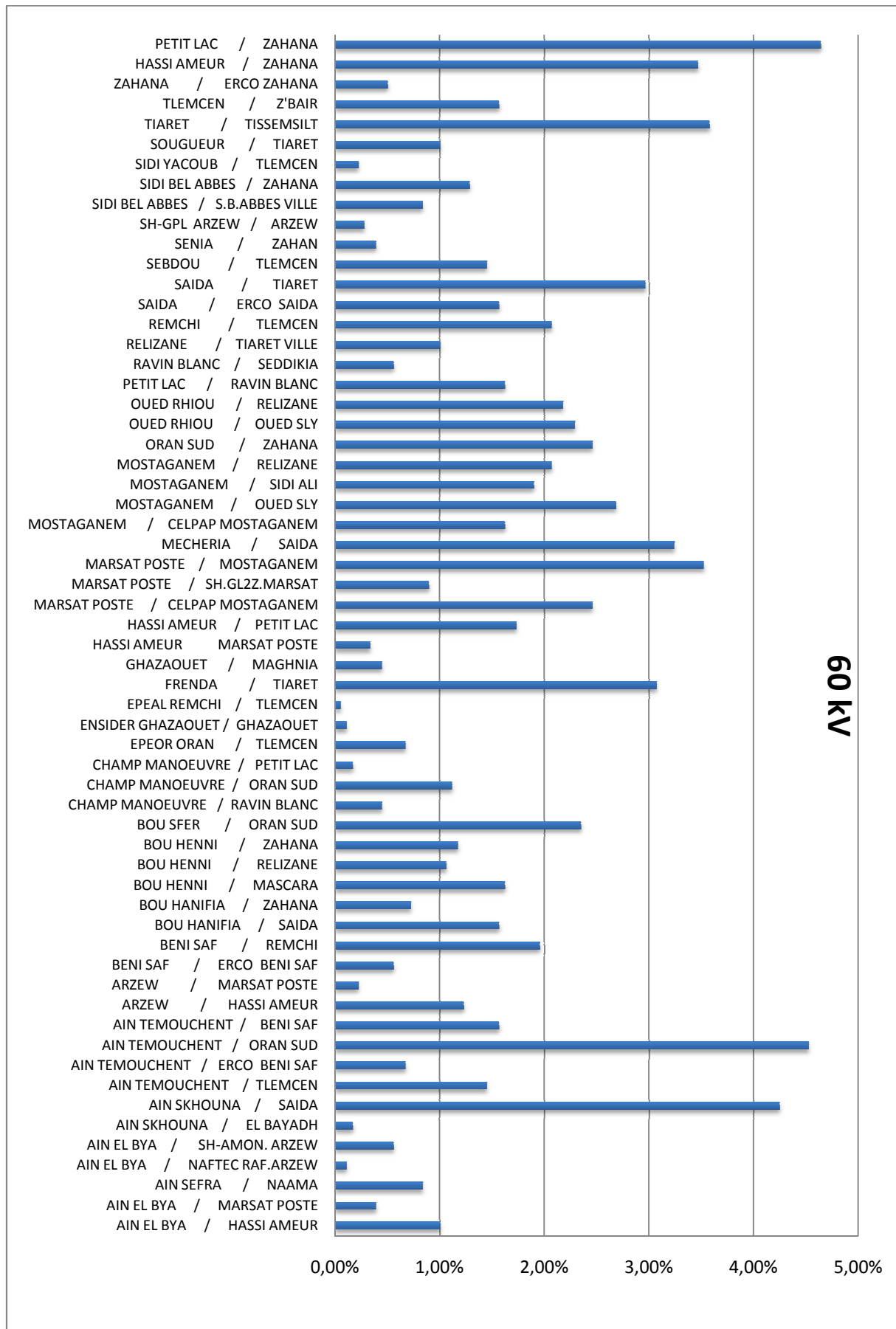
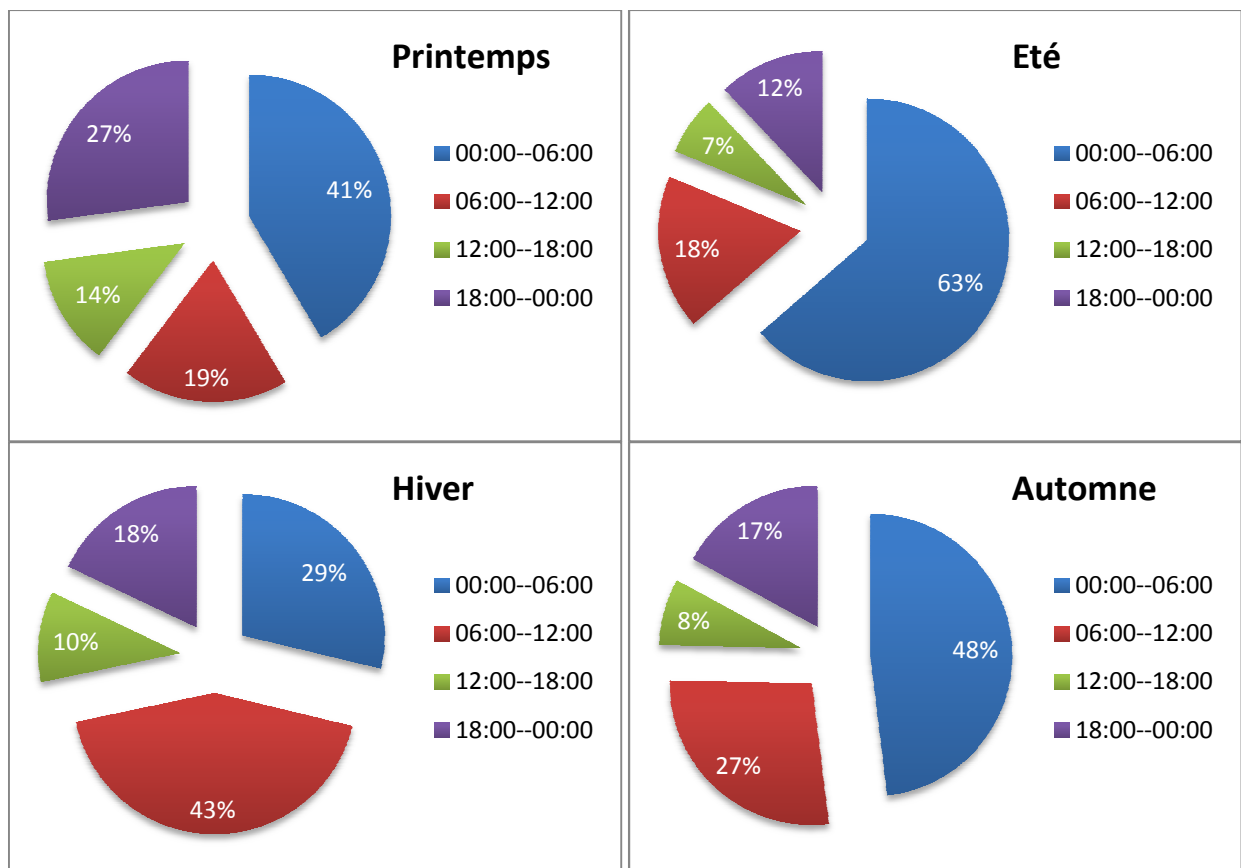


Figure III.46: Densité d’incidents par ligne pour le réseau 60 kV

On remarque sur la figure (III.46) que les lignes 60 kV les plus affectées sont :

- PETIT LAC – ZAHANA : 5% ;
- AIN TEMOUCHENT – ORAN SUD : 4.53% ;
- AIN SKHOUNA – SAIDA : 4.25% ;
- TIARET – TISSEMSILT : 3.58% ;
- MARSAT POST – MOSTAGANEM : 3.52% ;
- MECHERIA – SAIDA : 3.24%.

**III.3.5. Par plage horaire :**



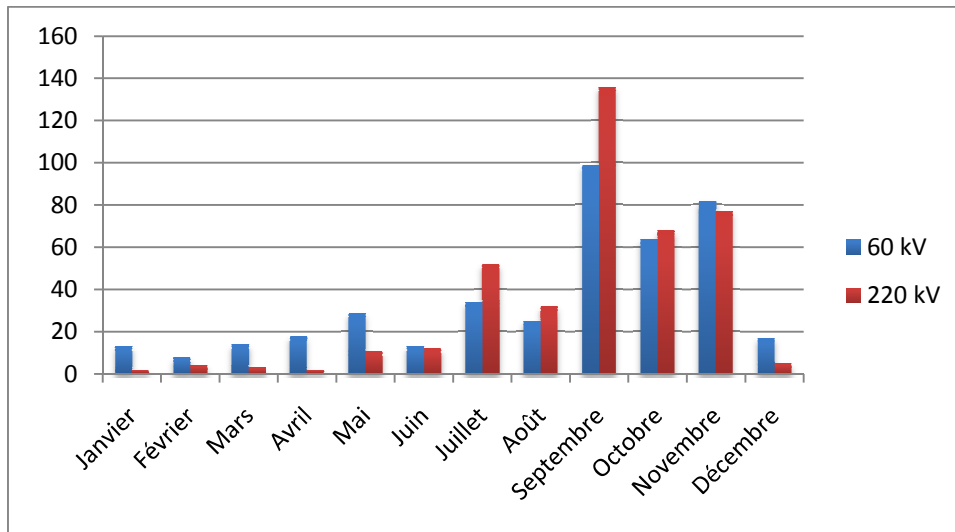
**Figure III.47:** Répartition horaire des incidents pour chaque saison

Les mêmes interprétations sur la figure III.8 de la région d’Alger (§III.2.5) peuvent être faites pour la figure III.47 de la région d’Oran.

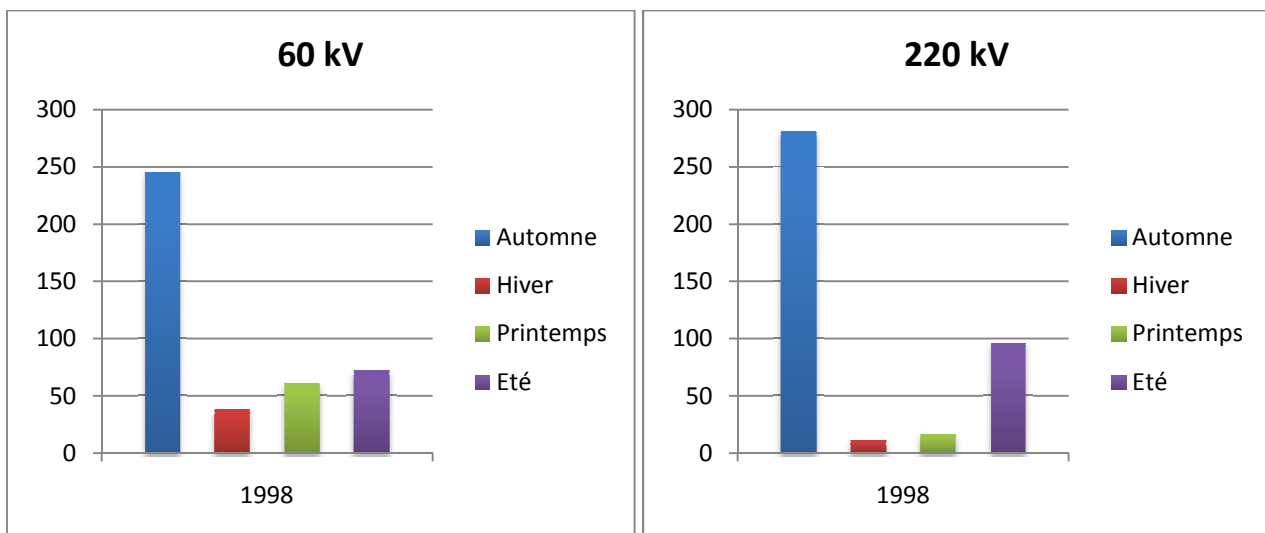


**III.3.6. Par saison, par mois et par plage horaire pour chaque saison**

**a) 1998 :**



**Figure III.48: Répartition des incidents par mois en 1998**



**Figure III.49: Répartition des incidents par saison en 1998**

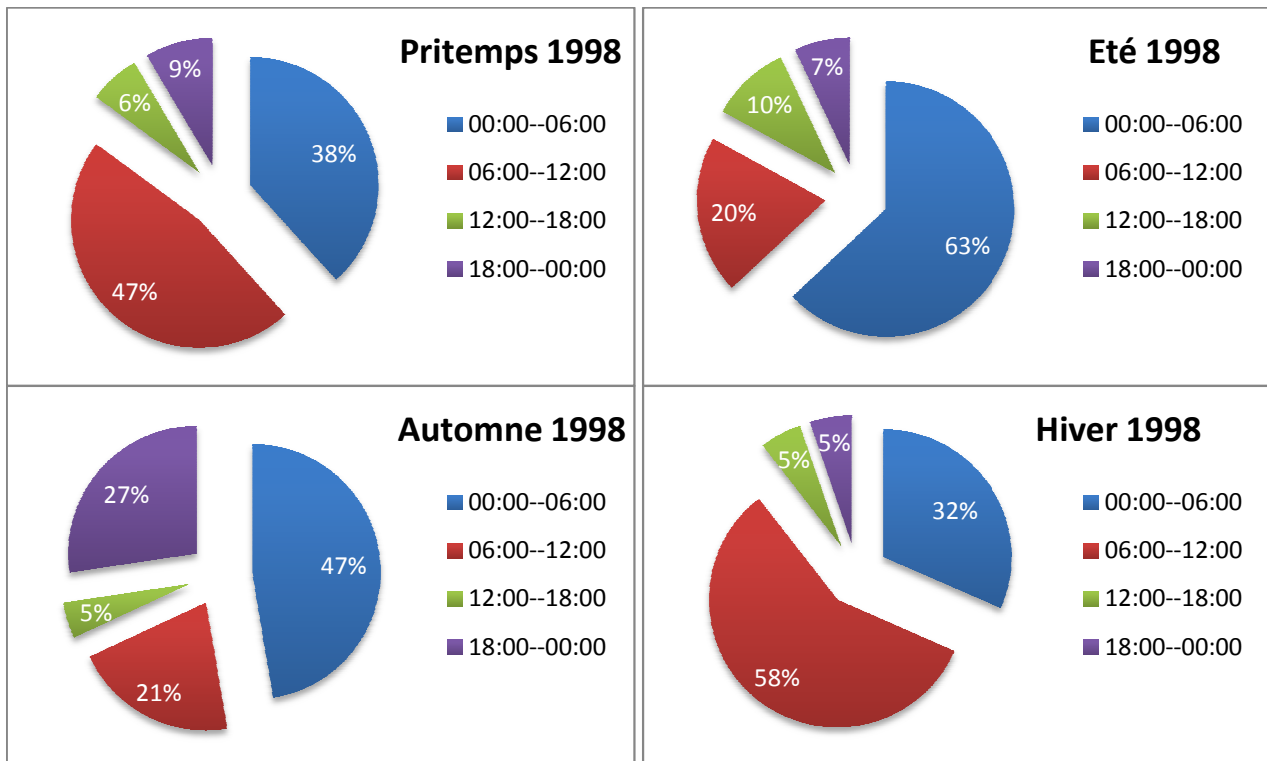


Figure III.50: Répartition horaire des incidents en 1998

b) 1999 :

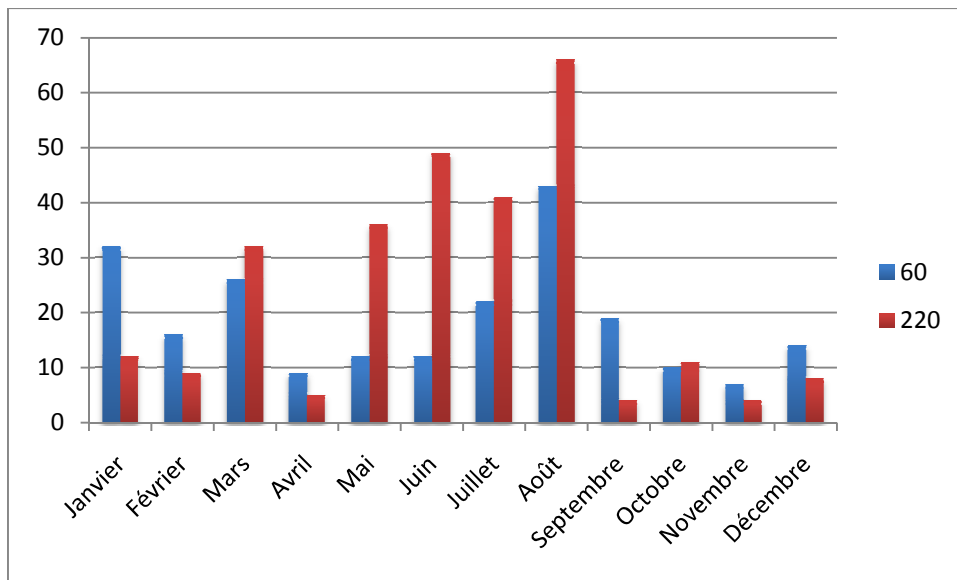


Figure III.51: Répartition des incidents par mois en 1999

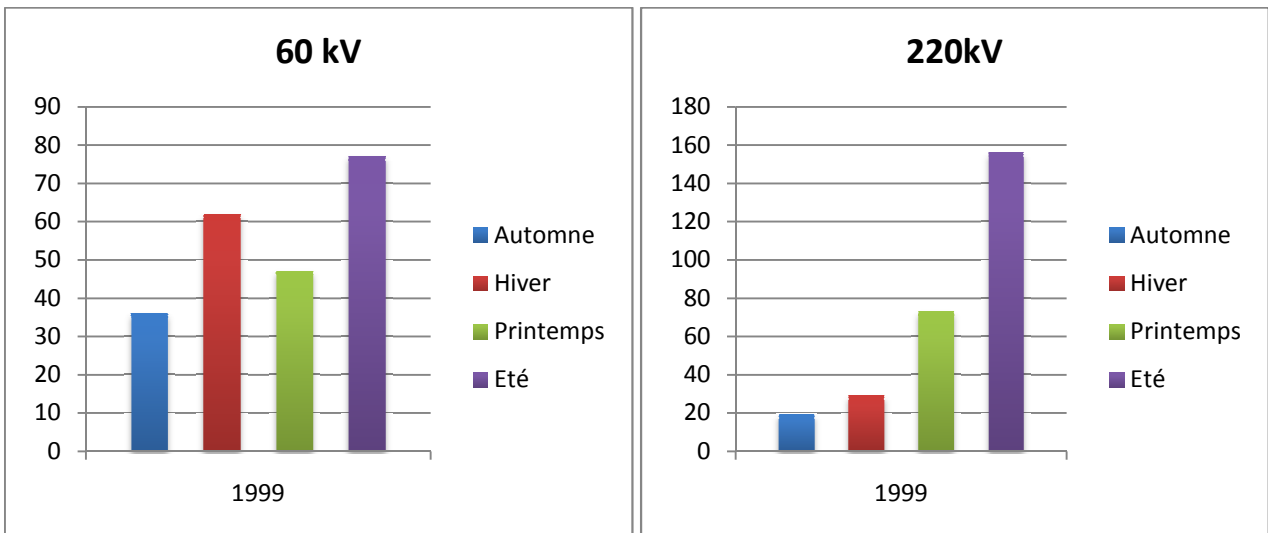


Figure III.52: Répartition des incidents par saison en 1999

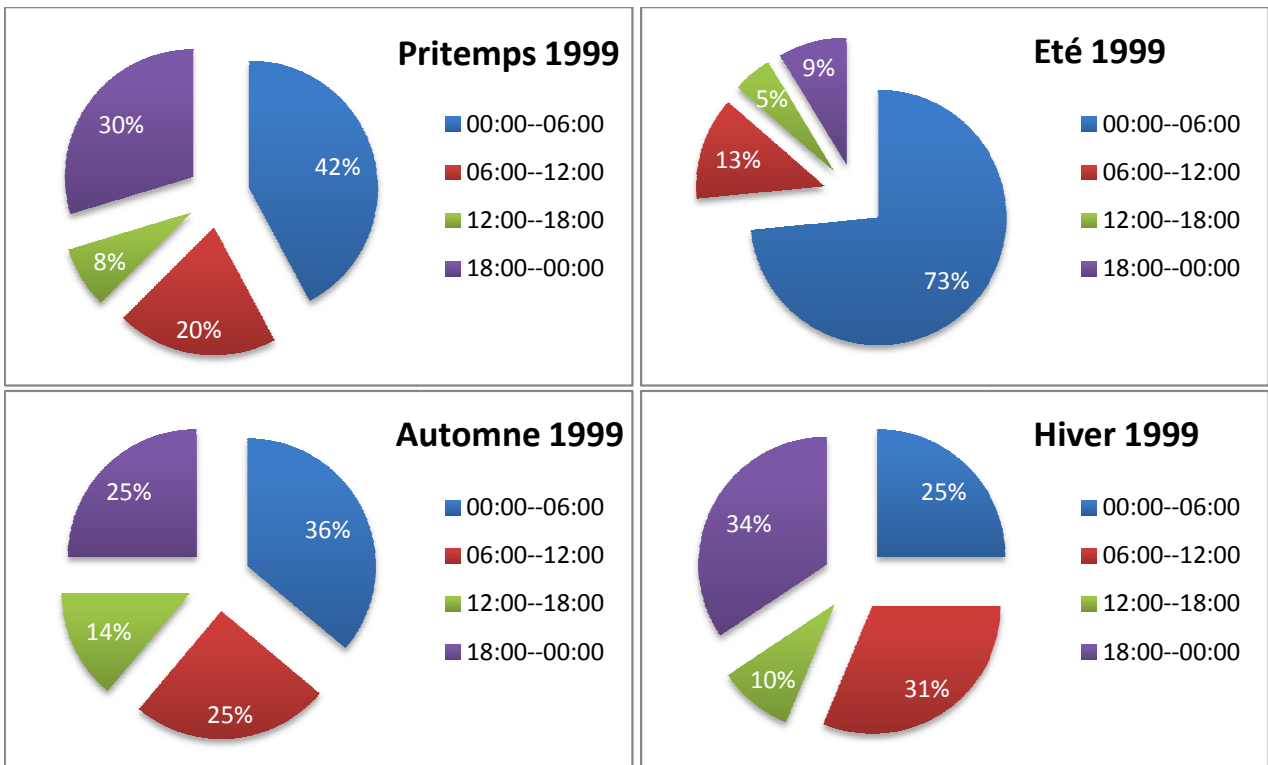


Figure III.53: Répartition horaire des incidents en 1999

c) 2000 :

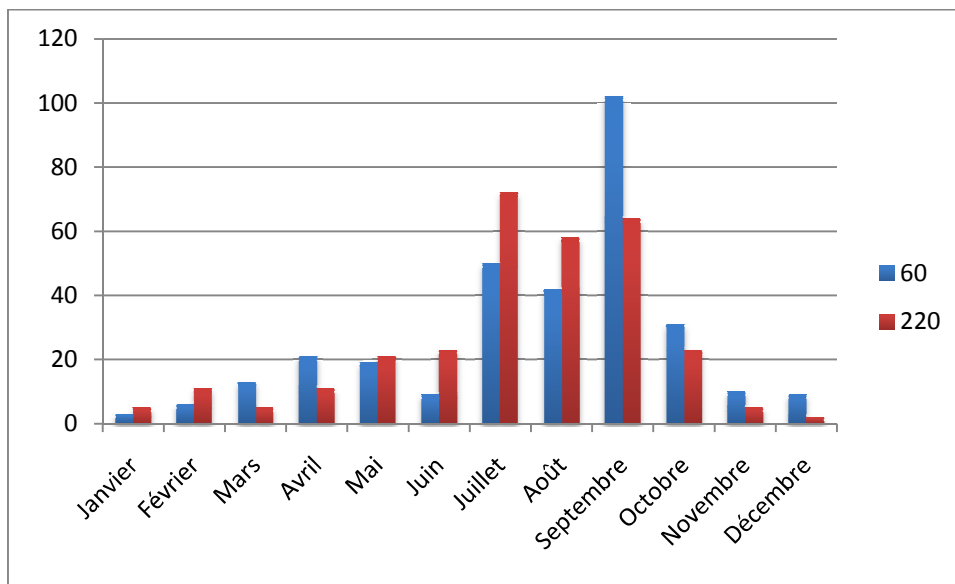


Figure III.54: Répartition des incidents par mois en 2000

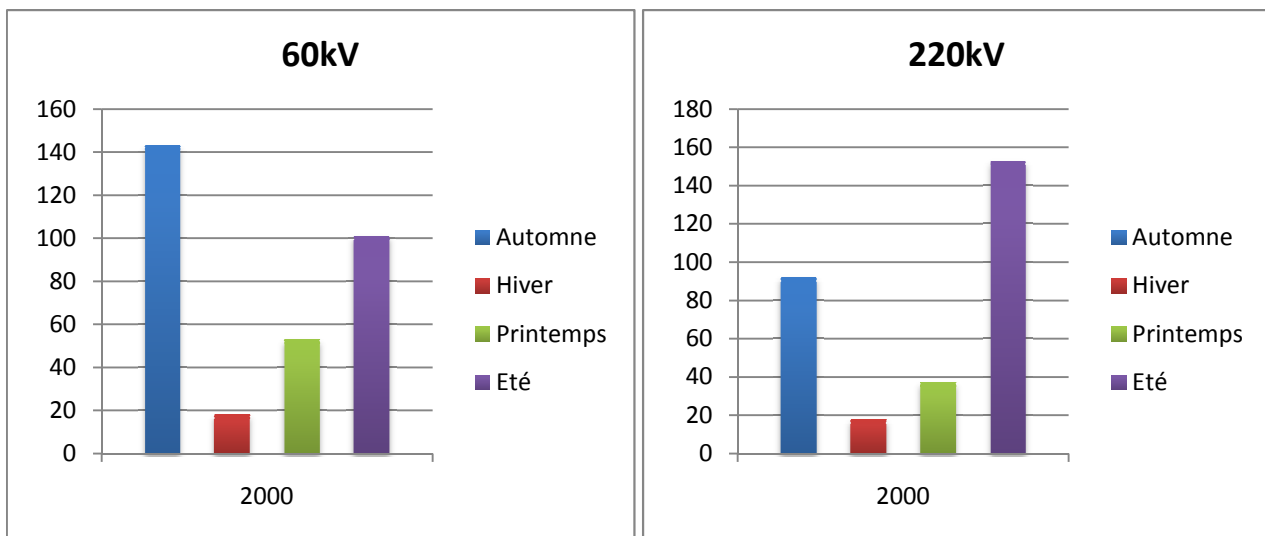


Figure III.55: Répartition des incidents par saison en 2000

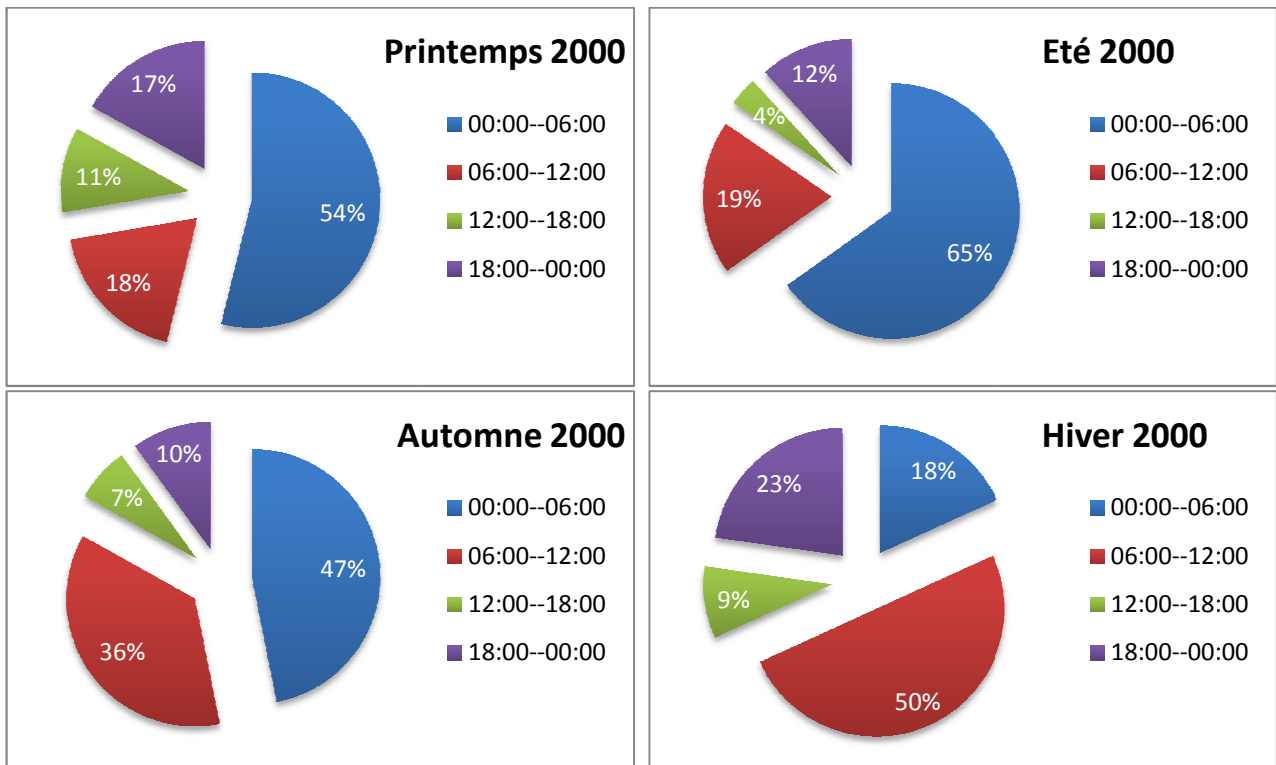


Figure III.56: Répartition horaire des incidents en 2000

d) 2001 :

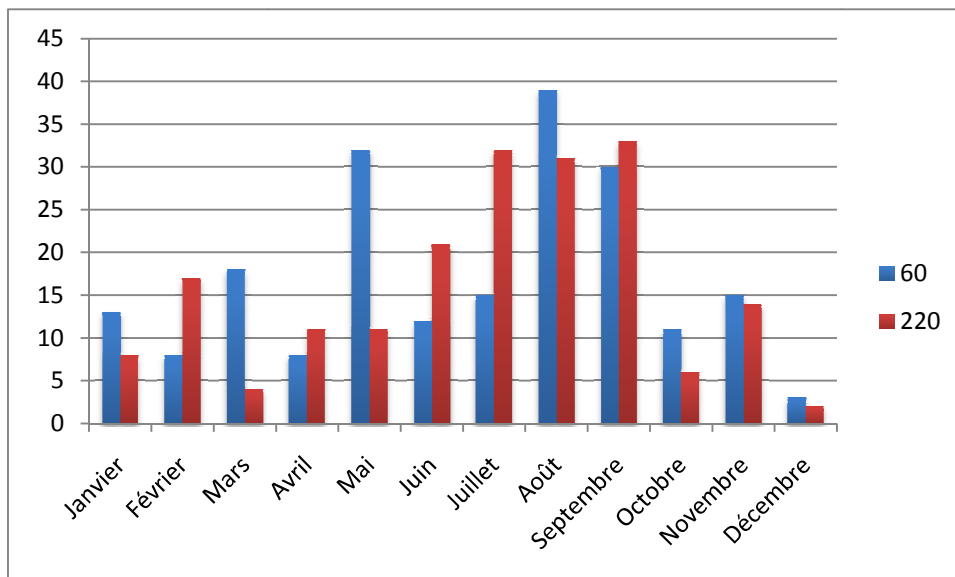


Figure III.57: Répartition des incidents par mois en 2001

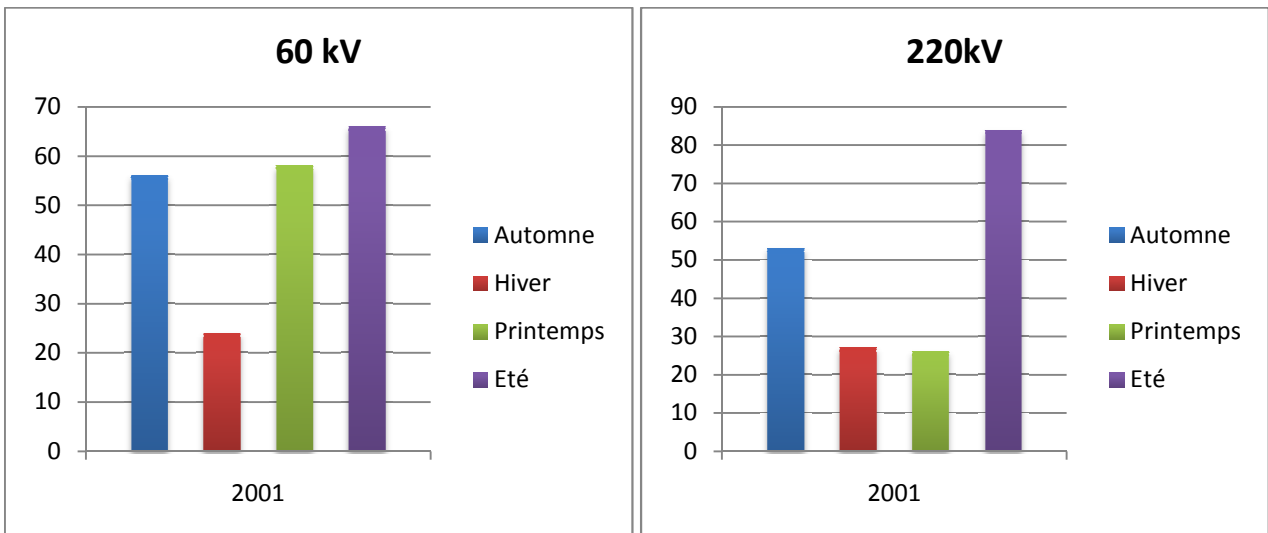


Figure III.58: Répartition des incidents par saison en 2001

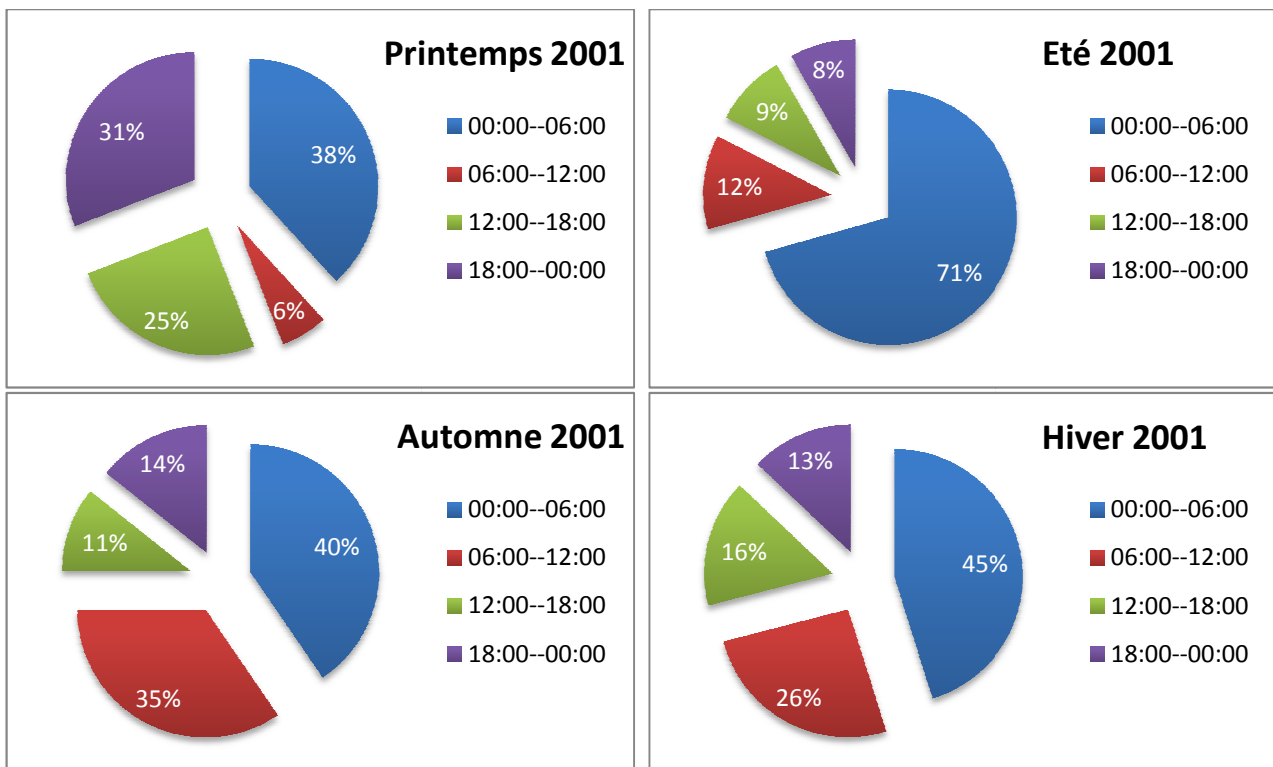


Figure III.59: Répartition horaire des incidents en 2001

e) 2002 :

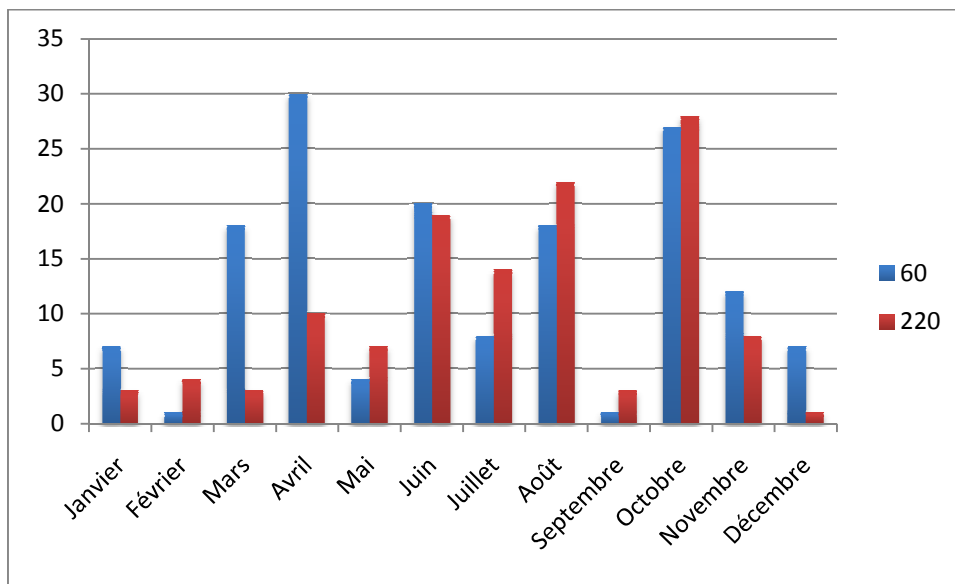


Figure III.60: Répartition des incidents par mois en 2002

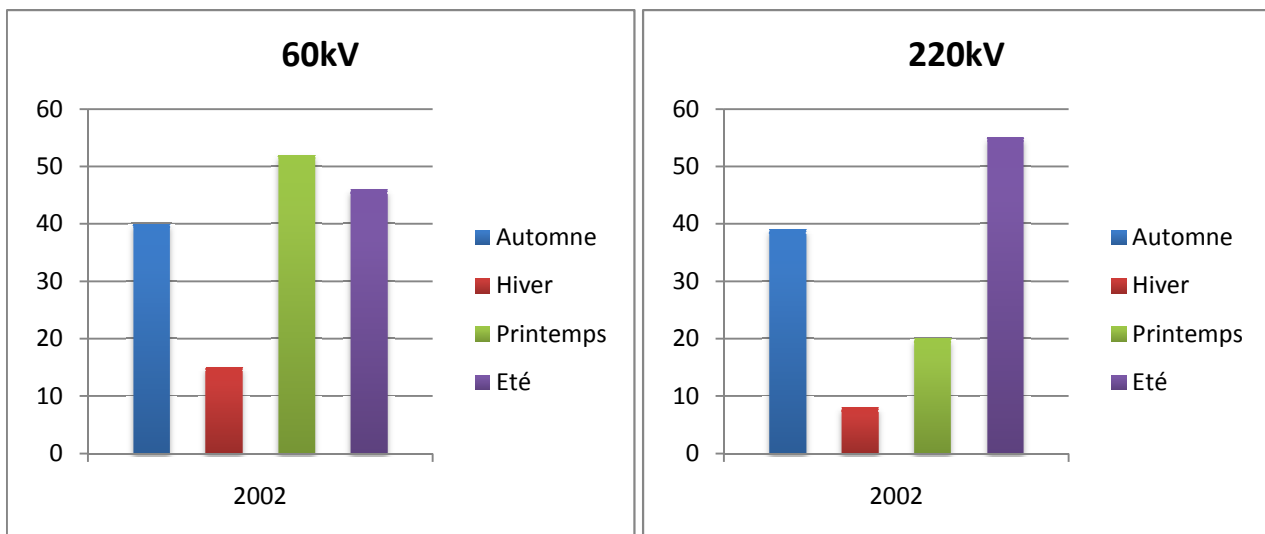


Figure III.61: Répartition des incidents par saison en 2002

f) 2003 :

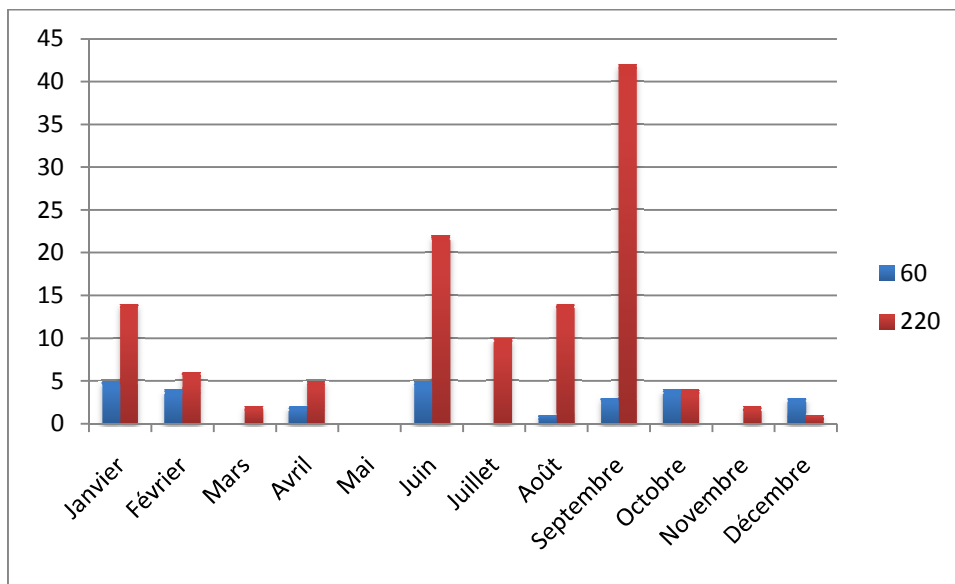


Figure III.62: Répartition des incidents par mois en 2003

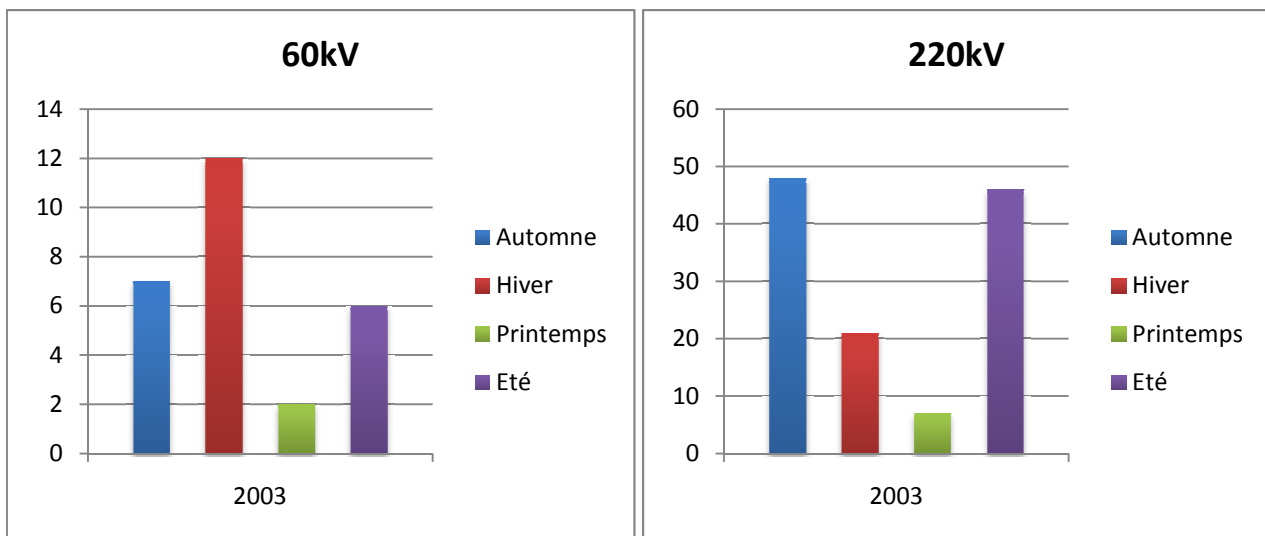


Figure III.63: Répartition des incidents par saison en 2003



g) 2004 :

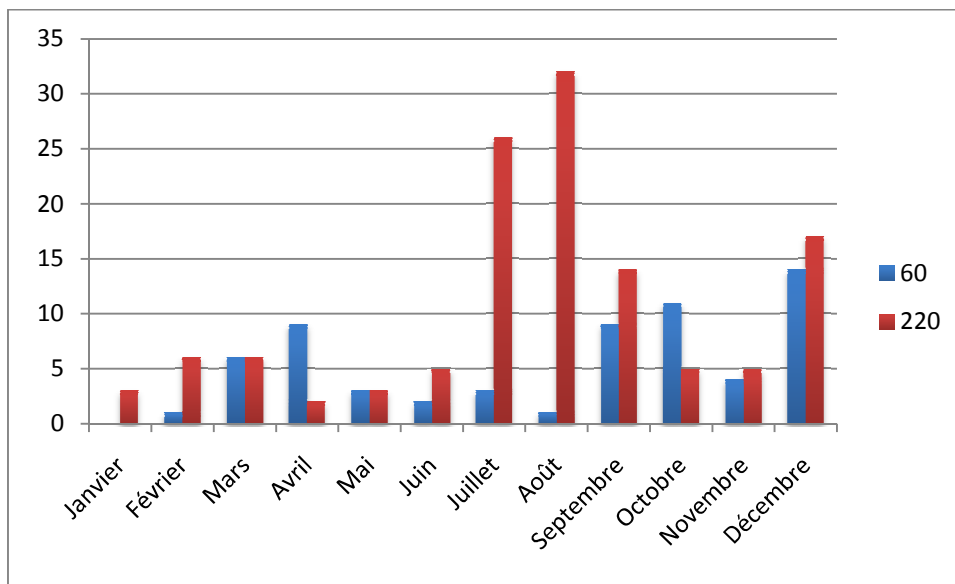


Figure III.64: Répartition des incidents par mois en 2004

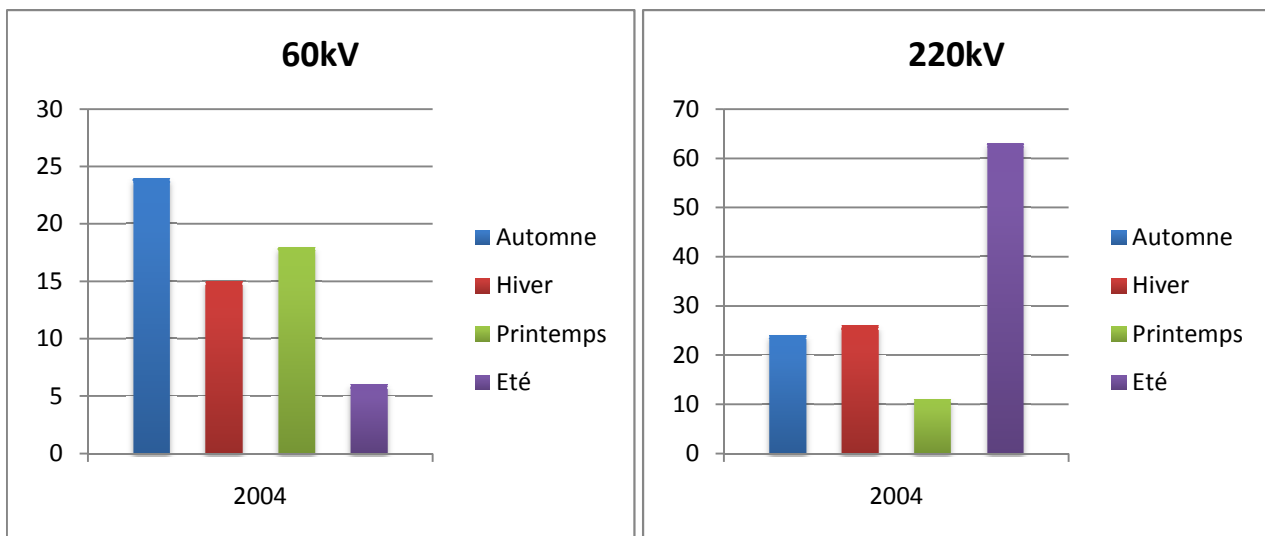


Figure III.65: Répartition des incidents par saison en 2004

h) 2005 :

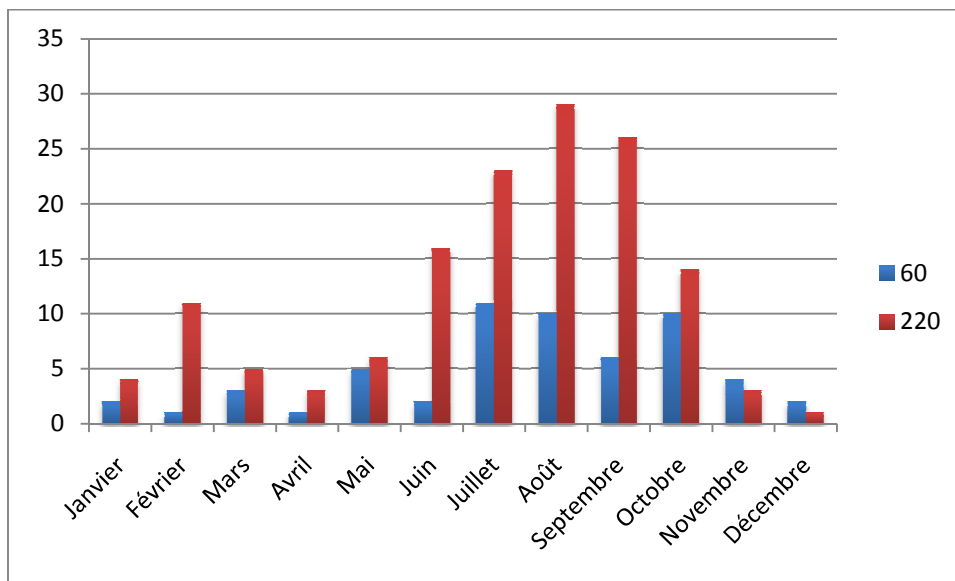


Figure III.66: Répartition des incidents par mois en 2005

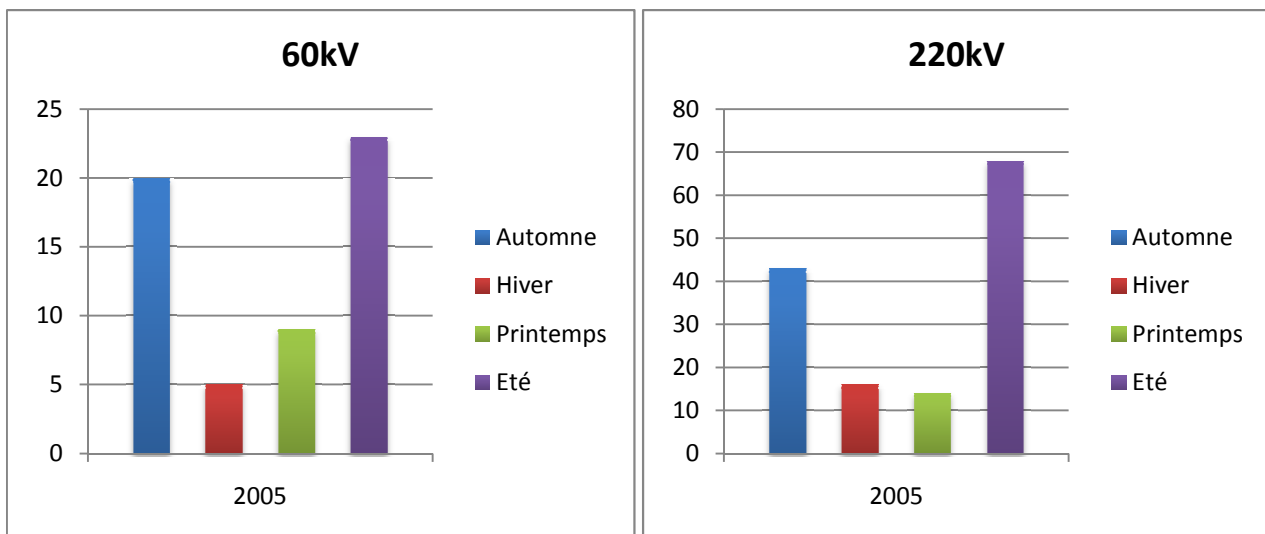


Figure III.67: Répartition des incidents par saison en 2005

i) 2006 :

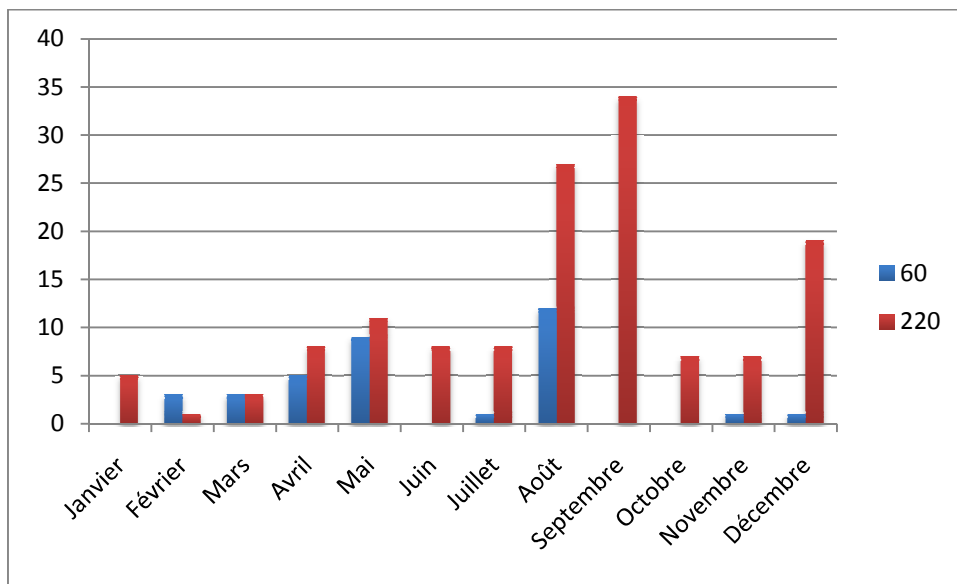


Figure III.68: Répartition des incidents par mois en 2006

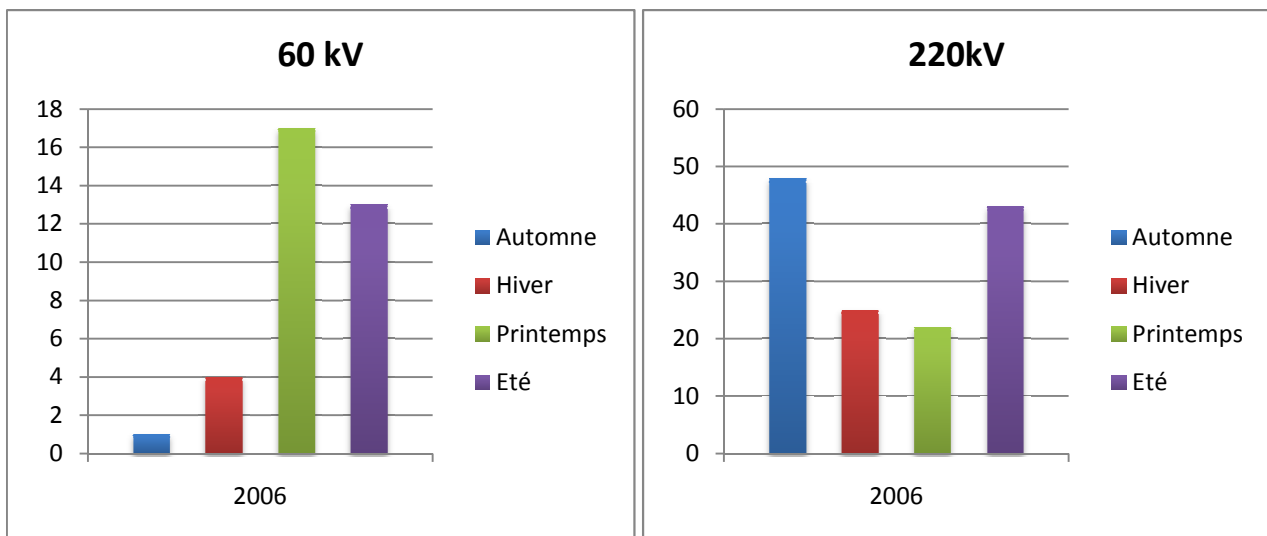


Figure III.69: Répartition des incidents par saison en 2006

j) 2007 :

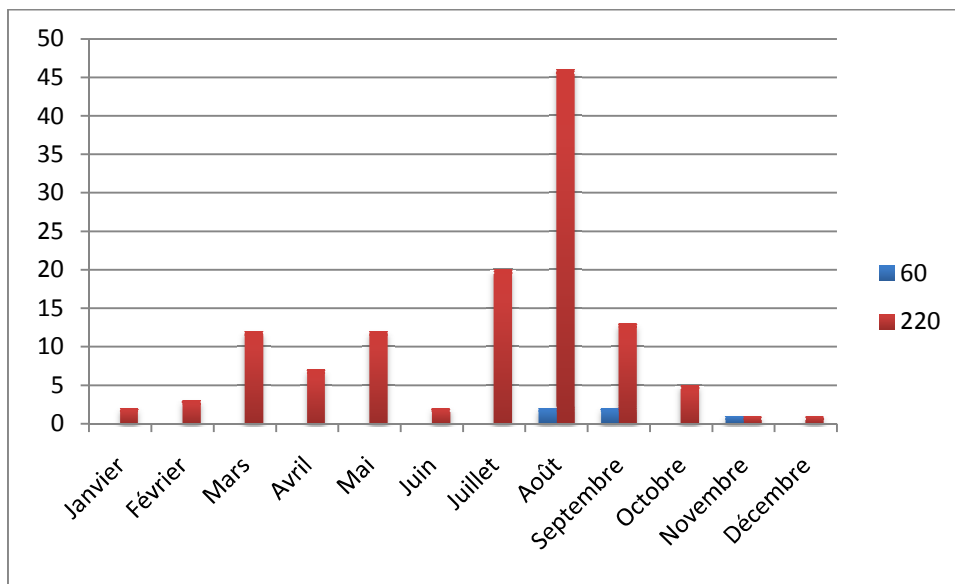


Figure III.70: Répartition des incidents par mois en 2007

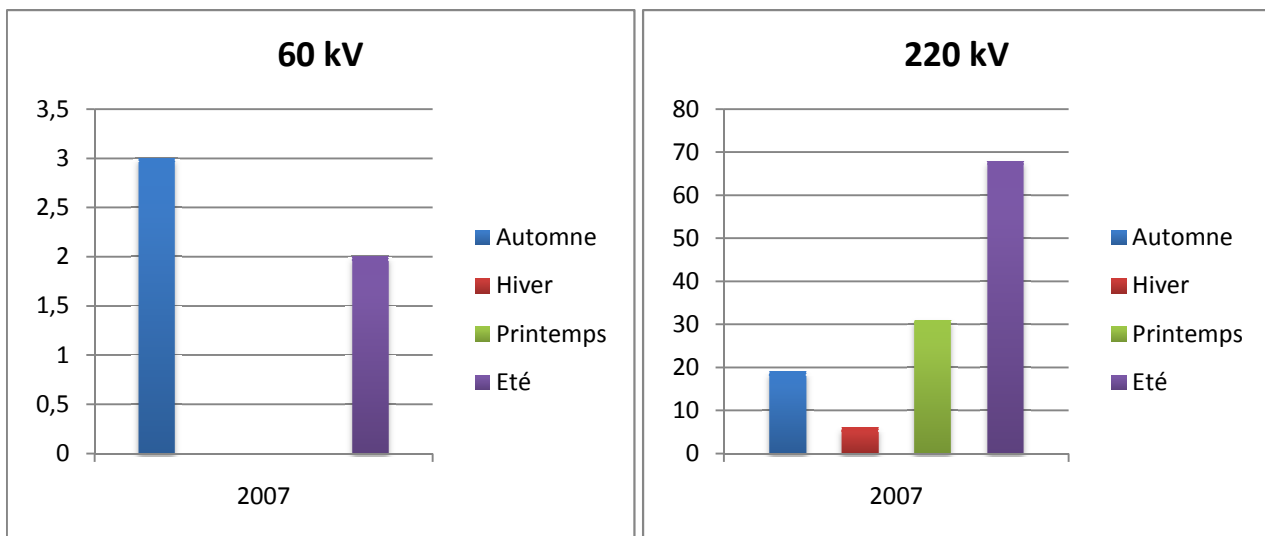


Figure III.71: Répartition des incidents par saison en 2007

k) 2008 :

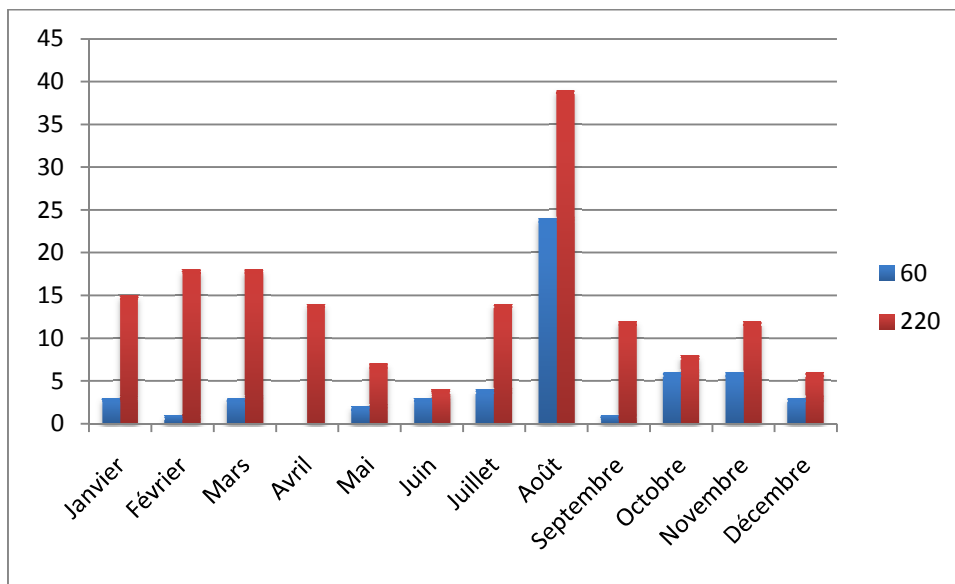


Figure III.72: Répartition des incidents par mois en 2008

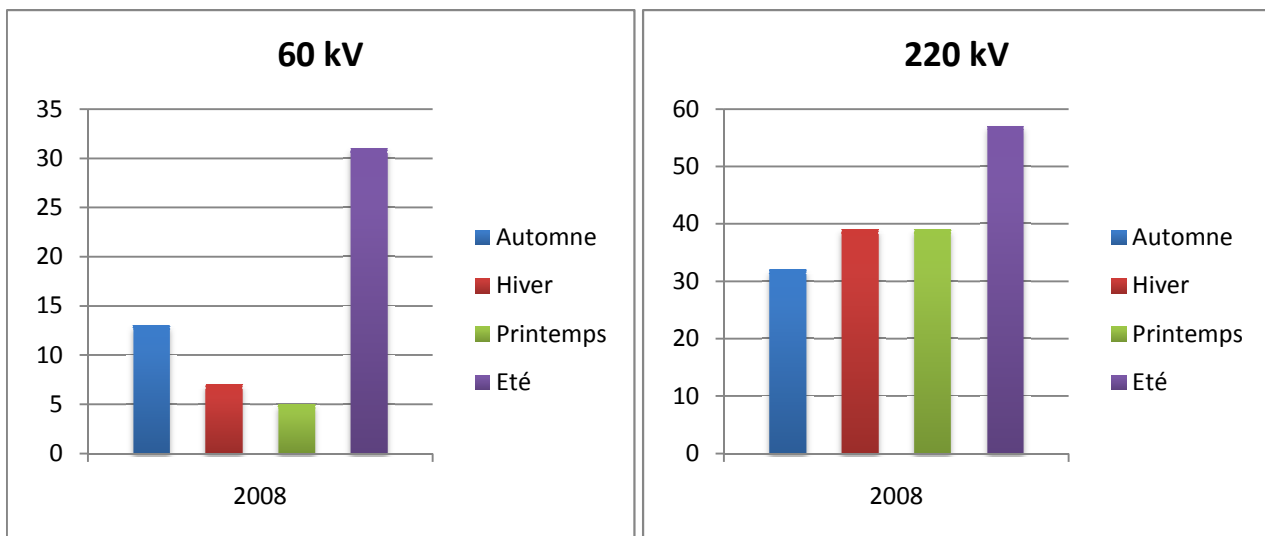


Figure III.73: Répartition des incidents par saison en 2008

### III.4. ANALYSE DES RESULTATS

Le traitement des statistiques des incidents sur les réseaux 220 kV et 60 kV des deux régions électriques centre et ouest, pendant la période 1998-2008 (paragraphe III.2 et III.3), a abouti aux résultats suivants :

#### Région d'Alger :

- **59%** des incidents sont survenus sur le réseau **220kV** et **41%** sur le réseau **60kV** ;
- **62%** des incidents sont dus à la pollution (**DR & DRD**) ;
- **46%** des incidents sont enregistrés pendant l'**Eté**;
- Durant les trois mois : **Juillet, Aout** et **Septembre**, on a enregistré **54%** des incidents ;
- **73%** des incidents apparaissent entre **22 :00h** et **8 :00h** ;
- Les lignes de 220 kV issues du poste de **ALGER EST (BOUDOUAOU)** sont les plus affectées (**45.4%** des incidents), puis, les lignes issues du poste de l'**ARBAA** (**17.8%** des incidents) ;
- Les lignes de 60 kV les plus affectées sont les lignes issues du poste de **BOUDOUAOU** : **19.18%** des incidents, les lignes issues du poste de **BENI MERAD** : **14.44%** des incidents et les lignes issues du poste de l'**ARBAA** : **13.13%** des incidents ;

#### Région d'Oran :

- **58%** des incidents sont survenus sur le réseau **220kV** et **42%** sur le réseau **60kV** ;
- **62%** des incidents sont dus à la pollution (**DR & DRD**) ;
- **36%** des incidents sont enregistrés pendant l'**Eté** et **35%** pendant l'**Automne**;
- **47%** des incidents sont enregistrés durant les trois mois : **Juillet, Aout** et **Septembre**;
- **75%** des incidents apparaissent entre **22 :00h** et **8 :00h** ;
- Les lignes de 220 kV issues du poste de **Marsat El Hadjaj** sont les plus affectées (**40%** des incidents), puis, les lignes issues du poste de l'**ZAHANA** (**32.4%** des incidents);
- Les lignes de 60 kV les plus affectées sont les lignes issues du poste de **ZAHANA** : **13.81%** des incidents, les lignes issues du poste de **MOSTAGANEM**: **14.25%** des incidents et celles issues du poste de **AIN-TEMOUCHENT** : **8.22%** des incidents ;

### **III.5. Conclusion**

Le phénomène de pollution est responsable d'un grand pourcentage des incidents dans le réseau de transport d'énergie électrique. Il est donc indispensable d'en tenir compte durant l'étude de n'importe quel projet de dimensionnement des isolateurs pour les lignes de haute tension.

D'après les analyses des incidents, on constate que la plupart des incidents est survenue dans les périodes de sécheresse (mois de Juillet et Aout) où le phénomène d'auto nettoyage des isolateurs est presque exclu.

D'autres périodes aussi sont critiques, comme le matin et le soir juste avant et après le levé ou le couché du soleil. Ces périodes sont marquées par les phénomènes de condensation (rosé, brouillard et gelé en hiver).

---

## Chapitre IV

# **Discussion de l'influence des paramètres climatiques et des dépôts polluants sur le nombre d'incidents**

---



## **IV.1. Introduction**

Les conséquences de l'influence de la pollution des isolateurs électriques dépendent de plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs : le degré de pollution du site et les paramètres climatiques, qui ont un impact direct sur la densité d'incidents survenant sur les lignes de transport de l'énergie électrique.

Pour analyser l'effet des paramètres météorologiques sur le comportement des isolateurs dans le réseau électrique, on doit d'abord classer les régions étudiées par sévérité de pollution. Cette classification nous permettra d'obtenir une corrélation entre les incidents et les paramètres climatiques.

Dans la première partie de ce chapitre, nous présentons les méthodes proposées pour la classification des zones en optant pour des zones bien particulières.

La deuxième partie de ce chapitre concerne l'étude de l'influence des paramètres météorologiques sur le comportement des isolateurs de haute tension. Une étude localisée par zone est faite pour les deux régions étudiées. Afin d'avoir la meilleure corrélation possible, nous sommes focalisés sur des zones bien particulières où toutes les données sont disponibles (données climatiques, nombre d'incidents et sources de pollution).

## **IV.2. CLASSIFICATION DES ZONES**

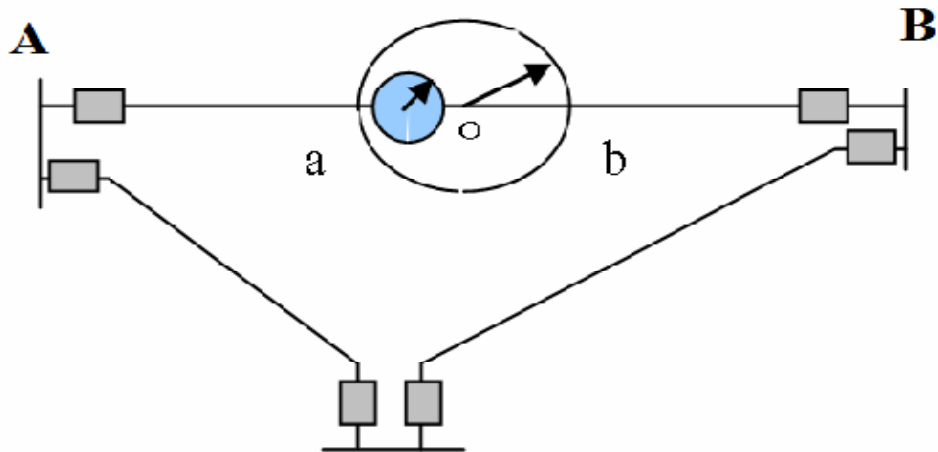
### **IV.2.1. Méthodes proposées pour la classification des zones :**

Pour la classification des zones par sévérité de pollution, deux méthodes sont utilisées [12].

#### ***IV.2.1.1. Première méthode :***

Cette méthode se base sur le traitement et l'analyse des incidents DR (Déclenchement, Ré-enclenchement) et DRD (Déclenchement, Ré-enclenchement, Déclenchement), survenus sur les lignes haute tension de la région considérée. La période d'observation devrait intégrer les chroniques des incidents sur 5 années minimums. Pour chaque ligne issue d'un poste de transformation THT/HT ou de répartition THT/THT ou HT/HT et pour chaque saison, il y a lieu de repérer les défauts ayant eu lieu, en les situant sur la ligne par leurs distances "a" par rapport au poste A et "b" par rapport au poste B.

Tracer le cercle de diamètre "ab" situé sur la ligne et il sera considéré comme zone polluée et de 1er degré par exemple. Les incidents ayant eu lieu seront situés obligatoirement dans le cercle de centre "O" formant selon leur densité des zones de 2ème, 3ème, ... degré. Ces zones sont également des cercles dont les diamètres sont différents à cause des dispersions dans le nombre des défauts (concentrations différentes) (**Figure IV.1**).



**Figure IV.1** : Représentation des zones de pollution sur les lignes de haute tension [12].

Ce travail fait pour chacune des lignes ayant subi des DR et/ou DRD durant la saison ou l'année, est projeté ou plaqué à l'échelle sur une carte géographique qui représenterait les incidents sur le réseau électrique. Le degré de précision de cette carte est lié à la précision de l'échelle, de la localisation des défauts et de la bonne appréciation de la cause (contournement dû à la pollution par exemple) des DR et DRD.

La superposition des zones des quatre saisons donnerait un aperçu sur la migration de la pollution au courant de l'année.

La superposition des zones des cinq années donnerait également un aperçu sur la migration de la pollution avec plus de précision.

#### **IV.2.1.2. Deuxième méthode :**

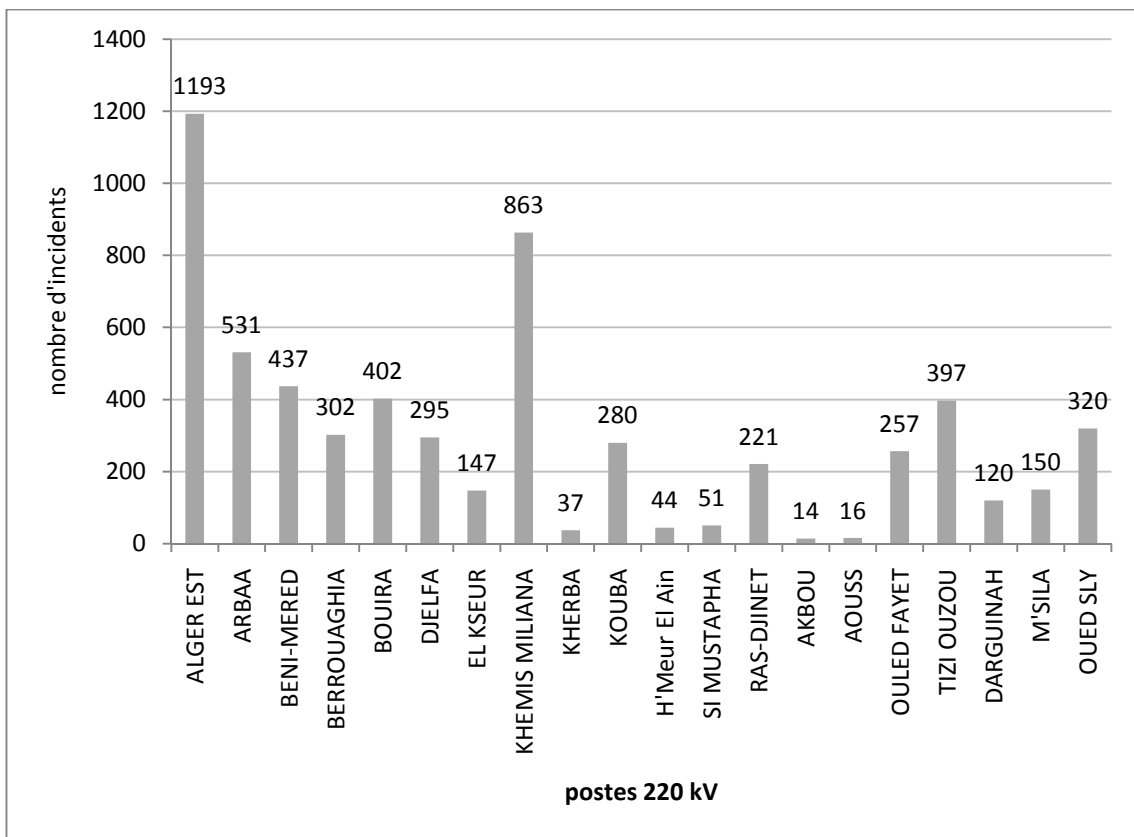
Nous voyons bien que la première méthode de travail que nous venons de présenter, nécessite un très bon schéma du réseau national de transport d'électricité national ainsi qu'une haute précision de localisation des lieux des incidents sur les lignes, ce qui n'est pas le cas pour le moment. En effet, nous manquons d'informations sur les incidents ayant eu lieu sur le réseau, particulièrement leur localisation exacte. Le même constat est fait concernant les sources de pollution des différentes régions.

Les autres types d'incidents autres que les DR ou les DRD sont dus à des problèmes techniques comme les surcharges des réseaux, défauts de synchronisation et la destruction d'un disjoncteur ou d'un transformateur. Donc, tous les incidents DR et/ou DRD identifiés comme incidents dus à la pollution sont comptabilisés, les autres n'étant pas pris en considération. Par ailleurs, si on ne trouve pas d'information sur la cause d'un incident, on le considère par défaut, comme dû à la pollution.

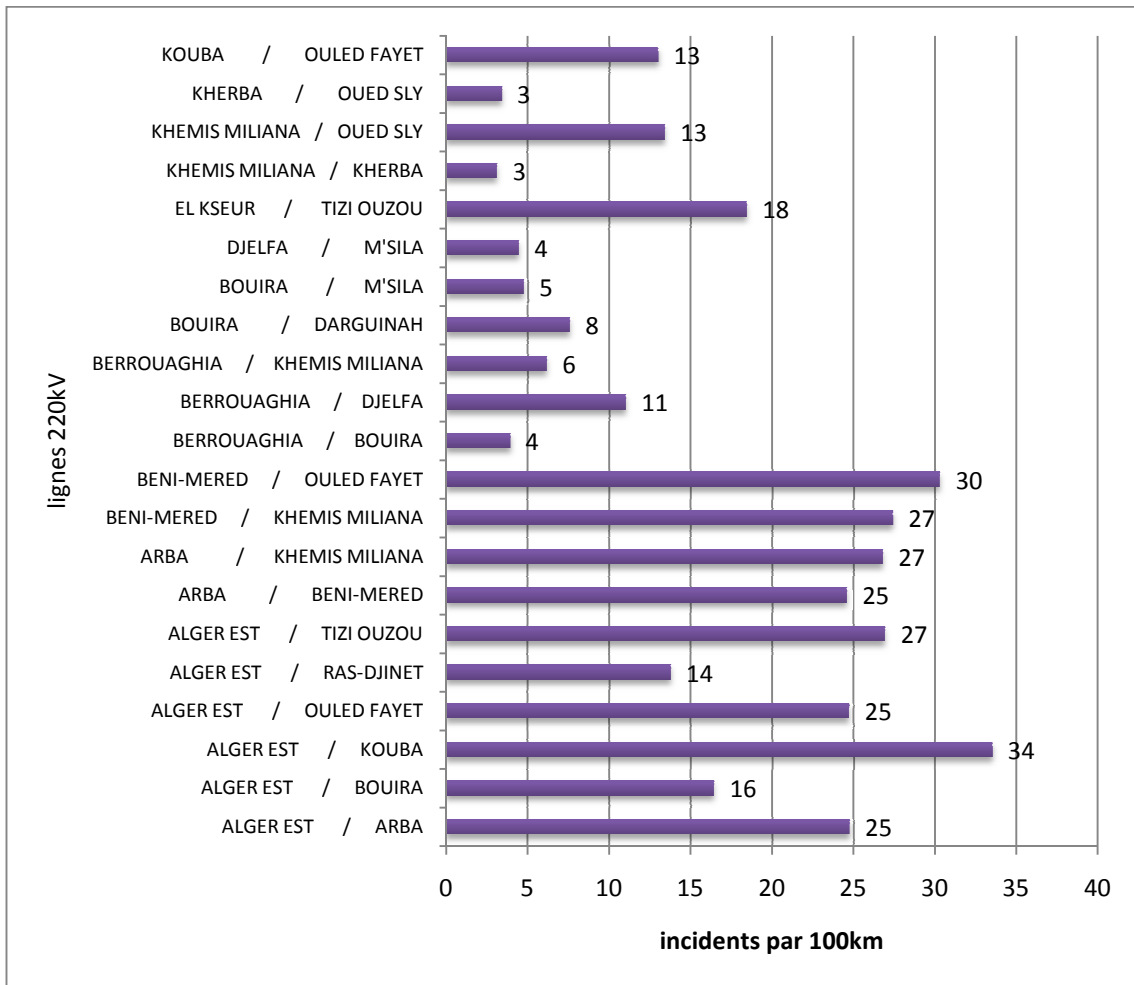
Après avoir comptabilisé le nombre d'incidents survenus sur la ligne considérée durant des années, nous pouvons déduire la densité d'incidents correspondante en divisant le nombre d'incidents sur la longueur de la ligne. Nous définissons ainsi pour les différentes lignes 220 kV, une densité d'incidents par unité de longueur. La ligne qui présente la densité la plus élevée sera considérée comme celle se trouvant dans la région la plus polluée.

Pour définir des classes de pollution, nous utilisons la deuxième méthode. Nous calculons la moyenne et l'écart type des densités d'incidents dans chaque région. Le critère de classement sera défini par rapport à ces derniers (annexe II).

**IV.2.2. Région d'Alger :**



**Figure IV.2 :** Nombre d'incidents total au niveau de chaque poste durant la période 2000-2008



**Figure IV.3 :** Répartition des densités moyennes d'incidents par 100 km pour chaque ligne

Nous remarquons sur les figures (IV.2) et (IV.3) qu'il y a une différence dans la répartition des incidents d'un poste à un autre, et d'une ligne à une autre pour le même poste. Ceci s'explique par la différence d'environnement autour des postes et des lignes (climat, sources de pollution), ainsi que les programmes d'entretiens des lignes [16].

À partir des répartitions d'incidents par poste et par lignes représentées dans les figures (figure IV.2) et (figure IV.3), on peut distinguer trois classes de pollution illustrées dans le tableau suivant (tableau IV.1) :

Classes	Densité d'incidents	Les lignes
Classe1	> 17	ALGEREST/ARBAA ; ALGEREST/KOUBA ; ALGEREST/OULED FAYET ; ALGEREST/TIZIOUZOU ; ARBAA/BENIMERED ; ARBAA/KHEMISMILIANA ; BENIMERED/KHEMISMILIANA ; BENIMERED/OULED FAYET ; ELKSEUR/TIZIOUZOU.
Classe2	7 : 17	ALGEREST/BOUIRA ; ALGEREST/RASDJENET ; BERROUAGHIA/DJELFA ; BOUIRA/DERGUINAH ; KOUBA/OULED FAYET ; KHEMISMILIANA/OUEDSLY.
Classe3	< 7	BERROUAGHIA/BOUIRA ; BERROUAGHIA/KHEMISMILIANA ; BOUIRA/M'SILA ; DJELFA/M'SILA ; KHEMISMILIANA/KHERBA ; KHERBA/OUEDSLY.

**Tableau IV.1 :** Les classes de pollution et les lignes correspondantes

**Classe 1 :** Les lignes appartenant à cette classe se trouvent dans des zones proches de la mer et de très forte circulation routière, ainsi que la présence de grandes zones industrielles (voir §II.3.4). Donc les lignes de cette classe sont exposées à une pollution mixte qui est la plus sévère. La présence de la pollution mixte dans les zones littorales, caractérisées par des taux d'humidité très élevés et la présence de brouillard [24], est la cause principale de la grande densité d'incidents dans ces zones.

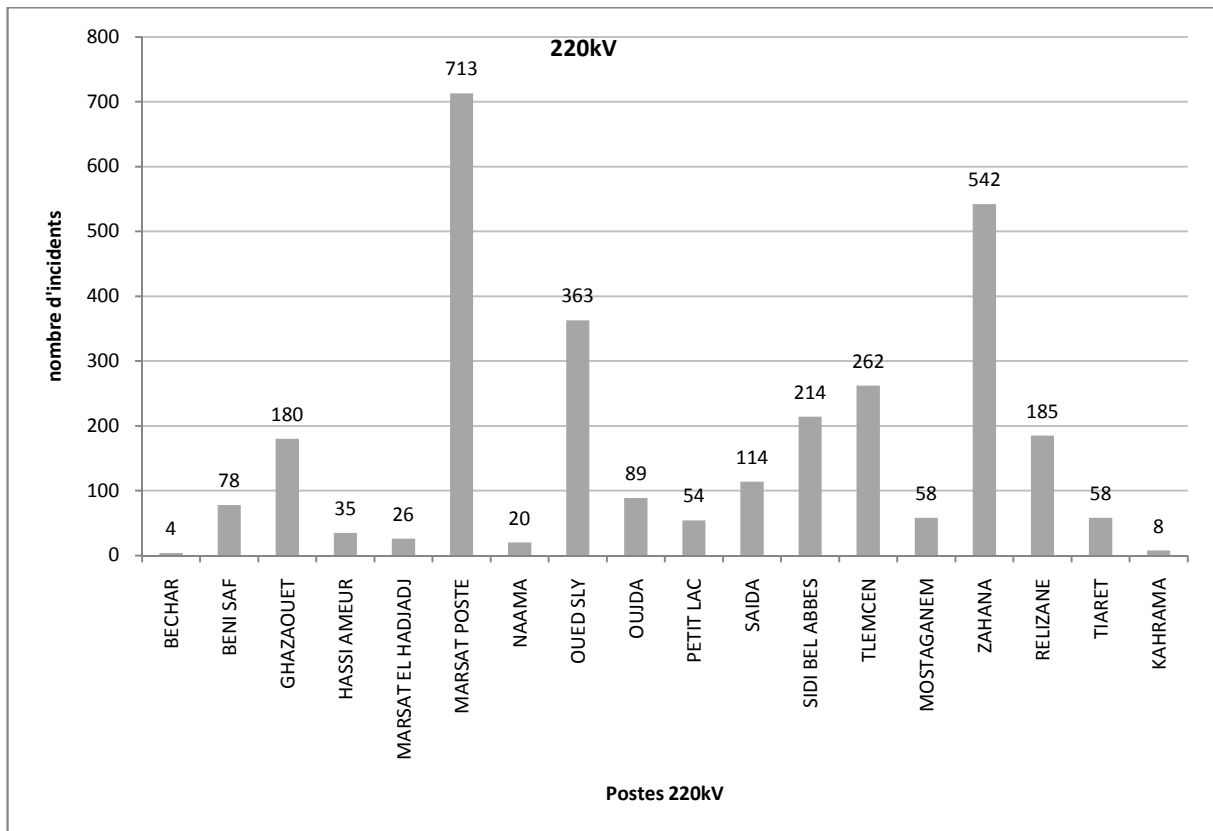
**Classe 2 :** Cette classe contient les lignes se trouvant dans des zones relativement loin de la mer ; ce sont des zones montagneuses entourées par plusieurs sources de pollution de différents types (cimenteries, routes nationales, ...). La pollution dans ces régions est moins sévère que celle de la première classe.

**Classe 3 :** concerne les lignes situées au sud de la région électrique d'Alger, caractérisé par un climat aride et une faible activité industrielle. La pollution dans ces zones est surtout naturelle, ce qui explique la faible densité d'incidents sur ces lignes.

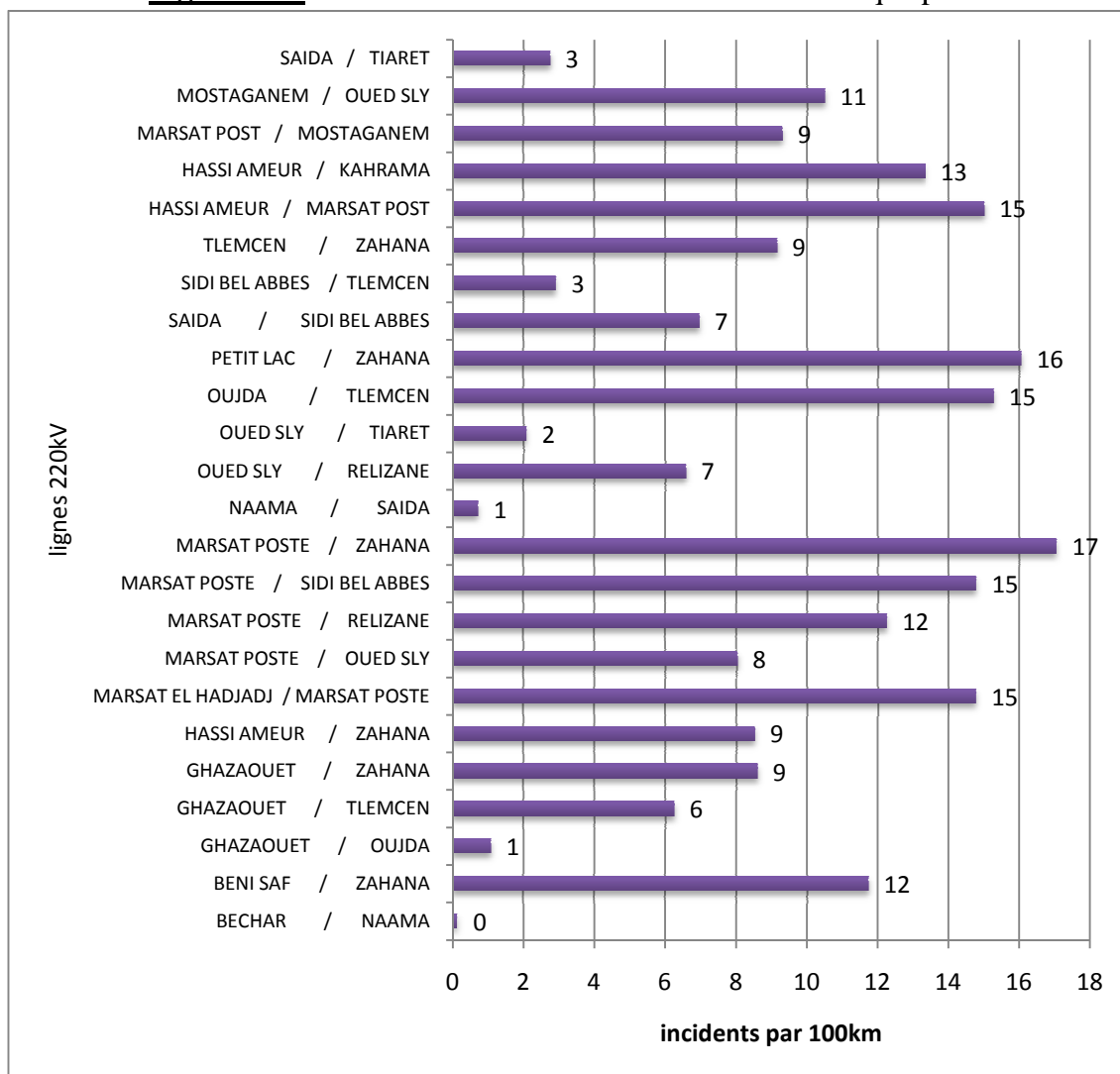
**Remarque :**

La ligne ALGER EST/ CAP-DJENET est une ligne littorale (à 2 km de la mer) et traverse une zone montagneuse ainsi que Oued Isser, mais elle fait partie de la deuxième classe. Ceci s'explique par les entretiens périodiques destinés à cette ligne, ainsi que le nombre d'isolateurs utilisés qui est de 18, alors que ce nombre est entre 14 et 16 isolateurs pour les autres lignes [16].

**IV.2.3.Région d'Oran :**



**Figure IV.4 :** Nombre d'incidents total au niveau de chaque poste



**Figure IV.5 :** Répartition des densités moyennes d'incidents par 100 km pour chaque ligne

Classes	Densité d'incidents	Les lignes
Classe1	> 9	Toutes les lignes issues du MARSAT POSTEE ; toutes les lignes issues du poste de ZAHANA; HASSIAMEUR/KAHRAMA; MOSTAGANEM/OUEDSLY; OUDA/TELEMCEN.
Classe2	5 : 9	SAIDA/SIDI BEL ABBES ; OUED SLY/RELIZANE ; GHAZAOUET/TLEMCEN.
Classe3	< 5	BECHAR/NAAMA ; GHAZAOUET/OUJDA ; NAAMA/SAIDA ; OUED SLY/TIARET ; SIDI BEL ABBES/TLEMCEN ; SAIDA/TIARET.

**Tableau IV.2 :** Les classes de pollution et les lignes correspondantes

**Classe 1 :** Les lignes de cette classe sont exposées à une très forte pollution ayant comme sources principales:

- les embruns salins venant de la mer, de la sebka ou la saline d'Arzew et de la Macta;
- la zone industrielle d'Arzew ;
- La cimenterie de Zahana.

**Remarque :** Il est à noter que le nombre d'isolateurs utilisés dans les lignes issues des postes de Marsat Elhadjadj et de Zahana est entre 18 et 20 isolateurs, alors qu'il est entre 14 et 16 pour les autres lignes.

*Classe 2 et classe 3 :* même commentaires que pour la région d'Alger.

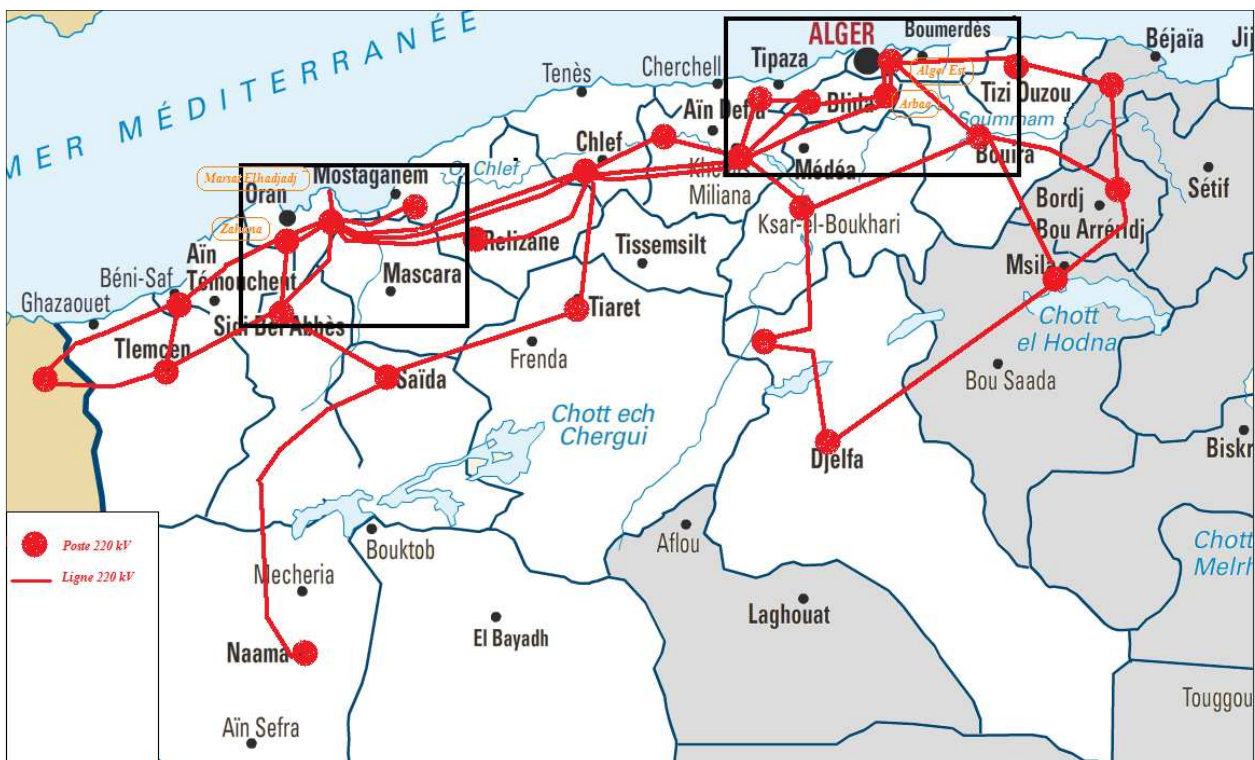
### **IV.3. ETUDE DE L'INFLUENCE DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES :**

Dans cette partie de notre travail, nous étudions l'influence de quelques paramètres météorologiques sur l'apparition des incidents dans les lignes de 220kV, tels que les *précipitations pluviales, l'humidité, la température, le brouillard, la rosée, la gelée et le vent.*

Pour avoir une meilleure appréciation de l'impact des paramètres climatiques sur le nombre d'incidents, nous choisissons deux zones importantes : la première est la zone d'**Alger Est / Arbaa** à la région électrique d'Alger, la deuxième est la zone de **Marsat El hadjadj / Zahana** dans la région ouest (figure IV.6).

Le choix de ces deux zones revient, au fait que les lignes (et les postes) dans ces zones alimentent des villes à forte concentrations démographiques et industrielles. En plus, toutes les informations concernant les incidents survenus sur ces lignes sont disponibles et complètes. Les données météorologiques nécessaires pour faire la corrélation, sont également disponibles.

Les lignes choisies sont classées parmi les plus touchées par la pollution, et par conséquent un grand nombre d'incidents.



**Figure IV.6:** Représentation des zones étudiées sur la carte du réseau de 220kV des régions centre et ouest

### IV.3.1. La zone ALGER EST / ARBAA :

Cette zone contient 11 lignes de 220 kV (Figure II.1):

[ALGER EST / ARBA] ; [ALGER EST / BOUIRA] ; [ALGER EST/ KOUBA] ; [ALGER EST / OULED FAYET] ; [ALGER EST / RAS-DJINET] ; [ALGER EST / TIZI OUZOU] ; [ALGER EST / SI MUSTAPHA] ; [ARBA / BENI-MERED] ; [ARBA / KHEMIS MILIANA] ; [KOUBA / OULED FAYET] ; [BENI-MERED / OULED FAYET].

Ces lignes sont issues de deux postes : le poste d'ALGER EST (BOUDOUAOU) et le poste de l'ARBAA, leurs caractéristiques sont données en détail aux annexes (annexe III).

Les valeurs prises des paramètres météorologiques (précipitations pluviales, humidité, température, ...) sont celles de la ville d'ALGER.

#### IV.3.1.1. Précipitation pluviale:

**Année 2000:** Les faibles précipitations (89 mm) durant la période [Mars – Mai] (Tableau IV.3) ont conduit à l'apparition d'un grand nombre d'incidents en été et au début d'automne.

Un autre facteur responsable du grand nombre d'incidents, est l'absence d'entretien et de dépollution des isolateurs qui ont été nuls au cours de cette année, pour des raisons technico-économiques et pour des raisons de sécurité [16].

**Année 2001:** Les mêmes constats de l'année 2000 sont aussi valables pour l'année 2001, seulement que le nombre d'incidents a été très important (c'est l'année critique avec 529 incidents entre Juin et Septembre) et les précipitations ont été beaucoup plus faibles (année de sécheresse) (Figure IV.7).

À partir de l'année 2002, le nombre d'incidents diminue considérablement (Tableau IV.3) à cause de l'augmentation des programmes d'entretien des lignes aériennes [16].

**Année 2002:** Les incidents diminuent considérablement en été par rapport au nombre d'incidents à la même période des années précédentes (Tableau IV.3). Ceci s'explique par l'augmentation des précipitations pluviales au Printemps (102 mm juste avant l'été). En considérant l'année 2002, nous remarquons que la majorité des incidents est enregistrée pendant l'été (Figure III.22), à cause de la sécheresse juste avant et pendant cette saison. La forte pluviométrie durant le reste de l'année 2002, a diminué notablement le nombre d'incidents (Figures IV.9 et IV.10).

**Année 2003:** Les incidents diminuent par rapport à l'année précédente. Cette diminution est due à l'augmentation des précipitations pluviales (Tableau IV.3). Particulièrement, la période entre Novembre 2002 et Février 2003 est marquée par une forte pluviométrie (Figure IV.10), ayant permis à un lavage très important des isolateurs pendant l'Hiver. Ce lavage a été la cause du retard dans l'apparition des incidents jusqu'au mois d'Aout (Figures IV.9).



**Année 2004:** Les précipitations pluviales se sont multipliées en deux par rapport à l'année 2003, alors le nombre d'incidents s'est considérablement affaibli (divisé par quatre) (Tableau IV.3). Mêmes commentaire que pour l'année précédente.

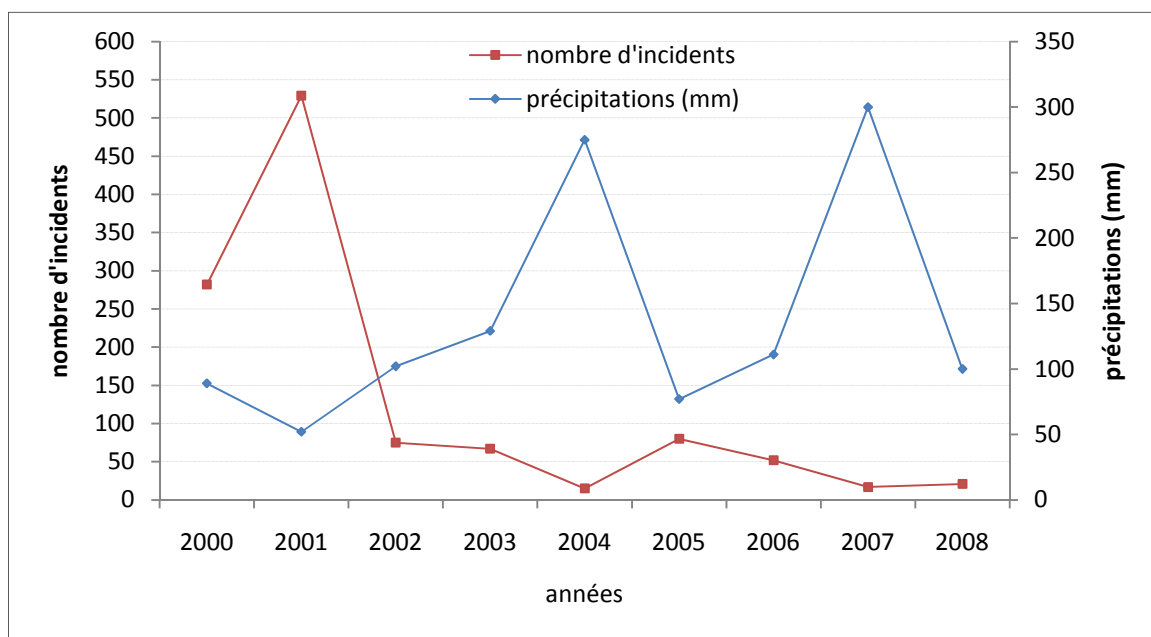
**Année 2005:** À cause des faibles quantités de précipitations pluviales au Printemps, le nombre d'incidents a augmenté en été de cette année par rapport à l'année 2004 (Tableau IV.3).

**Années 2006 et 2007:** Nous remarquons que le nombre d'incidents diminue avec l'augmentation des précipitations pluviales (Figure IV.7).

**Année 2008:** Malgré la faible pluviométrie par rapport à l'année 2007, le nombre d'incidents n'a pas beaucoup changé (Figure IV.7), ça est dû au nombre considérable d'entretiens des lignes aériennes réalisés pendant cette année [16].

Année	Précipitations [mm] [Mars - Mai]	Incidents [Juin - Septembre]
2000	89	282
2001	52	529
2002	102	75
2003	129	67
2004	275	15
2005	77	80
2006	111	52
2007	300	17
2008	100	21

**Tableau IV.3 :** Précipitations [Mars - Mai] et incidents [Juin - Septembre] pour chaque année



**Figure IV.7:** Variations du nombre d'incidents et des précipitations pluviales entre 2000 et 2008 (zone Alger)

#### ***IV.3.1.2. Humidité :***

L'humidité de la zone **Alger Est-Arbaa** (Figure IV.11) est très importante durant toute l'année (en hiver 85% et 70% en été), ce qui explique le grand nombre d'incidents dans cette zone (75 incidents/an entre 2002 et 2008).

**En 2002 et 2005:** l'humidité pendant l'été est entre 75% et 80%, les incidents enregistrés dans la période [Mai – Septembre] sont les plus importants.

Pour des valeurs d'humidité relative moins importantes durant l'été, les incidents sont moins nombreux, c'est le cas des années 2003, 2006.

**En 2004,** malgré que la valeur d'humidité est grande en été, mais les incidents sont faibles, cela est dû à l'effet d'auto-nettoyage par la pluie qui a été importante durant cette année (Tableau IV.3).

#### ***IV.3.1.3. Température***

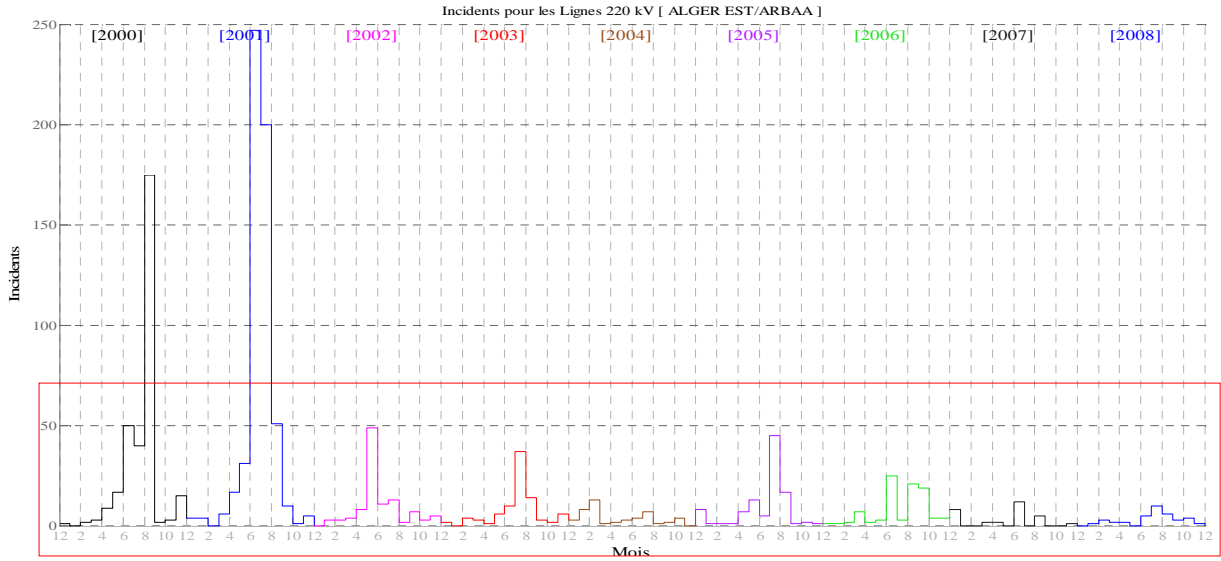
La plupart des incidents s'est produite dans la période [Juin - Septembre] où la température est entre 22 et 27 °C (Figure IV.12). À ces températures, avec une humidité relativement forte et l'absence de pluies, l'accumulation des dépôts polluants sur les surfaces des isolateurs est favorisée.

#### ***IV.3.1.4. Brouillard et Gelée :***

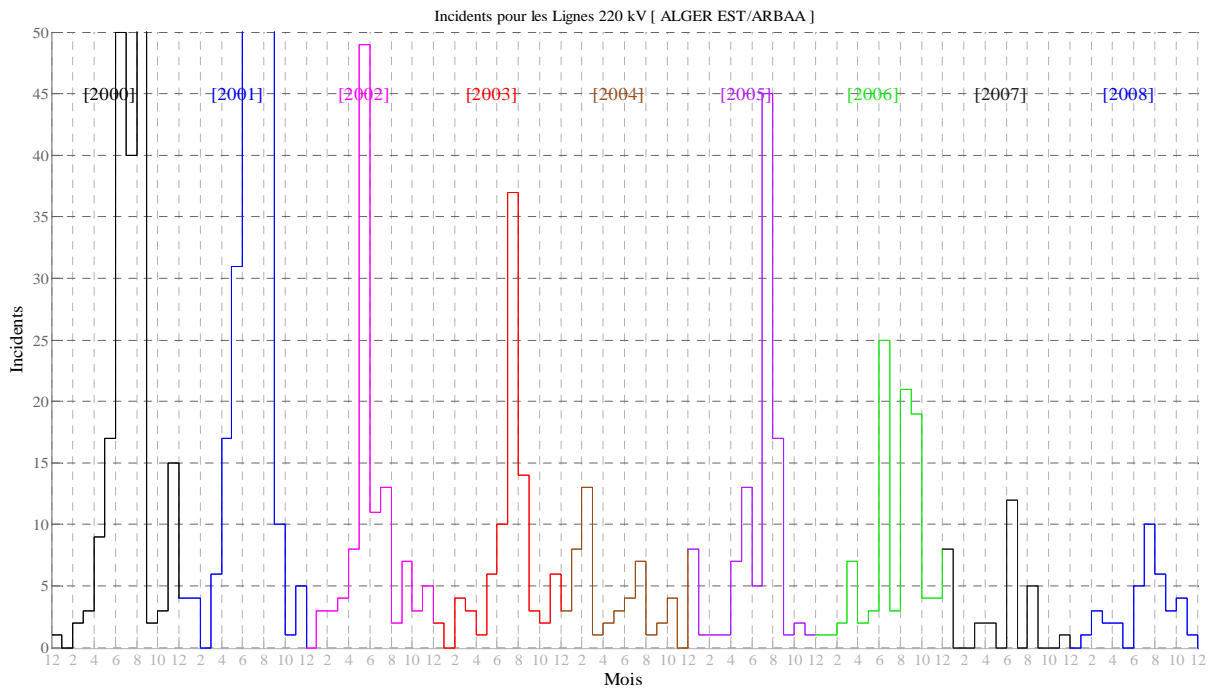
Le brouillard dans cette zone apparaît généralement, pendant toute l'année. Le maximum de jours de brouillard est en hiver (Figure IV.13), mais l'apparition de brouillard en été donne naissance aux arcs électriques qui provoquent le contournement des isolateurs.

L'apparition de gelée a lieu en hiver, et elle n'a pas un grand effet (Figure IV.14).

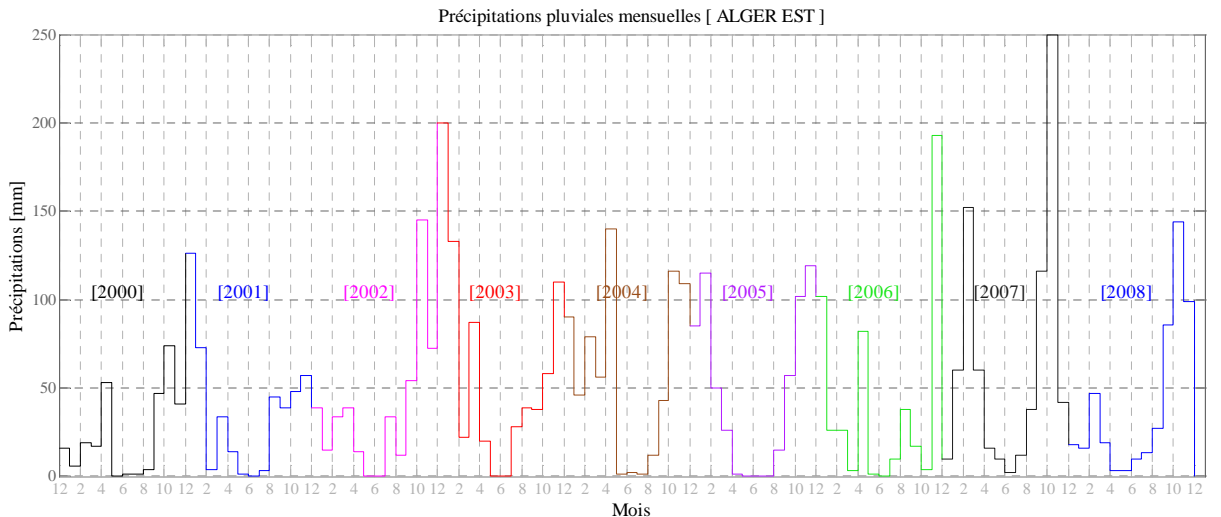
L'effet de la pluie forte et périodique (l'auto-nettoyage) dans la période **Novembre-Février**, élimine l'influence du brouillard et de gelée dans cette période.



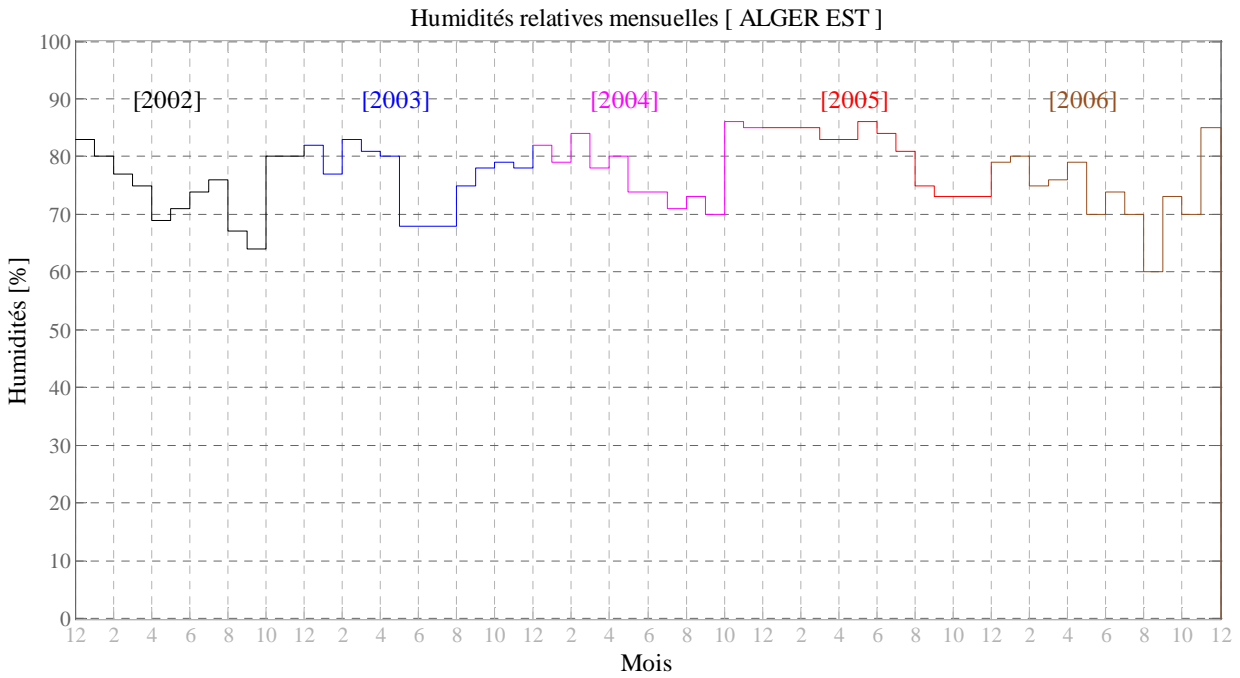
**Figure IV.8 :** Les incidents sur les lignes 220 kV pour chaque mois [2000 - 2008] [Alger]



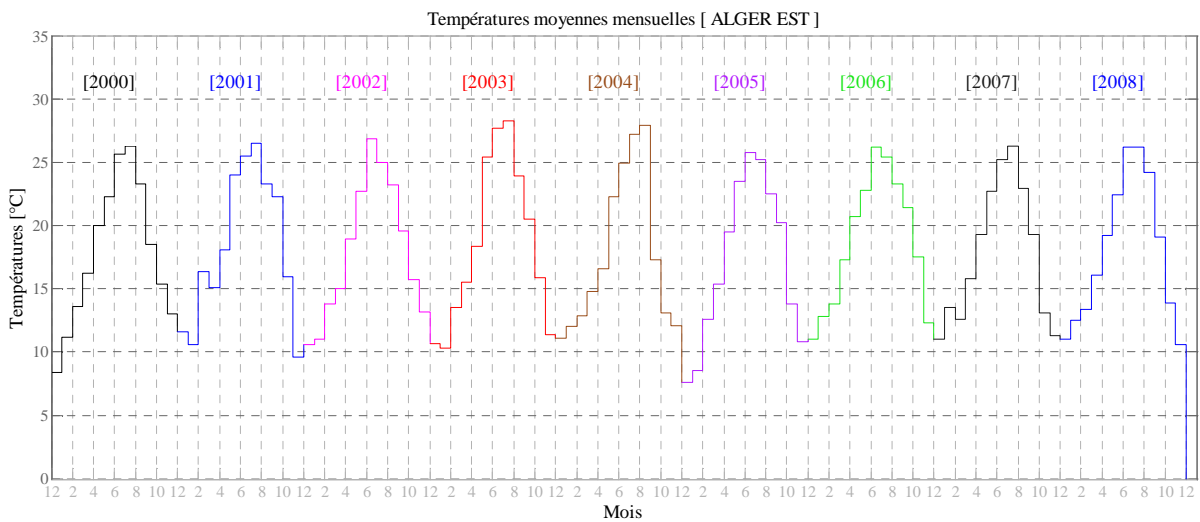
**Figure IV.9:** Figure IV.8 avec zoom de la partie encadrée en rouge



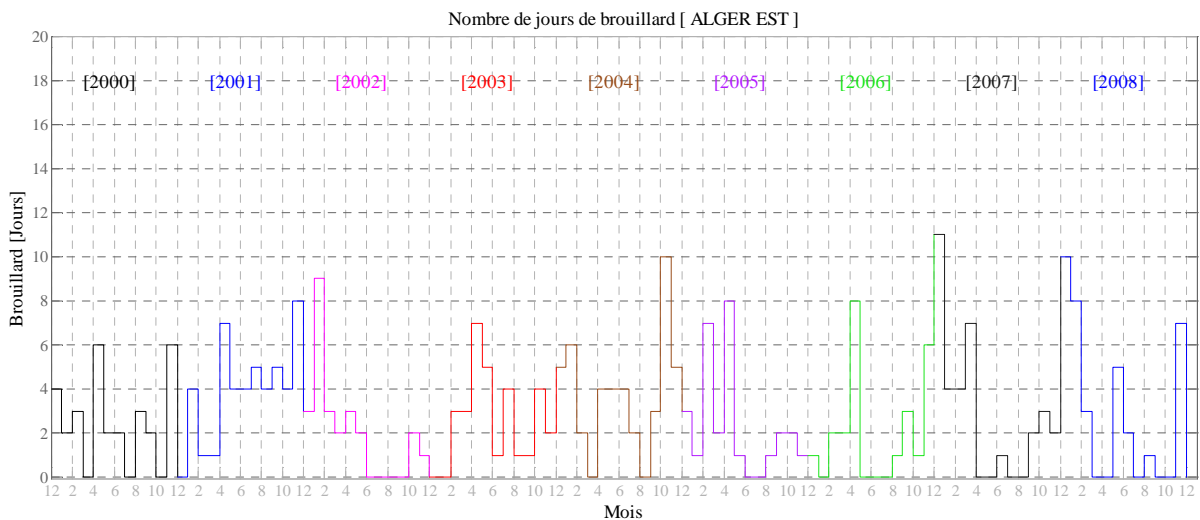
**Figure IV.10 :** Précipitations mensuelles entre 2000 – 2008 de la ville d'Alger



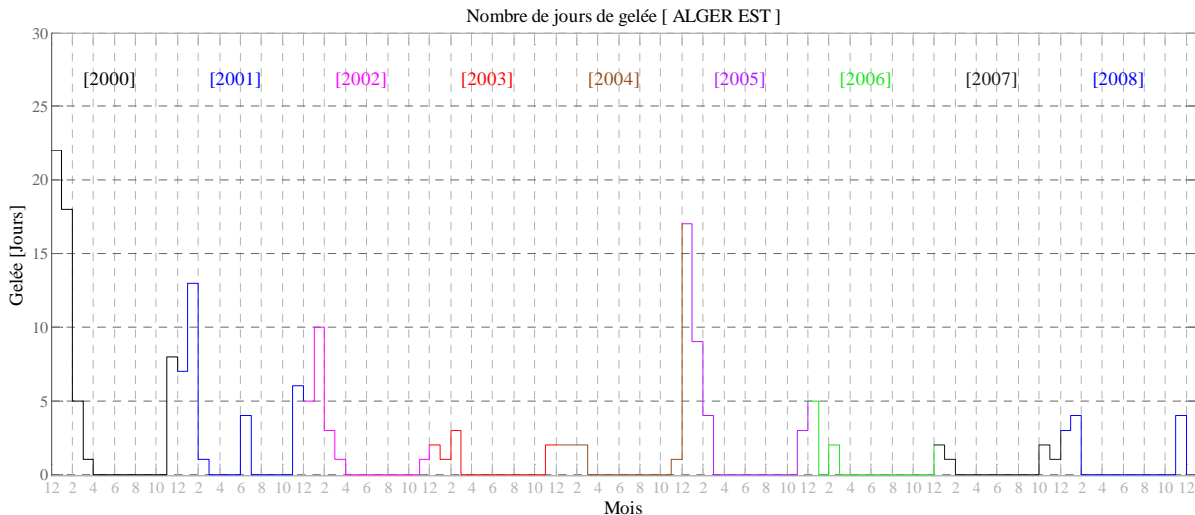
**Figure IV.11:** Humidités relatives mensuelles moyennes entre 2002 - 2006 de la ville d'Alger



**Figure IV.12:** Températures mensuelles moyennes entre 2000 - 2008 de la ville d'Alger



**Figure IV.13:** Nombre de jours de brouillard pour chaque mois [2000 - 2008] [Alger]



**Figure IV.14:** Nombre de jours de brouillard pour chaque mois [2000 - 2008] [Alger]

### IV.3.2. La zone de MARSAT ELHADJADJ / ZAHANA :

Cette zone contient 9 lignes de 220 kV :

[MARSAT EL HADJADJ / MARSAT POSTEEEE] ; [MARSAT POSTEEEE / OUED SLY] ; [MARSAT POSTEEEE / RELIZANE] ; [MARSAT POSTEEEE / SIDI BEL ABBES] ; [MARSAT POSTEEEE / ZAHANA] ; [PETIT LAC / ZAHANA] ; [MARSAT POSTEEEE / MOSTAGANEM] ; [HASSI AMEUR / MARSAT POSTEEEE] ; [HASSI AMEUR / ZAHANA].

Ces lignes sont issues des postes de Marsat Elhadjadj et de Zahana (Figure II.1) et leurs caractéristiques en détail sont données aux annexes (annexe III).

Les valeurs des conditions météorologiques (les précipitations pluviales, l'humidité, les températures...) sont celles de la ville d'ORAN.

#### IV.3.2.1. Précipitations pluviales :

**Année 2000 :** Les faibles précipitations pluviales entre Mars et Mai ont conduit à un nombre considérable d'incidents (Figure IV.15). Le maximum d'incidents pendant cette année est en Juillet après un (01) mois d'absence de pluies (Figure IV.16).

**Année 2001 :** À cause de l'augmentation des précipitations pluviales en Printemps, les incidents ont diminué d'une façon notable (Figure IV.15).

**Année 2002 :** Les précipitations sont plus importantes, ce qui fait que les incidents diminuent (Figure IV.15). Les incidents se sont multipliés en Juin après un (01) mois d'absence de pluies (Figures IV.16 et 17).

**Année 2003 :** Les précipitations sont relativement faibles. Le nombre d'incidents augmente (Figure IV.15).

**Année 2004 :** Les précipitations sont importantes, les incidents diminuent (Figure IV.15). Grâce à la grande quantité de pluie pendant le mois de Mai (Figure IV.17), les incidents ne sont pas apparus jusqu'au mois de Juillet (Figure IV.16).

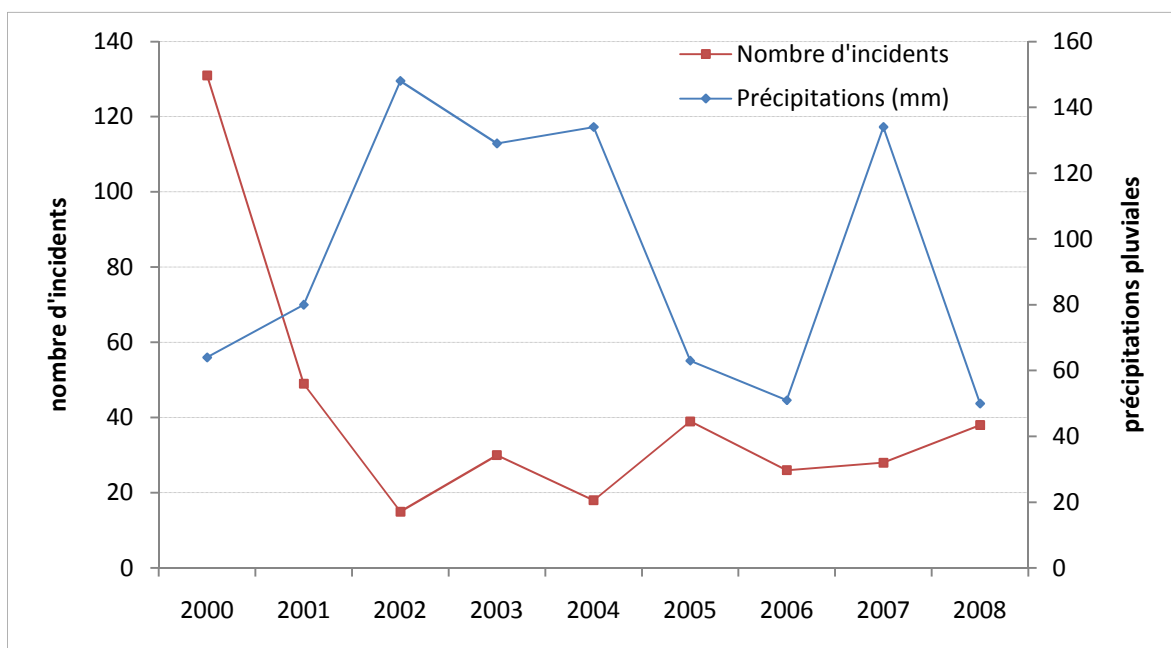
**Années 2005 et 2006 :** Les précipitations sont faibles, alors le nombre d'incident est relativement grand.

**Année 2007 :** Les précipitations pluviales sont importantes en printemps, mais les incidents sont considérables (Tableau IV.4). À cause de la disparition de pluies à partir du mois d'Avril, le maximum d'incidents est enregistré au mois d'Août (Figure IV.16).

**Année 2008 :** Les précipitations pluviales durant cette année sont faibles, le nombre d'incidents est un peu grand (Figure IV.15).

Année	Précipitation [mm] [Mars - Mai]	Incidents [Juin -Septembre]
2000	64	131
2001	80	49
2002	148	15
2003	129	30
2004	134	18
2005	63	39
2006	51	26
2007	134	28
2008	50	38

**Tableau IV.4 :** Précipitation [Mars - Avril] et les incidents [Juin - Septembre] pour chaque année



**Figure IV.15 :** Variations du nombre d'incidents et des précipitations pluviales entre 2000 et 2008 (Oran)

#### **IV.3.2.2. L'humidité :**

L'humidité dans la ville d'Oran (Figure IV.18) est grande même en été, elle est toujours supérieure à 60% ce qui explique le grand nombre des incidents dans cette zone.

**Année 2004 :** l'humidité durant la période [Juin-Septembre] est relativement faible 61%, les incidents sont moins importants (Tableau IV.5).

**Année 2006 :** l'humidité durant la période [Juin-Septembre] atteint 81%, les incidents se sont multipliés dans cette période (Tableau IV.5).

Pour des grandes valeurs de l'humidité relative pendant la période [Juin – Septembre] (la période d'apparition de la majorité des incidents), les incidents sont plus nombreux (Tableau IV.5).

Années	Humidité (%) [Juin-Septembre]	Incidents [Juin-Septembre]
2003	70	33
2004	61	19
2005	81	39
2006	65	23

**Tableau IV.5 :** l'humidité et les incidents dans la période [juin-septembre] pour quelques années

#### **IV.3.2.3. Température :**

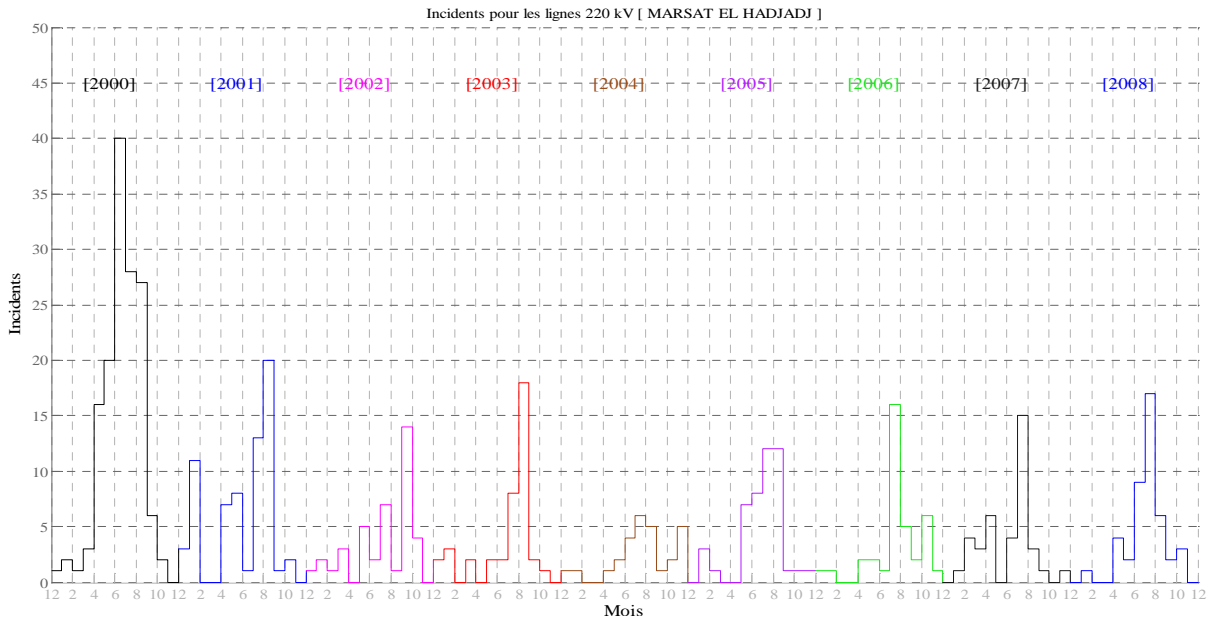
Dans la période d'apparition des incidents, la température est élevée (Figure IV.19). À ces températures, l'assèchement et l'humidification alternatifs de la couche de pollution favorisent l'accumulation des dépôts polluants ainsi que la dégradation de l'état de surface des isolateurs.

#### **IV.3.2.4. Brouillard et Gelée :**

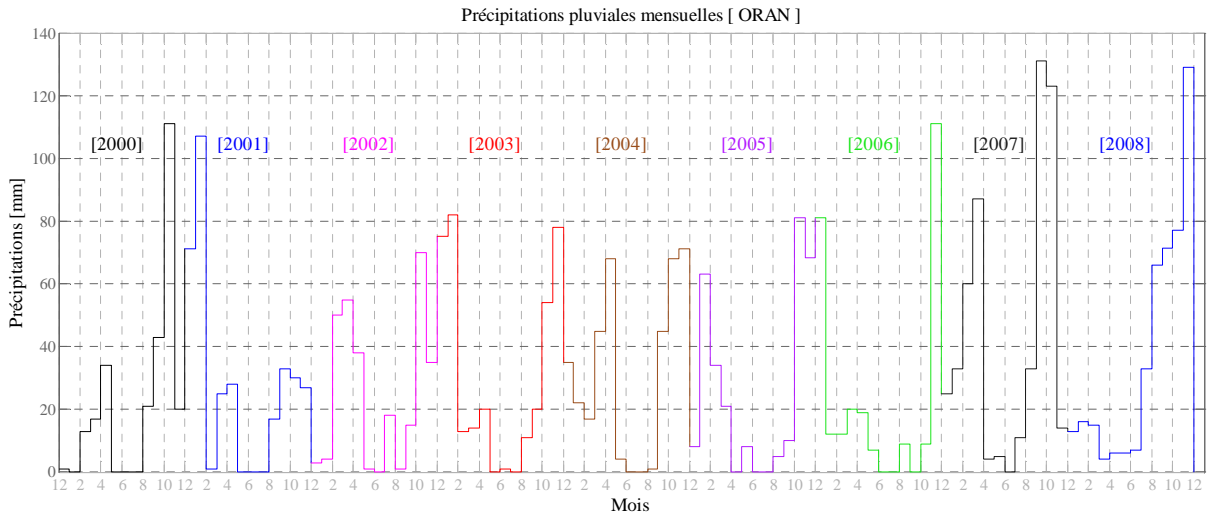
Malgré que le brouillard (Figure IV.20) apparait fréquemment pendant toute l'année (sauf en été), mais il n'a pas une grande influence à cause de l'auto nettoyage périodique. On peut dire que l'effet de pluie est dominant sur l'effet de brouillard.

Les incidents durant la période [Novembre – Janvier] dans cette zone ne sont pas nombreux. Les incidents durant cette période sont dus au phénomène de brouillard.

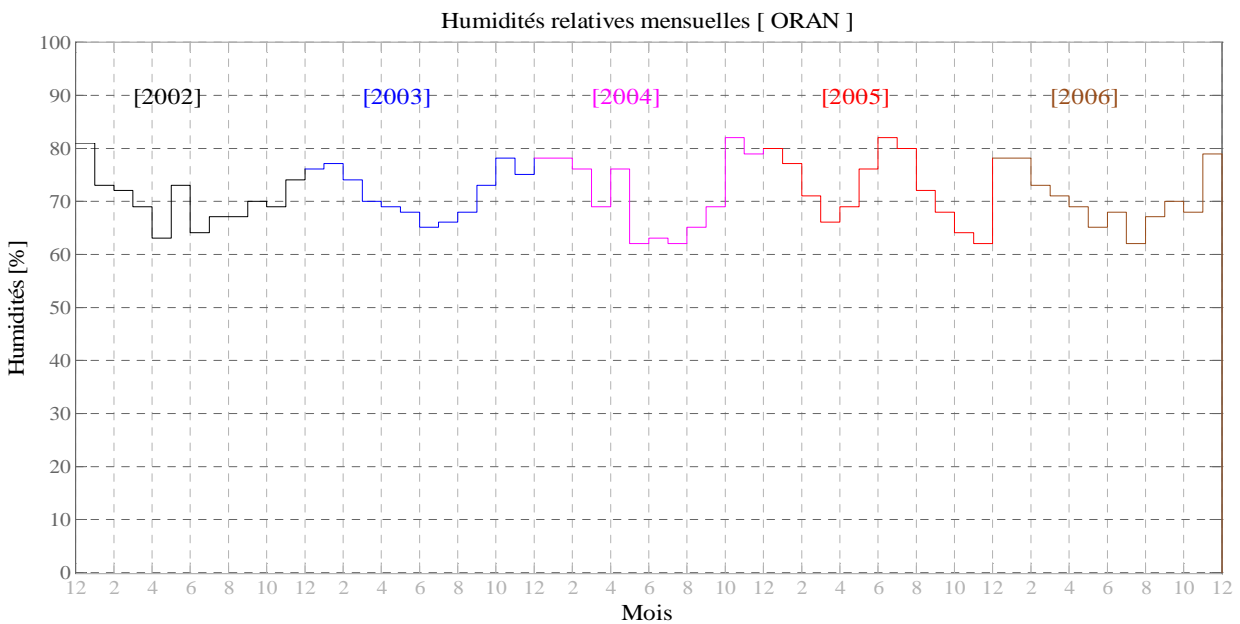
Le phénomène de gelée est rare dans cette zone et son effet est négligeable (Figure IV.21).



**Figure IV.16 :** Les incidents sur les lignes 220 kV pour chaque mois entre 2000 - 2008 d'Oran

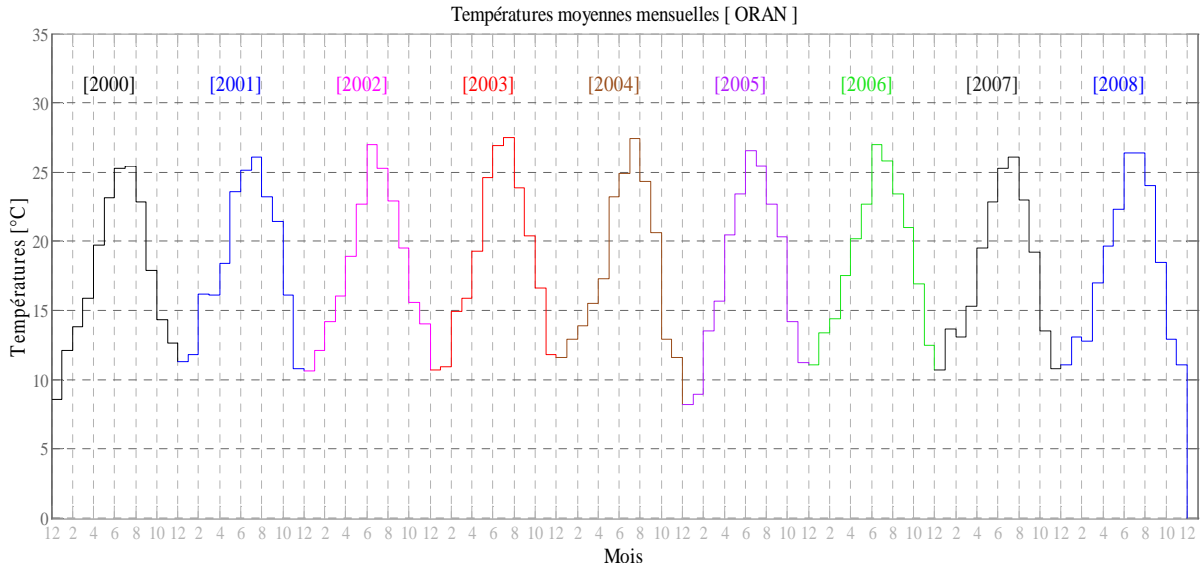


**Figure IV.17 :** Précipitations mensuelles entre 2000 - 2008 de la ville d'Oran

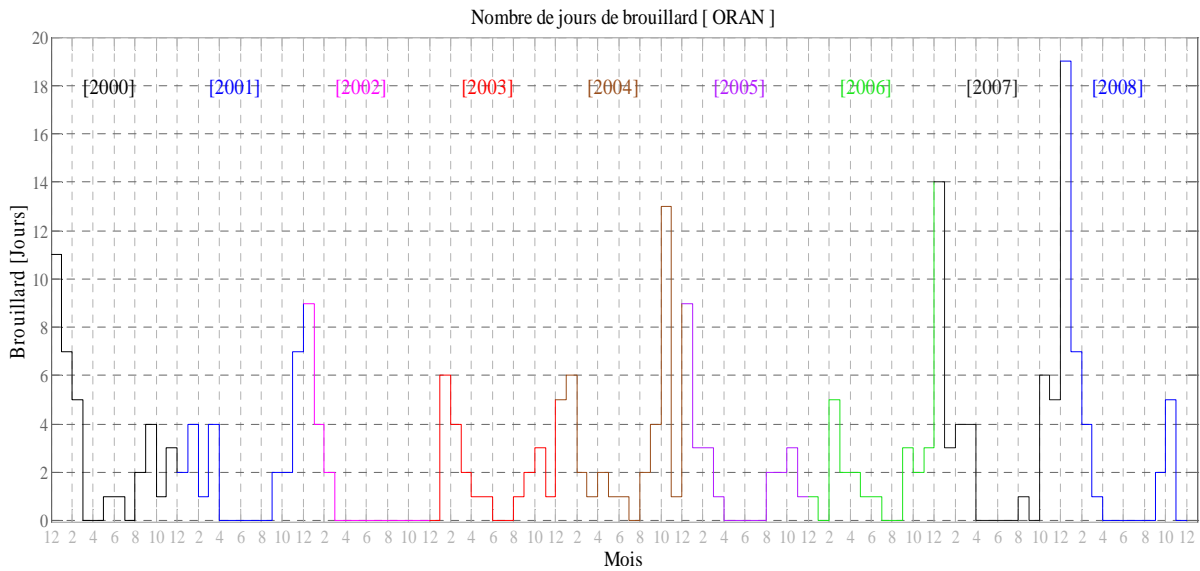


**Figure IV.18 :** Humidités relatives mensuelles moyennes entre 2002 - 2006 de la ville d'Oran

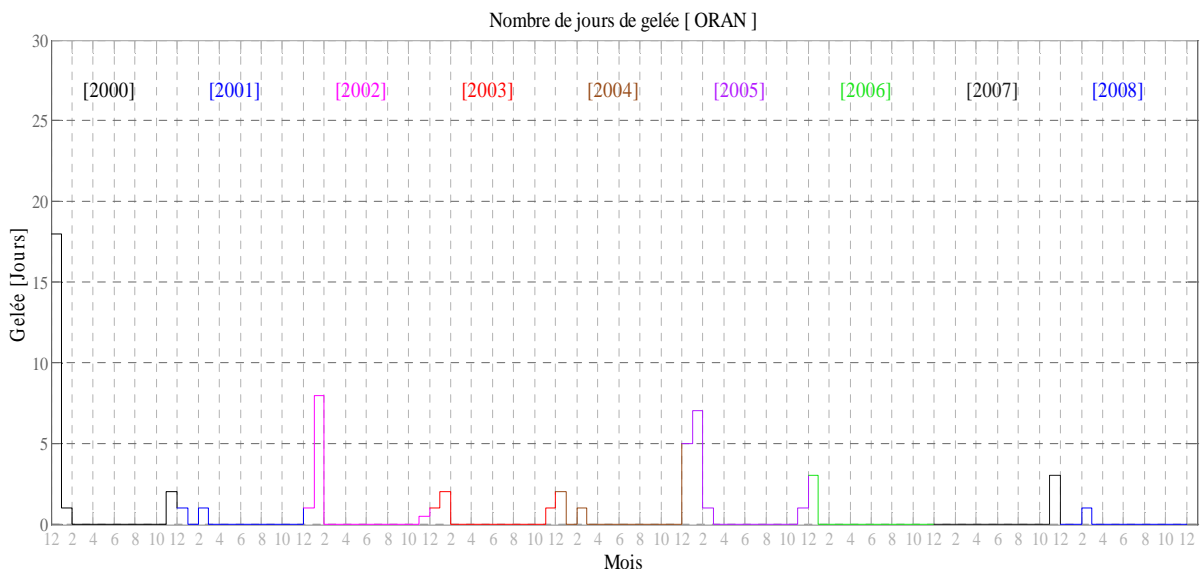




**Figure IV.19:** Températures mensuelles moyennes de la ville d'Oran



**Figure IV.20:** Nombre de jours de brouillard par mois entre 2000 - 2008 de la ville d'Oran



**Figure IV.21:** Nombre de jours de Gelée pour chaque mois entre 2000 - 2008 de la ville d'Oran

#### IV.4. L'INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DU SITE SUR LES INCIDENTS

Le tableau ci-dessous (Tableau IV.6) regroupe toutes les informations nécessaires utilisées pour étudier l'influence des paramètres météorologiques sur les incidents dans les régions électriques centre et ouest, en tenant compte des sources de pollution.

Zones	Lignes	Longueur [km]	Somme des incidents	Moyenne annuelle des incidents	Densité d'incident par 100 km	Nombre d'isolateurs	Humidité relative en été [%]	Précipitations annuelles [mm]	Températures moyennes en été [°C]	Sources de Pollution
Zone de ALGER EST / ARBAA	ALGER EST / ARBA	2x30	166	15	25	14	70	700	Entre 21 et 26	Naturelle, marine + Industrielle
	ALGER EST / BOUIRA	78	141	13	16	14				
	ALGER EST / KOUBA	70	258	23	34	18				
	ALGER EST / OULED FAYET	50	136	12	25	18				
	ALGER EST / RAS-DJINET	4x36	218	20	14	18				
	ALGER EST / TIZI OUZOU	78	231	21	27	15				
	ARBA / BENI-MERED	37	100	9	25	14				
	ARBA / KHEMIS MILIANA	95	280	25	27	14				
	BENI-MERED / KHEMIS MILIANA	75	248	23	30	14				
	BENI-MERED / OULED FAYET	30	100	9	30	16				
	717		171	25						
Zone de DJELFA	DJELFA / M'SILA	180	88	8,0	4,0	18	45	240	Entre 25 et 30	Naturelle désertique
Zone de Miliana F	KHEMIS MILIANA / OUED SLY	2x100	295	27	13	14	54	600	Entre 24 et 28	Désertique + Industrielle
	KHEMIS MILIANA / KHERBA	35	12	1	3	16				
	KHERBA / OUED SLY	67	25	2	3	16				
Zone de Médéa	BERROUAGHIA / BOUIRA	100	43	4	3,9	16	57	800	Entre 23 et 27	Naturelle
	BERROUAGHIA / KHEMIS MILIANA	65	44	4	6,2	18				

Zone de Marsat Elhadjadj/Zahana	MARSAT EL HADJADJ / MARSAT POSTEEEE	16	26	2,4	15	20	69	420	Entre 20 et 25	Naturelle marine +Lacs Salé + Industrielle
	MARSAT POSTEEEE / OUED SLY	282	249	22,6	8	18				
	MARSAT POSTEEEE / RELIZANE	100	134	12,2	12	18				
	MARSAT POSTEEEE / SIDI BEL ABBES	77,5	126	11,5	15	18				
	MARSAT POSTEEEE / ZAHANA	80	150	13,6	17	20				
	MARSAT POSTEEEE / MOSTAGANEM	43	16	4,0	9	16				
	PETIT LAC / ZAHANA	31	55	5,0	16	20				
	HASSI AMEUR / MARSAT POSTEEEE	20	15	3,0	15	18				
	HASSI AMEUR / KAHRAMA	20	8	2,7	13	18				
	HASSI AMEUR / ZAHANA	43	11	3,7	9	18				
	712	790	80,6	13						
Zone de Tiaret	OUED SLY / TIARET	92	21	1,9	2,1	16	51	360	Entre 24 et 27	Naturelle désertique
	SAIDA / TIARET	123	37	3,4	2,7	16				
		215	58	5,3	2,5					

**Tableau IV.6** : Tableau récapitulatif des paramètres considérés pour l'étude de l'influence du climat sur les incidents pour les régions électriques centre et ouest

### Discussions :

Les incidents apparus dans les lignes (équipées de 14 isolateurs) d'Alger Est sont nombreux (Tableau IV.6) par ce qu'elles sont exposées aux sources de pollution marine et industrielle et que l'humidité dans cette zone est importante (70% en l'été) et ceci malgré que dans cette zone le phénomène d'auto nettoyage est important (précipitations 700 mm).

Les incidents sur les 4 lignes Alger Est/Ras-Djinet sont moins importants (14 incidents par 100 km) par apport aux autres lignes du site Alger Est (25 incidents par 100 km). Cela est dû au grand nombre d'isolateurs utilisés (18 isolateurs). Alors, l'augmentation du nombre d'isolateurs dans les chaines des lignes exposées aux sources de pollution naturelle, marine et industrielle dans les zones humides diminue le nombre d'incidents.

La ligne de Khemis Miliana/Oued Sly subit un grand nombre d'incidents (13 incidents par 100 km) par apport à celle de Khemis Miliana / Kherba (3 incident par 100 km), alors que ses deux lignes sont exposées aux mêmes sources de pollution. Le grand nombre d'incidents dans la ligne de Khemis Miliana/Oued Sly est dû au nombre d'isolateurs utilisés qui est 14 isolateurs, moins que celui de la ligne Khemis Miliana / Kherba qui est de 16 isolateurs, en plus du fait de la vétusté de la première ligne.

Le grand nombre d'isolateurs (20 isolateurs) utilisés pour les lignes de la zone de Marsat Elhadjadj diminue énormément le nombre d'incidents (15 incidents par 100 km), sachant que ce site est humide (70%), fortement pollué et encore les précipitations dans ce site sont relativement moins importantes (400 mm).

Les d'incidents dans les lignes (Oued Sly/Tiaret) et (Saida/Tiaret) utilisant 16 isolateurs par chaîne situées dans la zone de Tiaret (Hauts plateaux) et exposées aux sources de pollution naturelle agricole et désertique ne sont pas nombreux, malgré que les précipitations annuelles sont faibles dans cette zone (c'est-à-dire le phénomène d'auto nettoyage est moins important), par ce que l'humidité dans cette zone est faible (51%) en plus de l'utilisation d'un grand nombre d'isolateurs.

La ligne (Djelfa/ M'sila) dans la zone de Djelfa (Atlas Saharien) est exposée aux sources de pollution désertique et au vu de la faible humidité (45% dans l'été) et de grand nombre d'isolateurs par chaîne (18 isolateurs), les incidents dans cette ligne sont moins nombreux (Tableau IV.6). L'augmentation du nombre d'isolateurs des lignes exposées aux sources de pollution désertique dans les zones arides et sèches (faible humidité) à pour effet de réduire considérablement le nombre d'incidents dans la ligne.

À cause de l'humidité élevée des sites Alger Est et Marsat Elhadjadj (70%) par apport aux autres zones, Khemis Miliana (54%) et Tiaret (51%), les incidents dans ces deux sites sont les plus importants (Tableau IV.6).

#### IV.4. Conclusion

Le plus grand nombre d'incidents apparait au cours de la période **Juin - Septembre** (**69.75%** des incidents). Cette période est caractérisée par des faibles précipitations pluviales et des températures élevées, ce qui favorise l'accumulation des dépôts polluant et diminue considérablement la tension de tenue des isolateurs de haute tension.

Durant la période **Novembre – Février**, le nombre d'incidents est moins important (moins de 7 incidents par mois), cela est dû à l'effet d'auto-lavage, grâce à la forte pluie périodique et fréquente durant cette période, qui garde les isolateurs dans un état propre, malgré les taux d'humidité importants pendant ces mois (entre 80% et 90%). On peut dire que l'effet d'auto-lavage est dominant.

Le nombre d'incidents en été dépend directement des précipitations pluviales pendant le Printemps. Plus les précipitations pluviales sont faibles, plus le nombre d'incidents est important.

Un à deux mois d'absence de pluie (généralement juste avant l'été) engendre un nombre important d'incidents en été. Nous pouvons considérer alors que cette durée est suffisante pour qu'il y ait formation d'une couche de pollution sur l'isolateur, qui peut provoquer le contournement de la chaîne.

En dehors de la période d'été, les incidents sont dus aux phénomènes de condensation (brouillard, rosée) qui humidifient les couches de pollution sur les surfaces des isolateurs et provoquent le contournement de la chaîne, si ces surfaces ne sont pas rincées par une forte pluie pendant cette période.

L'humidité élevée d'un site augmente l'influence des sources de pollution sur les isolateurs, alors que les précipitations pluviales importantes la diminuent.

---

# **Conclusion générale**

---

## Conclusion générale

Cette étude qui porte sur le phénomène de la pollution des isolateurs de haute tension dans les deux régions électriques centre et ouest nous a permis de mieux comprendre la procédure qu'il faut suivre pour bien dimensionner l'isolation des lignes de transport de l'énergie électrique de haute tension.

Pour établir le lien entre les paramètres climatiques et le nombre d'incidents dans les lignes aériennes nous avons d'abord effectué une analyse détaillée de ces incidents (par mois, par année, par plage horaire). En suite nous avons étudié l'influence des paramètres climatiques sur l'apparition des incidents dans deux zones que nous avons choisies considérées parmi les plus polluées en Algérie. Enfin, en se basant sur un certain nombre de paramètres tels que l'humidité, les précipitations pluviales, les différentes sources de pollution, ..., nous avons tenté de comparer le comportement des lignes de transport d'énergie électrique dans certain sites de ces deux régions électriques étudiées (nombre d'incidents en particulier).

Il ressort en générale de notre étude que :

- ✚ La plupart des incidents sont survenue dans les périodes chaudes d'été et au début de l'automne (mois de Juillet, Aout et Septembre) où le phénomène d'auto nettoyage des isolateurs est presque inexistant, et les températures sont relativement importantes, ce qui favorise l'accumulation des dépôts polluants sur les isolateurs.
- ✚ Les incidents en été n'appariassent qu'après un (01) à deux (02) mois d'absence des pluies dans un site donné.
- ✚ Les incidents apparaissent en grand nombre le matin et le soir juste avant et après le levé ou le couché du soleil. En effet, à ces moments la il constaté l'existence des phénomènes de condensation (rosé, brouillard et gelé en Hiver).
- ✚ Le phénomène d'auto-nettoyage, par les fortes pluies périodiques et fréquentes en hiver, garde les isolateurs dans un état propre et les incidents sont moindres.
- ✚ Durant les années de sécheresse (précipitations pluviales faibles entre **octobre** → **mars**), année critique, un grand nombre d'incidents est enregistré.
- ✚ L'effet de l'humidité et très important en de présence des sources de pollution, l'humidité favorise l'apparition d'un grand nombre d'incidents.

Des solutions sont possibles pour faire face à ces phénomènes de pollution des isolateurs de haute tension. Parmi ces solutions, nous trouvons :

- ✚ Un lavage des isolateurs pendant période d'été de chaque année est préconisé afin de réduire considérablement le nombre d'incidents. Le coût technique et économique de ce lavage (cas de l'entretien en hors tension) nous oblige à chercher la période optimal pour ce lavage,

nous avons trouvé que cette période dépend essentiellement de la durée d'absence de la pluie dans le site. Mais aussi de la quantité des précipitations pluviales du dernier mois précédent la sécheresse. Elle est généralement de un (01) à deux (02) mois. Cette durée est définie comme la durée minimale de l'accumulation de suffisamment de dépôts polluants qui peuvent engendrer le contournement de la chaîne d'isolateurs.

- ✚ Il faut organiser des plans d'interventions rapides et exceptionnels de lavage et d'entretien des isolateurs en cas d'année de sécheresse.
- ✚ Il est important de faire le bon choix du profil (forme) de l'isolateur utilisé en fonction de la nature de source de la pollution en prenant en considération les caractéristiques climatiques du site. Par exemple, il est recommandé d'utiliser un profil antibrouillard ou antipollution (ligne de fuite grande) dans les sites humides, exposés aux embruns salins, et utiliser le profil sphérique (facilite l'auto lavage) dans un site où la pluie et le vent sont importants durant toute l'année.
- ✚ La diminution des incidents dans un site donné peut être obtenue par l'augmentation du nombre d'isolateurs dans la chaîne. Cette solution est suprême dans un site aride faiblement pollué (humidité faible, sources de pollution désertique), mais dans le cas des sites humides et fortement pollués, elle ne suffit pas. Il faut définir des stratégies d'entretien et de dépollution (plans de lavage des isolateurs) pour avoir des lignes avec zéro incidents.



---

# **Bibliographie**

---

## Bibliographie

- [1] A. MEKHALDI, « Etude des paramètres de conduction et de décharge électrique sur des surfaces isolateurs pollués sous tension alternative 50hz ». Thèse de doctorat d'état, département d'électrotechnique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 1999.
- [2] A.MEKHALDI, « Modèle de Contournement d'Isolateurs Pollués dans les Conditions Désertiques du Sahara Algérien », Thèse de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie, Juin 1990.
- [3] M.TEGUAR, « Modélisations d'isolateurs pollues soumis à divers paramètres électro-géométriques », Thèse de doctorat, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie, Avril 2003
- [4] M.TEGUAR, « Etude Mathématique des Mécanismes de Développement des Décharges Electriques sur des Isolateurs Installés en Régions Polluées », Thèse de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie, Juillet 1993
- [5] M.TEGUAR, A.BOUBAKEUR, « Pollution des Isolateurs de Haute Tension ». Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie, janvier 2004
- [6] D.NAMANE, « Effet de Discontinuité de la Couche de Pollution sur le Comportement d'Isolateurs Haute Tension, sous la Fréquence 50 Hz », Thèse de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Février 1998
- [7] A.BOUBAKEUR, « Pollution des isolateurs, test in situ », Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie 2007
- [8] A.S. BOUHADJAR, AMOKRANE Mounir, « Caractérisation de l'état de surface d'un isolateur par technique d'ondelettes et modélisation », Projet de Fin d'Etudes, Département de Génie Electrique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Juin 2008
- [9] B. HAMMOUM, Ahmed KERBOUCHE, « Etude du phénomène de pollution des isolateurs de haute tension dans la région électrique du Centre Algérien », Projet de Fin d'Etudes, Département de Génie Electrique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2007
- [10] S. SMAIL, « Projet Carte Pollution Electrique Région Ouest », Thèse de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2009

- [11] S .ZERAOULIA, « Impact de la Pollution sur le comportement des isolateurs de Haute Tension région du Centre d'Alger », Thèse de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2007
- [12] M. HAMMOUDI, « Projet Carte Pollution Electrique Région Ouest », Thèse de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2009
- [13] X. DUCOURET, « Lignes aériennes : matériels », Technique de l'Ingénieur, Papier No. D 2870
- [14] CEI, publication 60815, « Guide pour le choix des isolateurs sous pollution », édition 1986.
- [15] La Carte de réseau de transport d'électricité (220 kV), Région Electrique du Centre Algérien, GRTE (Gestion des Réseaux de Transport d'Electricité).
- [16] Fichier détails des lignes du réseau de transport d'électricité, Gestion des Réseaux de Transport d'Electricité (GRTE).
- [17] Rapport, « Identification et analyse des incidents électriques de la région du centre d'Alger », Centre de Recherche Et Développement de l'Electricité et du Gaz (CREDEG), 2007
- [18] Rapport, « Analyse physico-chimique de la pollution (sol-sebkha) la région d'Oran et son influence sur la ligne marsat- relizane », Centre de Recherche Et Développement de l'Electricité et du Gaz (CREDEG), 2006.
- [19] <http://www.ercc.com.dz>
- [20] Carte Administrative d'ALGERIE, Encyclopédie Universalis 2010.
- [21] « Rapport sur l'état de l'environnement », (ONS) Office National des Statistiques.
- [22] « Lutte contre la pollution liée aux déchets solides- diagnostic » programme d'aménagement côtier (PAC) "zone côtière algéroise", ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 2004.
- [23] Encyclopédie Microsoft Encarta Etude 2007.
- [24] « Données climatologiques », Office National de Météorologie.
- [25] « Bulletin Mensuel d'Informations Climatologiques », Office Nationale de Météorologie (ONM), années 2000 à 2008.
- [26] « Les statistiques des incidents sur le réseau de transport de l'énergie électrique de l'Algérie », banque des données du GRTE, fichier Excel.

---

# **Annexes**

---

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Villes	Humidités [%]			
Chlef	76	60	50	67
Ténés	75	77	75	72
Miliana	74	62	54	68
Médéa	78	66	57	73
Alger Port	68	69	70	63
Dar el Beida	81	77	73	76
Dellys	74	78	76	71
Tizi Ouzou	77	73	65	72
Aïn Bessam	74	69	58	69
Bouira	81	67	58	73
Djelfa	73	56	47	68
Ksar chellala	71	53	46	62

**Tableau 1 :** Humidités relatives des villes de la Région d'Alger pour chaque saison

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Ville	Humidités [%]			
Ghazaouet	74	74	72	71
Béni Saf	76	77	76	74
Orant port	69	71	75	68
Oran Sénia	76	69	68	72
Arzew	75	73	75	72
Mostaghanem	75	72	71	74
Maghnia	73	66	59	70
Tlemcen	77	71	66	74
Mascara G	76	67	58	70
Mascara M	78	62	56	65
Relizane	76	75	72	69
S.B,Abbés	74	65	57	68
Tiaret	75	61	51	69
Saïda	69	59	51	65
El Kheïther	61	46	37	54
El Bayadh	65	46	35	57
Mecheria	61	45	39	58
Aïn Sefra	59	45	38	56
Naâma	61	45	37	58
Bechar	44	28	24	43

**Tableau 2 :** Humidités relatives des villes de la Région d'Oran pour chaque saison

Année	Précipitations pluviales [mm]											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	16	6	19	17	53	0	1	1	4	47	74	41
2001	126	73	4	34	14	1	0	3	45	39	48	57
2002	39	15	34	39	14	0	0	34	12	54	145	72,5
2003	200	133	22	87	20	0	0	28	39	38	58	110
2004	90	46	79	56	140	1	2	1	12	43	116	109
2005	85	115	50	26	1	0	0	0	15	57	102	119,25
2006	102	26	26	3	82	1	0	10	38	17	4	193
2007	10	60	152	60	16	10	2	12	38	116	250	42
2008	18	16	47	19	3	3	10	13,5	27	85,5	144	99

**Tableau 3 :** Précipitations pluviales mensuelles pour chaque année de la ville d'Alger

Année	Précipitations pluviales [mm]											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	1	0	13	17	34	0	0	0	21	43	111	20
2001	71	107	1	25	28	0	0	0	17	33	30	27
2002	3	4	50	55	38	1	0	18	1	15	70	35
2003	75	82	13	14	20	0	1	0	11	20	54	78
2004	35	22	17	45	68	4	0	0	1	45	68	71
2005	8	63	34	21	0	8	0	0	5	10	81	68,25
2006	81	12	12	20	19	7	0	0	9	0	9	111
2007	25	33	60	87	4	5	0	11	33	131	123	14
2008	13	16	15	4	6	6	7	33	66	71,5	77	129

**Tableau 4 :** Précipitations pluviales mensuelles pour chaque année de la ville d'Oran

Année	Humidités relatives [%]											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2002	83	80	77	75	69	71	74	76	67	64	80	80
2003	82	77	83	81	80	68	68	68	75	78	79	78
2004	82	79	84	78	80	74	74	71	73	70	86	85
2005	85	85	85	83	83	86	84	81	75	73	73	73
2006	79	80	75	76	79	70	74	70	60	73	70	85

**Tableau 5 :** Humidités relative mensuelles pour chaque année de la ville d'Alger

Année	Humidités relatives [%]											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2002	81	73	72	69	63	73	64	67	67	70	69	74
2003	76	77	74	70	69	68	65	66	68	73	78	75
2004	78	78	76	69	76	62	63	62	65	69	82	79
2005	80	77	71	66	69	76	82	80	72	68	64	62
2006	78	78	73	71	69	65	68	62	67	70	68	79

**Tableau 6 :** Humidités relative mensuelles pour chaque année de la ville d'Oran

Année	Températures [°C]											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	8,4	11,2	13,6	16,2	20	22,3	25,6	26,3	23,3	18,5	15,4	13
2001	11,6	10,6	16,4	15,1	18,1	24	25,5	26,5	23,3	22,3	15,95	9,6
2002	10,6	11	13,8	15	18,9	22,7	26,85	25	23,2	19,6	15,7	13,2
2003	10,7	10,3	13,5	15,5	18,4	25,4	27,7	28,3	23,9	20,5	15,9	11,4
2004	11,1	12	12,9	14,8	16,6	22,3	24,9	27,2	27,9	17,3	13,1	12,1
2005	7,6	8,5	12,6	15,4	19,5	23,5	25,8	25,2	22,5	20,2	13,8	10,8
2006	11	12,8	13,8	17,3	20,7	22,8	26,2	25,4	23,3	21,4	17,5	12,3
2007	11	13,5	12,6	15,8	19,3	22,7	25,2	26,3	22,9	19,3	13,1	11,3
2008	11	12,5	13,4	16,1	19,25	22,4	26,2	26,2	24,2	19,05	13,9	10,6

**Tableau 7 :** Températures mensuelles moyennes pour chaque année de la ville d'Alger

Année	Températures [°C]											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2000	8,6	12,1	13,8	15,9	19,7	23,1	25,3	25,4	22,8	17,9	14,3	12,6
2001	11,3	11,8	16,2	16,1	18,4	23,6	25,1	26,1	23,2	21,4	16,1	10,8
2002	10,6	12,1	14,2	16	18,9	22,7	27	25,3	22,9	19,5	15,6	14
2003	10,7	10,9	14,9	15,9	19,3	24,6	26,9	27,5	23,9	20,4	16,6	11,8
2004	11,6	12,9	13,9	15,5	17,3	23,2	24,9	27,4	24,3	20,6	12,9	11,6
2005	8,2	8,9	13,5	15,7	20,5	23,4	26,5	25,4	22,7	20,3	14,2	11,2
2006	11,1	13,4	14,4	17,5	20,2	22,7	27	25,8	23,4	21	16,9	12,5
2007	10,7	13,7	13,1	15,3	19,5	22,8	25,3	26,1	23	19,2	13,5	10,8
2008	11,1	13,1	12,8	17	19,65	22,3	26,4	26,4	24	18,45	12,9	11,1

**Tableau 8 :** Températures mensuelles moyennes pour chaque année de la ville d'Oran

# Annexe II

## Statistiques des incidents

Année	60 kV	220 kV	Nombre total d'incidents
1998	249	208	457
1999	334	462	796
2000	351	608	959
2001	429	870	1299
2002	220	244	464
2003	65	54	119
2004	54	58	112
2005	72	62	134
2006	37	40	77
2007	1	2	3
2008	38	11	49
Total	1850	2619	4469

**Tableau 1:** Nombre d'incidents par niveau de tension pour chaque année [Région d'Alger].

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	total
DR	164	366	579	837	216	38	30	42	31	1	6	2310
DRD	59	96	82	126	52	15	23	13	7	1	4	478
DT	232	315	297	334	192	44	55	79	39	1	17	1605
ouverture	2	19	1	2	4	22	4	0	0	0	22	76

**Tableau 2:** Nombre d'incidents par types défauts pour chaque année [Région d'Alger].

	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Somme
1998	91	39	68	51	249
1999	68	77	60	129	334
2000	156	31	48	116	351
2001	75	43	63	248	429
2002	48	66	37	69	220
2003	8	41	7	9	65
2004	16	11	16	11	54
2005	18	19	6	29	72
2006	6	6	11	14	37
2007	1	0	0	0	1
2008	8	7	14	9	38
Total	495	340	330	685	1850

**Tableau 3 :** Nombre d'incidents par saison pour les lignes de 60 kV pour chaque année [Région d'Alger]

	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Somme
1998	65	25	59	59	208
1999	76	40	75	271	462
2000	288	63	69	188	608
2001	101	26	113	630	870
2002	37	15	63	129	244
2003	13	11	5	25	54
2004	20	14	18	6	58
2005	12	3	5	42	62
2006	0	8	19	13	40
2007	1	0	1	0	2
2008	1	4	1	5	11
Total	614	209	428	1368	2619

**Tableau 4 :** Nombre d'incidents par saison pour les lignes de 220 kV pour chaque année [Région d'Alger]



Année	220 kV	60 kV	Nombre total d'incidents
1998	404	416	820
1999	277	222	499
2000	300	315	615
2001	190	204	394
2002	122	153	275
2003	121	28	149
2004	124	63	187
2005	141	57	198
2006	138	35	173
2007	124	5	129
2008	167	56	223

**Tableau 5:** Nombre d'incidents par niveau de tension pour chaque année [Région d'Oran].

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
DR	397	245	370	246	149	64	81	105	109	114	85	1965
DRD	54	50	71	46	33	13	17	9	18	15	15	341
DT	359	194	174	102	94	48	89	84	46	47	39	1276
Ouverture	10	10	2		1	24					84	131

**Tableau 6:** Nombre d'incidents par types défauts pour chaque année [Région d'Oran].

	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Somme
1998	245	38	61	72	416
1999	36	62	47	77	222
2000	143	18	53	101	315
2001	56	24	58	66	204
2002	40	15	52	46	153
2003	7	12	2	6	27
2004	24	15	18	6	63
2005	20	5	9	23	57
2006	1	4	17	13	35
2007	3	0	0	2	5
2008	13	7	5	31	56
Total	588	200	322	443	1553

**Tableau 7 :** Nombre d'incidents par saison pour les lignes de 60 kV pour chaque année [Région d'Oran]

	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Somme
1998	281	11	16	96	404
1999	19	29	73	156	277
2000	92	18	37	153	300
2001	53	27	26	84	190
2002	39	8	20	55	122
2003	48	21	7	46	122
2004	24	26	11	63	124
2005	43	16	14	68	141
2006	48	25	22	43	138
2007	19	6	31	68	124
2008	32	39	39	57	167
Total	698	226	296	889	2109

**Tableau 8 :** Nombre d'incidents par saison pour les lignes de 220 kV pour chaque année [Région d'Oran]

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	somme	longueur	moyenne	densité
ALGER EST / ARBA	3	8	30	46	32	6	3	10	15	10	3	166	60	15,1	25,2
ALGER EST / BOUIRA	10	26	17	45	14	5	8	13	3	0	0	141	78	12,8	16,4
ALGER EST / KOUBA	2	29	71	133	16	0	2	4	0	1	0	258	70	23,5	33,5
ALGER EST / OULED FAYET	3	19	18	81	4	3	0	5	3	0	0	136	50	12,4	24,7
ALGER EST / RAS-DJINET	2	20	22	105	4	13	9	18	11	5	9	218	144	19,8	13,8
ALGER EST / TIZI OUZOU	27	23	37	81	30	23	8	2	0	0	0	231	78	21,0	26,9
ARBA / BENI-MERED	11	16	31	17	1	6	2	3	4	3	6	100	37	9,1	24,6
ARBA / KHEMIS MILIANA	10	36	61	42	7	30	9	18	40	5	22	280	95	25,5	26,8
BENI-MERED / KHEMIS MILIANA	3	40	39	49	9	31	9	17	21	8	22	248	75	22,5	30,1
BENI-MERED / OULED FAYET	0	0	29	16	0	2	6	25	10	3	9	100	30	9,1	30,3
BERROUAGHIA / BOUIRA	5	10	5	7	4	4	1	3	3	1	0	43	100	3,9	3,9
BERROUAGHIA / DJELFA	31	31	16	25	17	19	22	12	16	13	16	218	180	19,8	11,0
BERROUAGHIA / KHEMIS MILIANA	1	14	6	3	2	6	3	2	4	1	2	44	65	4,0	6,2
BOUIRA / DARGUINAH	5	7	34	19	21	5	22	7	0	0	0	120	144	10,9	7,6
BOUIRA / M'SILA	2	8	7	9	6	3	7	6	6	4	2	60	115	5,5	4,7
DJELFA / M'SILA	4	18	6	5	1	7	5	8	12	9	13	88	180	8,0	4,4
EL KSEUR / TIZI OUZOU	16	12	27	27	9	9	13	7	7	2	17	146	72	13,3	18,4
KHEMIS MILIANA / KHERBA	0	0	0	0	2	1	2	1	2	1	3	12	35	1,1	3,1
KHEMIS MILIANA / OUED SLY	25	66	35	35	18	16	16	16	30	27	11	295	100	26,8	26,8
KHERBA / OUED SLY	0	2	4	4	0	4	2	4	1	0	4	25	67	2,3	3,4
KOUBA / OULED FAYET	0	5	1	10	0	0	1	2	0	0	1	20	40	1,8	4,5
H'Meur El Ain / KHEMIS MILIANA											27	27	45	2,5	5,5
H'Meur El Ain / BENI-MERED											10	10	33	0,9	2,8
H'Meur El Ain / ARBAA											7	7	56	0,6	1,1
ALGER EST / SI MUSTAPHA								2	6	3	2	13	21	1,2	5,6
SI MUSTAPHA / TIZI OUZOU								4	11	2	3	20	54	1,8	3,4
BOUIRA / SI MUSTAPHA								0	4	4	7	15		1,4	
RAS-DJINET / SI MUSTAPHA								0	0	1	2	3	90	0,3	0,3
	160	390	496	759	197	193	150	189	209	104	167	3014	2312	279,5	

**Tableau 9 : Nombre d'incidents des lignes de 220 kV [Région d'Alger]**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	longueur	somme	moyenne	densité
BECHAR / NAAMA	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	284	4	0,36	0
BENI SAF / ZAHANA	29	11	8	14	3	2	11					95	78	11,14	12
GHAZAOUET / OUJDA	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	34,07	4	0,36	1
GHAZAOUET / TLEMCEN	5	8	12	2	1	1	1	4	2	1	1	55,33	38	3,45	6
GHAZAOUET / ZAHANA	1	49	20	3	1	7	11	4	3	5	34	145,84	138	12,55	9
HASSI AMEUR / ZAHANA									1	10	0	43	11	3,67	9
MARSAT EL HADJADJ / MARSAT POSTE	1	4	1	3	1	6	2	2	1	2	3	16	26	2,36	15
MARSAT POSTE / OUED SLY	7	52	59	22	20	19	15	18	16	11	10	141 x 2	249	22,64	8
MARSAT POSTE / RELIZANE	29	16	36	9	4	3	7	8	2	10	10	99,44	134	12,18	12
MARSAT POSTE / SIDI BEL ABBES	31	5	18	14	12	9	1	14	6	7	9	77,5	126	11,45	15
MARSAT POSTE / ZAHANA	75	11	32	18	3	3	3	0	2	0	3	80	150	13,64	17
NAAMA / SAIDA	0	0	0	6	6	0	0	1	0	1	2	205	16	1,45	1
OUED SLY / RELIZANE	1	9	7	14	6	0	4	0	6	1	3	70,5	51	4,64	7
OUED SLY / TIARET	0	2	4	4	4	1	1	1	1	1	2	92	21	1,91	2
OUJDA / TLEMCEN	9	17	9	11	16	2	3	3	6	7	1	50	84	7,64	15
PETIT LAC / ZAHANA	40	0	2	3	4	2	2	1	0	1	0	31,14	55	5,00	16
SAIDA / SIDI BEL ABBES	10	7	4	5	5	1	4	14	2	9	1	81	62	5,64	7
SIDI BEL ABBES / TLEMCEN	3	2	2	3	0	2	2	7	2	3	1	84,5	27	2,45	3
TLEMCEN / ZAHANA	20	5	16	7	14	9	4	5	14	5	15	113,31	114	10,36	9
HASSI AMEUR / MARSAT POSTE									6	4	5	20	15	3,00	15
HASSI AMEUR / KAHRAMA									4	0	4	20	8	2,67	13
MARSAT POSTE / MOSTAGANEM								4	4	4	4	43	16	4,00	9
MOSTAGANEM / OUED SLY								5	19	6	12	100	42	10,50	11
SAIDA / TIARET	2	4	6	3	7	1	3	2	2	4	3	122,83	37	3,36	3
	263	202	236	145	107	68	75	93	102	92	123		1506		

**Tableau 10 : Nombre d'incidents des lignes de 220 kV [Région d'Oran]**

# Annexe III

## Caractéristiques des lignes 220 kV site Alger Est

La zone de ALGER EST / ARBAA

Nbr	Lignes	Tension kV	Long. km	Cond.	Section mm <sup>2</sup>	D.M.S	Pylône	Isolateur	
								Nbr	Type
1	ALEST-ARBAA 1	220	20,54	AA	1x 288	03/11/1950	DURAFOUR	14	U120
			9,09	AA	1x 411	29/04/1986	SADELMI	16	U120
			<b>29,63</b>						
2	ALEST-ARBAA 2	220	23,20	AA	1x 288	03/11/1950	SPIE2	15	U120
			5,19	AA	1x 411	27/01/1986	SADELMI	16	U120
			<b>28,39</b>						
3	ALEST-BOUIR	220	52,14	AA	1x 288	03/11/1950	DURAFOUR	14	U120
			7,54	AA	1x 411	16/02/1982	SADELMI	16	U120
			8,99	AA	1x 411	28/04/1985	SADELMI	16	U120
			9,80	AA	1x 411	1990	SADELMI	16	U120
			<b>78,47</b>						
4	ALEST-OFAY	220	<b>50,00</b>	AA	2x 288	01/08/1988	ALG2000	18	U120
5	ALEST-KOUBA 2	220	<b>35,00</b>	AA	2x 288	01/08/1988	ALG2000	18	U120
6	ALEST-RASDJ 1	220	<b>36,17</b>	AA	2x 288	04/04/1987	ALG2000	18	U120AS
7	ALEST-RASDJ 2	220	<b>36,17</b>	AA	2x 288	04/04/1987	ALG2000	18	U120AS
8	ALEST-RASDJ 3	220	<b>37,00</b>	AA	2x 288	04/09/1986	ALG2000	18	U120AS
9	ALEST-RASDJ 4	220	<b>37,00</b>	AA	2x 288	07/06/1986	ALG2000	18	U120AS
10	ALEST-TIOUZ	220	68,73	AA	1x 288	01/01/1960	SPIE2	15	U120
			5,99	AA	1x 411	15/04/1978	SADELMI	16	U120
			4,00	AA	1x 411	27/01/1986	SADELMI	16	U120
			<b>78,72</b>						
11	ARBAA-BEMER	220	28,50	AA	1x 411	16/01/1977	SADELMI	14	U120
			8,55	AA	1x 411	04/07/1997	ALG2000	14	U120
			<b>37,05</b>						
12	ARBAA-KHEMI	220	91,32	AA	1x 288	01/01/1950	DURAFOUR	14	U120
			4,40	AA	1x 411	01/01/1976	SADELMI	18	U120AS
			<b>95,72</b>						
13	KOUBA-OFA	220	<b>14,25</b>	AA	2x 288	25/10/1995	ALG2000	16	U120

**Tableau 1 :** Caractéristiques des Lignes aériennes 220 kV Dans la zone de ALGER EST / ARBAA

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	La Somme	La Moyenne	La Densité par 100 km	Longueur km
ALGER EST / ARBA	3	8	30	46	32	6	3	10	15	10	3	166	15	51	30
ALGER EST / BOUIRA	10	26	17	45	14	5	8	13	3	0	0	141	13	16	78
ALGER EST / KOUBA	2	29	71	133	16	0	2	4	0	1	0	258	23	67	35
ALGER EST / OULED FAYET	3	19	18	81	4	3	0	5	3	0	0	136	12	25	50
ALGER EST / RAS-DJINET	2	20	22	105	4	13	9	18	11	5	9	218	20	57	35
ALGER EST / TIZI OUZOU	27	23	37	81	30	23	8	2	6	3	2	242	22	28	79
ALGER EST / SI MUSTAPHA	/	/	/	/	/	/	/	2	6	3	2	13	3	15	21
ARBA / BENI-MERED	11	16	31	17	1	6	2	3	4	3	6	100	9	25	37
ARBA / KHEMIS MILIANA	10	36	61	42	7	30	9	18	40	5	15	273	25	25	100
KOUBA / OULED FAYET	0	5	1	10	0	0	1	2	0	0	1	20	2	13	14
BENI-MERED / OULED FAYET	0	0	29	16	0	2	6	25	10	3	9	100	9	29	31
												1667	152	30	510

**Tableau 2 :** Les incidents dans Lignes aériennes 220 kV Dans la zone de ALGER EST / ARBAA durant la période 1998- 2008

## Caractéristiques des lignes 220 kV site Marsat El Hadjadj

La zone de MARSAT ELHADJADJ / ZAHANA

Nbr	Lignes	Tension kV	Long. km	Cond.	Section mm <sup>2</sup>	D.M.S	Pylône	Isolateur	
								Nbr	Type
3	MEHAC-MEHAP 1	220	3,98	AA	1x 411	09/11/1982	ALG2000	20	U120A
4	MEHAC-MEHAP 2	220	3,98	AA	1x 411	30/05/1983	ALG2000	20	U120A
5	MEHAC-MEHAP 3	220	3,98	AA	1x 411	15/11/1983	ALG2000	20	U120A
6	MEHAC-MEHAP 4	220	3,98	AA	1x 411	1991	ALG2000	20	U120A
7	MEHAC-MEHAP 5	220	4,00	AA	1x 411	02/07/1991	ALG2000	20	U120A
8	MEHAP-OUSLY 1	220	147,80	AA	1x 411	19/01/1977	SADELMI	18	U120
9	MEHAP-OUSLY 2	220	141,00	AA	2x 411	08/01/1999	C1	15	U160AS
10	MEHAP-RELIZ	220	99,44	AA	1x 411	12/11/1983	SADELMI	18	U120AS
12	MEHAP-ZAHAN 1	220	33,03	AA	1x 411	16/01/1977	SADELMI	20	U120A
13	MEHAP-ZAHAN 2	220	40,00	AA	1x 411	04/09/1984	SADELMI	16	U120AS
14	PLAC P/RABLA-ZAHAN	220	5,00	AA	1x 411	16/10/1995	SADELMI	16	U120
24	ZAHAN-RABLA	220	31,14	AA	1x 288	11/05/1973	SPIE2	20	U120A
27	ZAHAN-HAAME-MEHAP	220	43,00	AA	2x 411	17/05/2002	ALG2000	18	U120
11	MEHAP-SBABE	220	36,35	AA	1x 411	05/10/1987	SADELMI	18	U120AS
			41,15	AA	1x 411	09/12/1978	SADELMI	18	U120
			77,50						

**Tableau 3 :** Caractéristiques des Lignes aériennes 220 kV Dans la zone de MARSAT ELHADJADJ / ZAHANA

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Longueur km	Somme	Moyenne	Densité par 100 km
<b>MARSAT EL HADJADJ / MARSAT POSTE</b>	1	4	1	3	1	6	2	2	1	2	3	16	26	2,36	15
<b>MARSAT POSTE / OUED SLY</b>	7	52	59	22	20	19	15	18	16	11	10	282	249	22,64	8
<b>MARSAT POSTE / RELIZANE</b>	29	16	36	9	4	3	7	8	2	10	10	99	134	12,18	12
<b>MARSAT POSTE / SIDI BEL ABBES</b>	31	5	18	14	12	9	1	14	6	7	9	77	126	11,45	15
<b>MARSAT POSTE / ZAHANA</b>	75	11	32	18	3	3	3	0	2	0	3	80	150	13,64	17
<b>PETIT LAC / ZAHANA</b>	40	0	2	3	4	2	2	1	0	1	0	31	55	5,00	16
<b>MARSAT POSTE / MOSTAGANEM</b>	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	43	16	4,00	9
<b>HASSI AMEUR / MARSAT POSTE</b>									6	4	5	20	15	3,00	15
<b>HASSI AMEUR / ZAHANA</b>									1	10	0	43	11	3,67	9

**Tableau 4 :** Les incidents dans Lignes aériennes 220 kV Dans la zone de MARSAT ELHADJADJ / ZAHANA durant la période 1998- 2008

# Annexe IV

```
%  
%  
% CE SCRIPT FAIT :  
%  
% 1.Importation des données d'incidents du fichier B.xlsx  
% 2.Faire insérer chaque deux points d'une ligne dans les colonnes [4 & 5]  
% 3.Sauvegarde des incidents incid[annee].mat [EX: incid2000.MAT ]  
%  
clear  
clc  
for an=1998:2007;  
    clear l10  
    [m,k,l]=xlsread('B.xlsx',['L' num2str(an)]);  
    for i=2:length(l)  
        test=0;  
        l10(1,:)=[{'point1'} {'point2'}];  
        for j=1:length(l{i,3})-1  
            if (l{i,3}(j)==' ' && l{i,3}(j+1)==' ' && (test==0))...  
                || (l{i,3}(j)==' ' && l{i,3}(j+1)=='/' && (test==0))...  
                || (l{i,3}(j)=='/' && (test==0))  
                if an==2006  
                    l10{i,1}=l{i,3}(2:j-1);  
                else  
                    l10{i,1}=l{i,3}(1:j-1);  
                end  
                %l10{i,2}=l{i,3}(j+5:length(l{i,3}));  
                test=1;  
            end  
            if (test==1) && (an==2007) && (unicode2native(l{i,3}(j)) > 64) ...  
                ((unicode2native(l{i,3}(j)) < 91))  
                test=2;  
                l10{i,2}=l{i,3}(j:length(l{i,3}));  
            end  
        end  
        test=0;d=0;  
        for j=1:length(l{i,3})-1  
            if (l{i,3}(j)=='/')&&(d==0)  
                d=j;  
            end  
            if (d~=0)&&(unicode2native(l{i,3}(j)) > 64) &&(test==0) ...  
                &&((unicode2native(l{i,3}(j)) < 91)) &&(an~=2007)  
                l10{i,2}=l{i,3}(j:length(l{i,3}));  
                test=1;  
            end  
        end  
    end  
    l=[l(1:length(l10),1:3) l10 l(1:length(l10),4:16)];  
    save(['incid' num2str(an) '.MAT'],'l')  
end
```

---



---

```

function incident=iligne(region,NT,an,Nl)

% Cette fonction retourne seulement les incidents dans l'année [an]
% pour la ligne de niveau de tension [NT] kV et numéro [Nl] dans
% la région [region]

M=[];
if region==1
    region='ORAN';
elseif region==2
    region='ALGER';
end
eval(['load ligne_' num2str(NT) 'kV_' region '.MAT'])
% Chargement des lignes [ll] (type cell) dans le workspace
eval(['load incid' num2str(an) region '.MAT'])
% Chargement des incidents [l](type cell) dans le workspace
ligne=ll(Nl,2:3);
for i=1:length(l)
    if (l{i,2}==NT)

        if (length(l{i,4})==length(ligne{1})) &&
(length(l{i,5})==length(ligne{2}))
            if (l{i,4}==ligne{1})
                if (l{i,5}==ligne{2})
                    M=[M ;l(i,:)];
                end
            end
        end
    end

        if (length(l{i,5})==length(ligne{1})) &&
(length(l{i,4})==length(ligne{2}))
            if (l{i,5}==ligne{1})
                if (l{i,4}==ligne{2})
                    M=[M ;l(i,:)];
                end
            end
        end
    end
end

incident=M;
end

```

---



---

```

function iplots(M)
% Cette pour visualiser les incidents sous forme d'escalier pour chaque mois
% M (10x12) est une matrice 10 lignes de 10 ans de 1998-2008
%          est de 12 colonnes des 12 mois de chaque année
n=12;
figure(1)
M(1:10,13)=M(2:11,1);
m=max(max(M));m=(-mod(m,10)+m)+10; %la valeur multiple de 10 la plus proche du
maximum de toute la matrice M

hold on

stairs(2*n+1:3*n+1,M(3,:), 'k')
text(4+2*n,m-5,['\color{rgb}{0 0 0}[2000]'])

stairs(3*n+1:4*n+1,M(4,:), 'b')
text(4+3*n,m-5,['\color{rgb}{0 0 1}[2001]'])

stairs(4*n+1:5*n+1,M(5,:), 'm')
text(4+4*n,m-5,['\color{rgb}{1 0 1}[2002]'])

stairs(5*n+1:6*n+1,M(6,:), 'r')
text(4+5*n,m-5,['\color{rgb}{1 0 0}[2003]'])

stairs(6*n+1:7*n+1,M(7,:), 'color',[0.6 0.3 0.1])
text(4+6*n,m-5,['\color{rgb}{0.6 0.3 0.1}[2004]'])

stairs(7*n+1:8*n+1,M(8,:), 'color',[0.7 0.1 1])
text(4+7*n,m-5,['\color{rgb}{0.7 0.1 1}[2005]'])

stairs(8*n+1:9*n+1,M(9,:), 'color',[0.1 0.9 0.1])
text(4+8*n,m-5,['\color{rgb}{0.1 0.9 0.1}[2006]'])

stairs(9*n+1:10*n+1,M(10,:), 'color',[0.1 0.1 0.1])
text(4+9*n,m-5,['\color{rgb}{0.1 0.1 0.1}[2007]'])

stairs(10*n+1:11*n+1,M(11,:), 'color',[0 0 1])
text(4+10*n,m-5,['\color{rgb}{0 0 1}[2008]'])

grid
title (['Incidents par mois'])

set(gca, 'xtick', [1:2:134])
set(gca, 'xticklabel', [12 2 4 6 8 10 ])

xlim([25 11*n+1 ]);
ylim([-0.06 m ]);

set(gca, 'ycolor', [0.4 0.4 0.4]);
set(gca, 'xcolor', [0.7 0.7 0.7]);

ylabel('Incidents', 'color',[0 0 0]);
xlabel('Mois', 'color',[0 0 0]);
set(gca, 'outerposition', [-0.09 -0.07 1.15 1.1]);
hold off
end

```

---