



MICROFICHE N°

08543

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 1

4

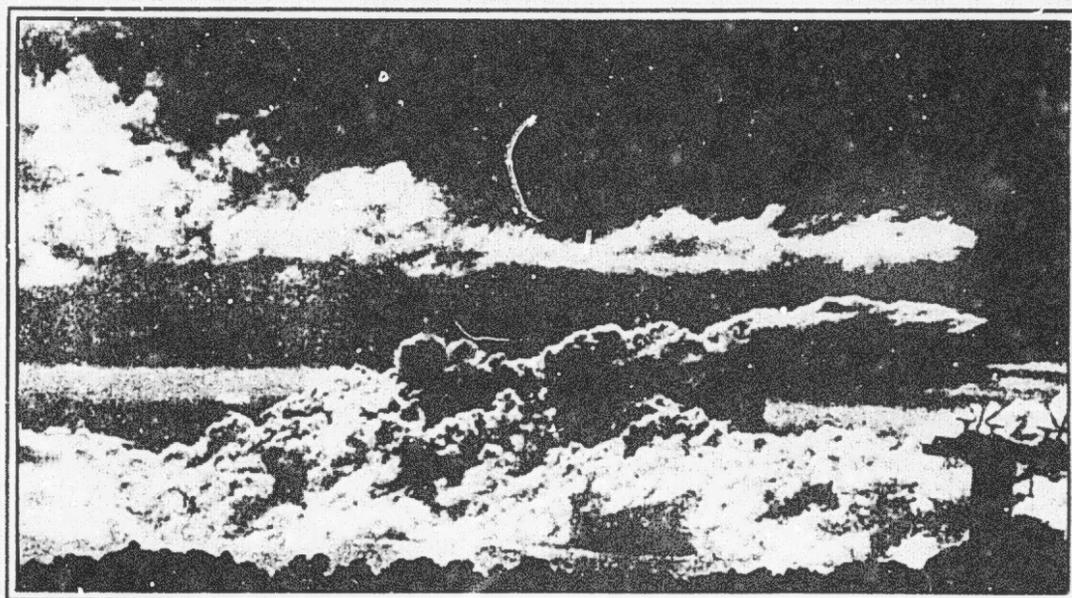
REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
I.R.E.S.A.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE
AGRONOMIQUE DE TUNISIE

DOCUMENTS TECHNIQUES

**ETUDE ANALYTIQUE DE LA GRELE
EN TUNISIE**

R. MOUGOU, O. BEN ACHOUR & N. SAKISS



N° 110

1992

INRAT - Ariana - TUNISIE

SOMMAIRE

1. Introduction	1
2. Analyse du phénomène	2
2.1. Aperçu sur les dégâts causés par la grêle	2
2.2. Formation de la grêle	4
2.3. Méthodes de lutte contre la grêle	5
2.3.1. Les différentes méthodes	6
2.3.2. Résultats obtenus	7
3. Analyse statistique	8
3.1. Choix des stations	8
3.2. Choix de la période	8
3.3. Variation du nombre de jours de grêle	8
3.3.1. Variation annuelle	8
3.3.2. Variation mensuelle	12
3.3.3. Variation saisonnière	18
3.4. Relation Orage-Grêle	18
3.4.1. Nombre de jours d'orage	18
3.4.2. Fréquence des orages gréligènes	20
4. Conclusion	21
Bibliographie	23

ETUDE ANALYTIQUE DE LA GRELE EN TUNISIE

R. MOUGOU*, O. BEN ACHOUR** et N. SAKISS**

1. INTRODUCTION

En Tunisie, comme partout ailleurs, la grêle a toujours posé des problèmes. Certaines années les chutes de grêle sont particulièrement néfastes et peuvent même anéantir toute une récolte.

D'une chute de grêle à une autre les conséquences peuvent être différentes en fonction du stade végétatif des cultures et de l'intensité du phénomène. Aussi les grêlons peuvent affecter en plus des cultures, les équipements à savoir, les serres, les tunnels en plastiques, les bâtiments et même les véhicules.

La variabilité dans le temps et dans l'espace du phénomène rend son étude climatologique délicate.

Une étude sur la grêle en Tunisie a été déjà entreprise en 1976. Cette étude couvrait une période de 20 années allant de 1951 à 1972. Pour pouvoir mieux cerner le phénomène nous nous sommes proposés d'entreprendre une nouvelle étude qui porte sur une période plus longue à savoir 40 années d'observation: 1951 à 1990.

Dans la présente étude nous avons essayé de localiser les régions les plus gréligènes et les périodes au cours desquelles la grêle est le plus à craindre afin de pouvoir dégager une vue d'ensemble sur l'ampleur du phénomène.

La grêle est une calamité naturelle très aléatoire; elle se distingue par:

- une grande irrégularité dans l'espace et dans le temps. En effet dans une région donnée on peut avoir plusieurs années successives sans dégâts

* Centre de Recherches du Génie Rural

** Institut National de la Météorologie. Charguia. Tunis

intérêt à minimiser les dégâts. L'agriculteur, au contraire, en cas de catastrophe cherche à les gonfler.

La consultation des budgets économiques du Ministère de l'Agriculture nous a permis d'avoir une idée très grossière sur les dégâts causés par la grêle au cours des dix dernières années. On peut relever que:

Lors de la campagne 1981-1982, la production d'agrumes a accusé une baisse de 23% par rapport à celle de la campagne qui la précède (165000t contre 220000t). Cette baisse a eu pour cause l'effet conjugué des intempéries dont la grêle.

Pendant la campagne 1985-1986, la chute de grêle sur certaines régions a fait perdre une bonne partie de la production, toutes spéculations confondues.

A Medjez El Bab par exemple la chute de grêle a endommagé la céréaliculture à 100%

En Novembre 1987, la grêle a endommagé environ 200 Ha d'agrumes causant ainsi des dégâts de l'ordre de 10.0000 à 15.000t alors que pendant la campagne 1988-1989 la grêle a causé des dégâts dans nombreuses régions du pays à savoir: Kasserine, Sidi Bou-Zid, Mahdia, Sfax, Siliana, Jendouba.

L'évaluation chiffrée reste toujours difficile du fait que l'institut national de la météorologie signale le phénomène dans les régions touchées sans pour autant donner avec exactitude toutes les zones affectées par cette catastrophe et le Ministère de l'Agriculture évalue les dégâts de façon globale, alors que ces dégâts peuvent avoir des conséquences économiques variables selon les stades physiologiques des plantes; cela va d'une perte de qualité à une destruction totale de la production.

2.2. Formation de la grêle

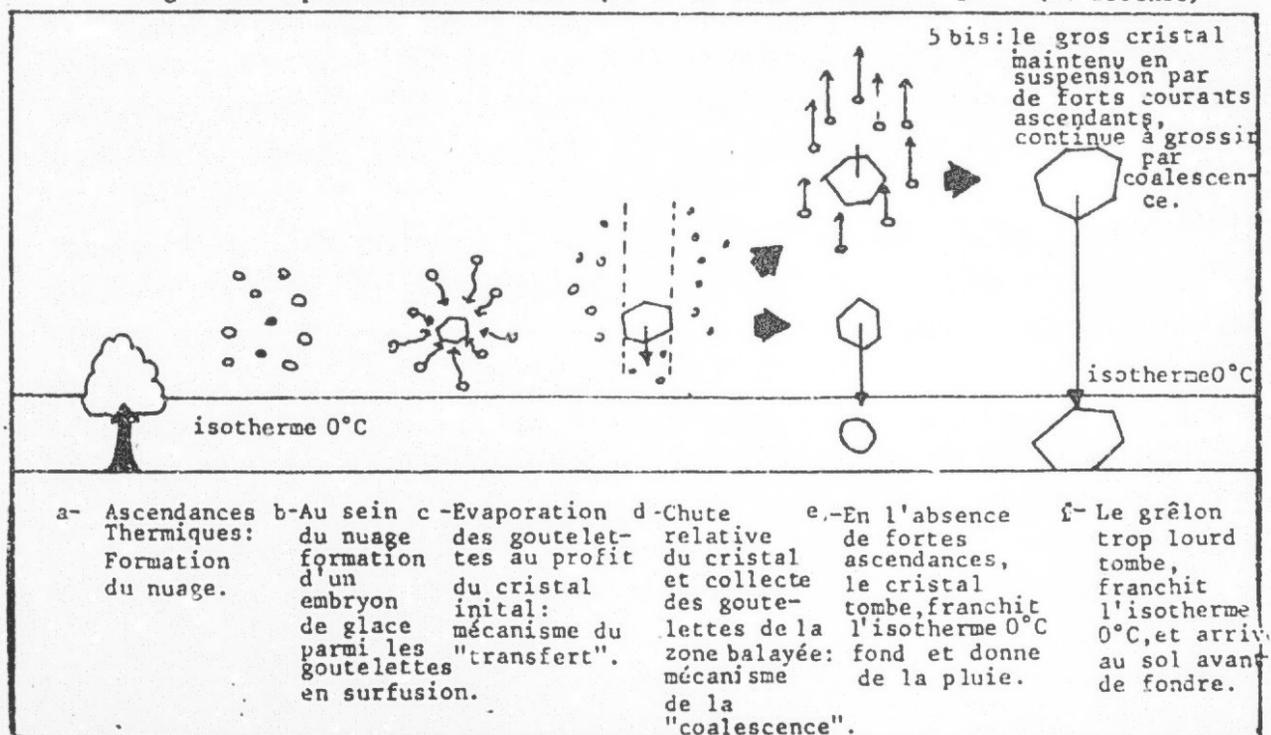
Les situations météorologiques à grêle sont associées à deux caractéristiques de l'atmosphère à savoir:

- Une forte humidité de l'air pouvant se condenser et donner des grêlons.

- De la chaleur dans la basse atmosphère pour déclencher les ascendances convectives au sein desquelles se produit la condensation.

La grêle se forme dans les nuages qui apparaissent dans des conditions "d'instabilité convective" et appelés cumulonimbus (Figure:1).

Figure 1: Représentation schématique de la formation de la grêle (P. Brochet)



Ces nuages très épais et d'aspect sombre sont caractéristiques des situations orageuses. Leur base se situe entre 800 et 1500m en général et leur sommet dépasse souvent 8000 à 10000 m avec des températures de l'ordre de -15°C à -30°C (Fig: 1a).

Dans les mouvements ascendants qui prennent place au sein de ces nuages orageux, la baisse de pression brutale que subit l'air entraîné provoque la condensation de la vapeur d'eau en fines gouttelettes très légères. Ces gouttelettes entraînées par le flux ascendant finissent par atteindre des niveaux de l'atmosphère où les températures sont négatives, elles ne se congèlent pas et demeurent en surfusion. Une faible quantité d'entre elles captent une poussière dite noyau de congélation ou noyau glacogène d'origines diverses, essentiellement en provenance du sol (sable, argile, bactéries, fumée industrielle).

En contact avec ces noyaux glacogènes, les gouttelettes en surfusion se cristallisent à des températures généralement comprises entre 10°C et 35°C (Fig: 1b).

Par la suite deux processus physiques concourent à l'accroissement rapide de ces cristaux (Fig: 1c,d) qui peuvent soit fondre et donner de la pluie (Fig: 1e) soit grossir en quelques dizaines de minutes et donner des grêlons plus ou moins grands qui compte tenu de leur vitesse de chute et de leur inertie thermique atteignent le sol sans fondre (Fig: 1f).

2.3. Méthodes de lutte contre la grêle

La lutte contre la grêle a été de tout temps l'une des préoccupations majeures des agriculteurs qui voient certaines années leurs récoltes totalement ou partiellement détruites en quelques instants, et des chercheurs qui essaient de maîtriser ce phénomène.

Depuis l'antiquité toutes sortes de moyens pour s'en protéger ont été essayés ; qu'il s'agisse de procédés sans support scientifique ou de techniques scientifiques, les résultats ont toujours été controversés.

2.3.1. Les différentes méthodes

Parmi les procédés sans support scientifique qui ont été utilisés pour lutter contre la grêle nous pouvons citer :

- les cloches dont les vibrations sonores s'opposent à la formation de la grêle.

- les canons anti-grêle préconisés pour agir sur l'électricité statique des nuages.

- les fusées explosives pour casser les grêlons

Tous ces procédés et bien d'autres dont l'effet psychologique est incontestable, se sont montrés inefficaces.

Plus tard les chercheurs ont pensé agir directement sur la dynamique des nuages (évaporation ou déplacement des nuages générateurs de grêle, suppression des courants ascendants), seulement l'énergie dont il faut disposer est sans commune mesure avec les moyens humains.

Ce n'est qu'à partir de 1947 avec la découverte du pouvoir glacogène de l'iodure d'argent qu'une nouvelle orientation a été donnée aux chercheurs. La presque totalité des méthodes repose sur le principe de l'augmentation artificielle des noyaux glacogènes et par conséquent la formation de grêlons plus nombreux mais de dimensions plus faibles donc moins nocifs.

L'augmentation artificielle des noyaux glacogènes se fait par ensemencement du nuage par l'iodure d'argent. Cet ensemencement se fait soit par émission en utilisant des générateurs au sol de particules d'iodure d'argent, soit par injection directe d'iodure d'argent dans le nuage (avions, fusées). Mais cette méthode présente certaines incertitudes et même des difficultés pour différentes raisons:

- il faut une répartition homogène de l'iodure d'argent dans la zone du nuage ou l'iodure d'argent a le plus de chance d'être efficace; dans le cas contraire il peut même y avoir une aggravation de la situation.

coût/bénéfice qui nécessite une étude statistique régionale détaillée de la grêle et la connaissance précise des dégâts causés par ce fléau.

3. ANALYSE STATISTIQUE

Malgré ce que nous avons annoncé plus haut nous essayerons dans cette partie de cerner le phénomène grêle quant à son aspect fréquence et intensité et ceci du point de vue statistique.

3.1. Choix des stations

Nous avons travaillé sur les données d'une quarantaine de stations climatologiques réparties sur toute la Tunisie excepté la région du Sud qui n'a pas été bien représentée. (Carte 1)

3.2. Choix de la période

Le travail a été réalisé sur les données de quarante années allant de 1951 à 1990. Nous avons essayé de dépouiller le maximum de données disponibles afin de tirer les meilleures conclusions possibles quant à l'ampleur du phénomène grêle en Tunisie.

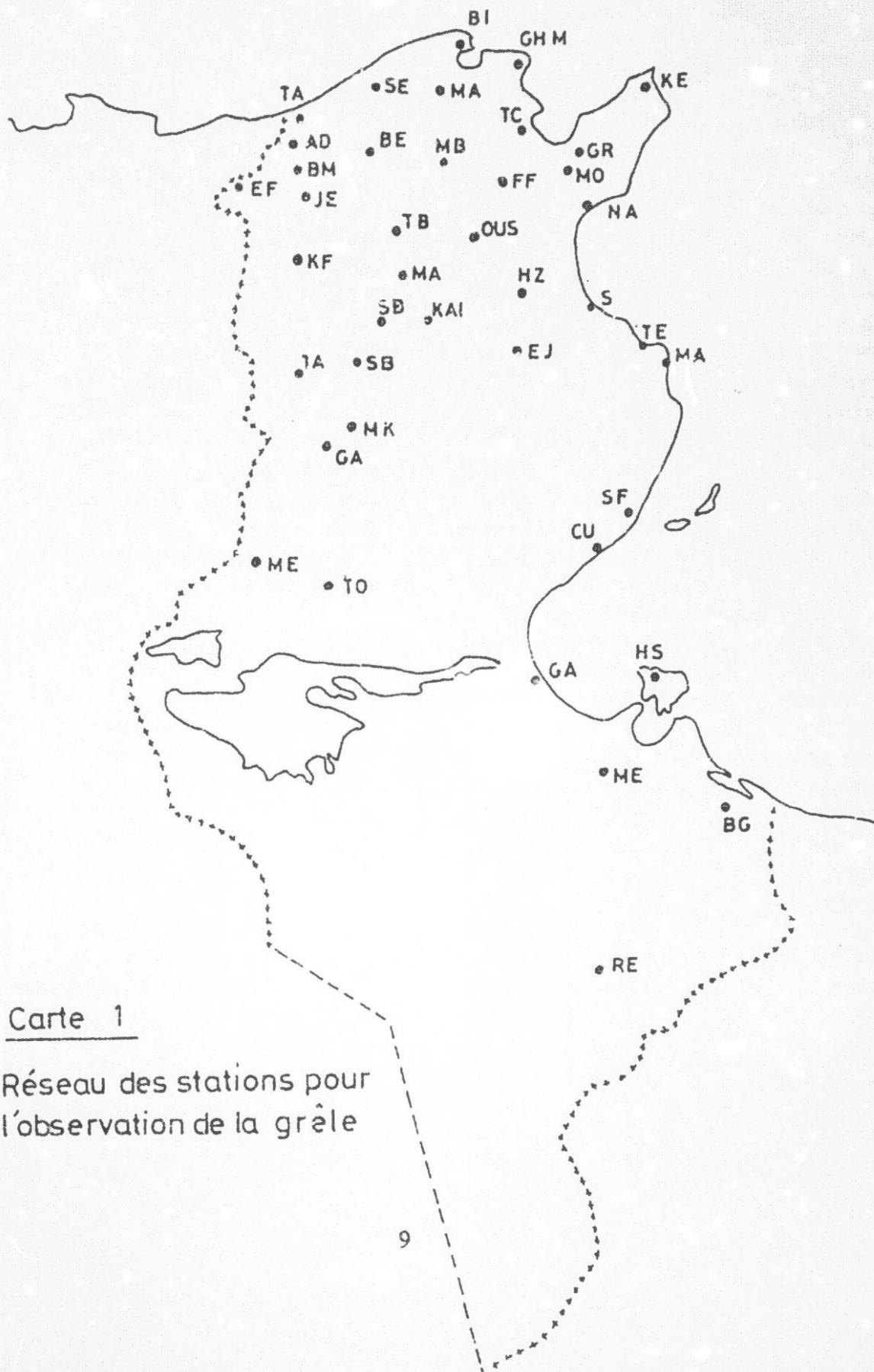
Il est à signaler que les séries sur lesquelles nous avons travaillé comportent certaines lacunes que nous avons comblées pour avoir des séries homogènes (Tableau 1).

3.3. Variation du nombre de jours de grêle

3.3.1. Variation annuelle du nombre de jours de grêle

Le nombre total annuel se caractérise par son irrégularité dans le temps et dans l'espace; ainsi pour la station de Beni Metir il passe de zéro en 1974 à 26 en 1984 et pour Sejnane aucun jour de grêle n'a été relevé pour les années 1974, 1976 et 1985 alors que 15 jours de grêle ont été enregistrés en 1986.

Le tableau 2 fait ressortir que les hauteurs du Nord-Ouest sont les plus sujettes au phénomène de la grêle. En effet la station de Beni Metir a le



Carte 1

Réseau des stations pour
l'observation de la grêle

Tableau 1: Liste des stations étudiées

STATIONS	Altitude	Latitude	Longitude	Années d'observation
Ain Draham	715m	40G86	7G05	1951/1990
Béja	234m	40G79	7G59	1951/1990
Ben Gerdane	12m	33G08	11G13	1951/1989
Beni Metir	525	40G85	7G11	1951/1974-1980/1990
Bir Mcherga	155m	40G57	8G48	1951/1953-1972/1990
Bizerte	34m	41G40	8G35	1951/1990
Cap Bon	x	36G40	10G35	1951/1970-1973/1986
Chaal	62m	38G35	8G85	1951/1990
El Feija	730m	40G55	6G64	1951/1990
Gabes	4m	37G65	8G62	1951/1990
Gafsa	718m	38G25	7G18	1951/1990
Ghar El Melh	10m	37G10	10G11	1951/1990
Gronbalia	50m	40G67	9G07	1951/1982
Hammamet	5m	40G44	9G20	1951/1990
Hendi Zitoun	74m	36G04	10G03	1960/1990
Jendouba	143m	40G56	7G16	1951/1990
Jerba	202m	37G56	9G62	1951/1990
Kairouan	66m	39G64	8G63	1951/1990
Kasserine	657m	39G09	7G21	1963/1967-1969/1990
Le Kef	665m	40G20	7G09	1951/1990
Menzel B. Zelfa	60m	36G41	10G36	1951/1983
Makthar	637m	39G84	7G63	1963/1967-1969/1990
Mateur	16m	41G15	8G14	1951-1990
Medenine	125m	37G04	9G07	1951/1972-1977/1990
Metlaoui	202m	38G13	6G70	1954/1982
Om Laaraes	315m	38G32	6G62	1954/1982
Ouslatia	465m	35G51	9G35	1951/1990
Remada	300m	32G19	10G24	1951/1990
Sbeitela	533m	39G15	7G53	1951/1955-1963/1990
Shiba	627m	35G32	9G05	1963/1967-1969/1990
Sejnane	135m	37G03	9G14	1968/1990
Sfax	55m	38G59	9G34	1951/1990
Sidi B Baker	350m	36G15	9G48	1951/1990
Siliana	431m	40G09	7G80	1951/1966-1970/1986
Sousse	6m	39G81	9G22	1951/1964-1973/1990
Tabarka	3m	41G05	7G12	1951/1990
Teboursouk	440m	40G51	7G68	1951/1990
Thala	1020m	39G53	7G04	1951/1969-1977/1990
Tozeur	87m	37G69	6G40	1950/1960-1966/1990
Tunis carthage	3m	36G50	10G14	1951/1990

Tableau 2: Nombre total de jours de grêle pour la période:1951-1990

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Totaux
STATIONS													
Ain Drahem	60	33	35	15	5	1	0	0	3	2	22	31	207
Béja	13	20	7	8	6	0	0	0	1	0	1	9	65
Bon Gardane	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	5
Boni Metir	67	59	49	22	5	0	1	0	3	13	17	53	289
Elr Mcherga	3	8	6	1	10	0	0	5	2	4	2	0	41
Bizerce	22	20	10	5	2	0	0	0	2	1	6	15	83
Cap Bon	31	24	8	3	0	0	0	2	2	1	4	28	103
Chazl	0	5	3	1	2	1	1	0	3	1	1	0	18
El Fajja	36	20	27	21	10	9	3	0	4	4	11	18	163
Gabes	2	1	3	3	1	1	0	0	0	5	4	1	21
Gafsa	2	2	2	3	4	2	1	2	2	2	1	0	23
Ghar El Melh	32	31	10	7	6	5	0	0	1	6	6	15	119
Grombalia	11	25	15	8	1	0	0	3	3	3	5	9	83
Hamamek	13	10	2	7	0	0	1	0	1	2	2	6	44
Hendi Zitoun	2	9	7	2	1	2	0	1	7	2	0	0	33
Jendouba	4	3	5	9	7	9	0	3	4	1	2	3	50
Jerba	2	2	2	1	0	0	0	0	1	3	2	1	14
Kairouan	0	8	7	6	1	2	0	3	7	1	0	1	36
Kasserine	1	5	11	6	10	17	13	10	12	1	1	6	93
Le Kef	1	8	13	14	15	8	2	5	3	4	1	0	74
Menzel B. Zelfa	16	9	6	1	1	1	0	3	3	1	1	8	50
Makthar	1	5	27	8	9	7	3	7	7	1	1	5	81
Mateur	22	15	9	4	2	2	0	0	3	3	6	8	74
Medenine	1	1	1	2	1	0	0	0	0	1	0	1	7
Metlaoui	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	0	1	11
Om Laaraja	1	3	3	1	1	0	0	0	0	1	0	1	11
Ouzletia	0	5	5	4	6	1	3	2	2	5	0	0	33
Regmada	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	1	7
Sbeitla	1	0	8	3	6	4	4	5	4	5	1	1	42
Shiba	3	6	3	4	7	2	5	3	5	0	0	0	38
Sejnane	49	41	27	15	8	2	0	0	6	2	24	38	212
Sfax	1	2	4	3	4	0	1	0	3	4	1	2	25
Sidi B Bekor	4	1	7	5	4	5	1	1	0	0	0	1	29
Sihans	5	5	5	4	13	3	1	5	0	2	0	0	43
Sousse	7	19	8	4	2	0	3	3	5	4	6	4	65
Tabarka	31	25	22	8	0	1	1	0	0	3	11	19	121
Teboursook	3	7	1	5	8	9	4	0	4	2	0	2	45
Thala	0	3	7	6	8	9	1	6	2	3	1	0	46
Tozeur	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5
Tunis carthage	15	24	19	7	6	2	0	0	5	8	2	10	98

maximum de jour de grêle: 289, elle est suivie par Sejnane et Ain Draham avec respectivement 212 et 207 jours de grêle. Par ailleurs, nous remarquons que les minima sont observés au sud du pays à savoir Tozeur, Ben Gerdane, Medenine et Remada avec respectivement 5,5,8 et 7 jours de grêle.

L'analyse du tableau 2 montre également que du point de vue moyennes, les stations du nord se placent très loin par rapport à celles du sud, pour la même période, la moyenne annuelle pour le Nord est de 95 jours de grêle alors qu'elle n'est que de 12 pour le sud.

L'analyse de la variance à l'échelle régionale (Tableau 3) montre que le nord possède la plus grande dispersion absolue. On note 26j à Beni Metir 18j à Sejnane et 11j à El Feidja.

Pour la région du Cap Bon et du centre, la plus grande dispersion absolue se manifeste à la station du Cap Bon à savoir 12 j.

Le sud présente une variance qui oscille entre 1,7j et 0,5j avec le coefficient de variation le plus élevé pour toute la Tunisie: 1,80 à Remada, ce qui explique la variabilité régionale du phénomène grêle ainsi que son caractère aléatoire.

3.3.2. Variation mensuelle du nombre de jours de grêle

D'après le tableau 2 et les diagrammes (1 à 40 de la Fig 2), nous pouvons remarquer que le maximum de jours de grêle est observé en janvier, 67 pour Beni Metir, 60 pour Ain Draham et 49 pour Sejnane.

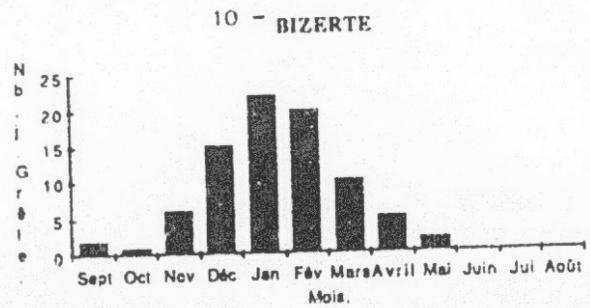
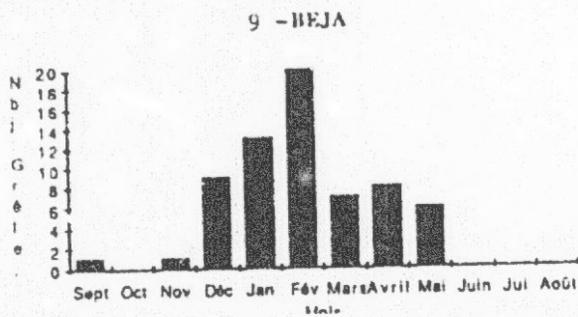
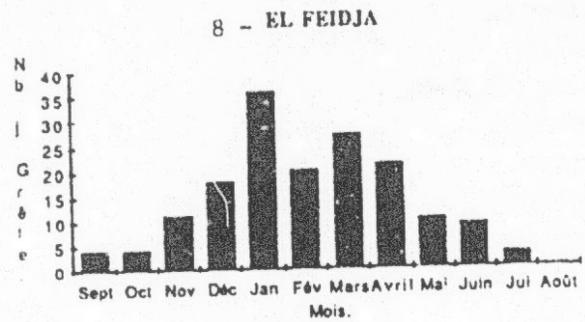
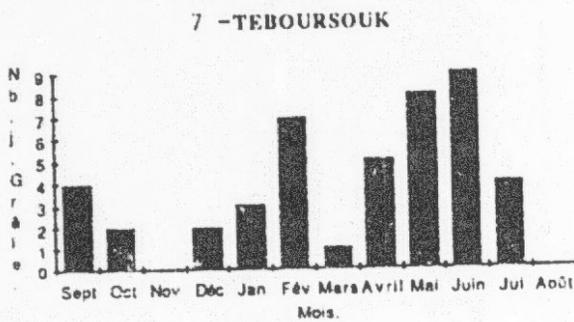
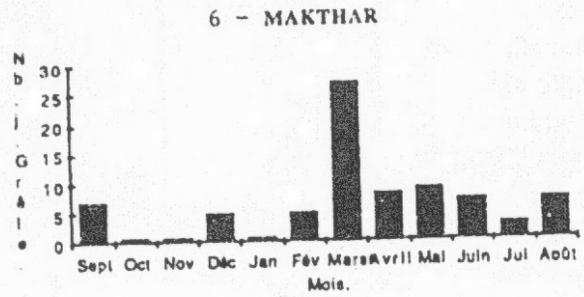
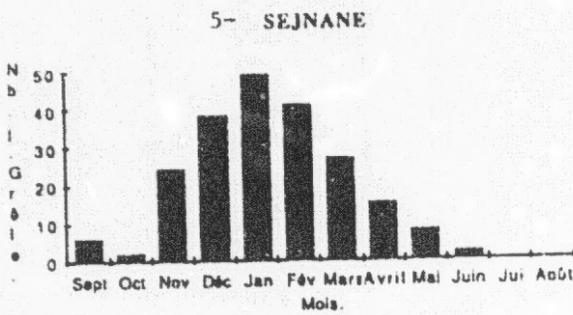
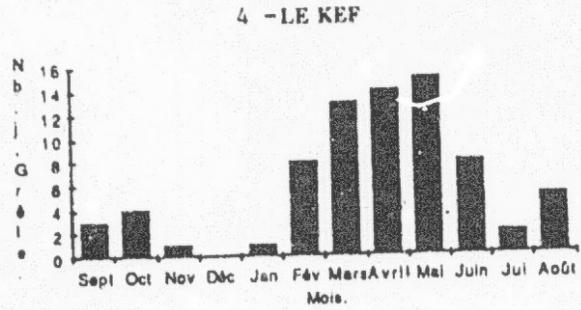
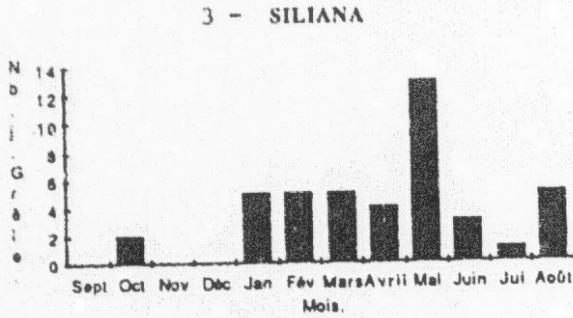
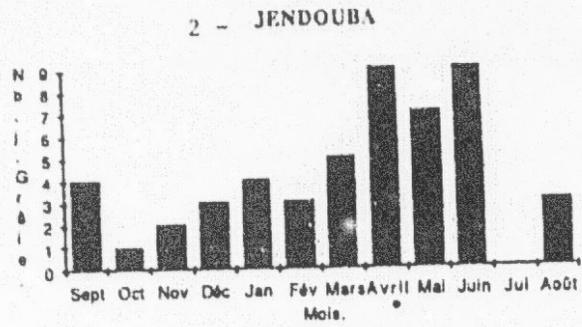
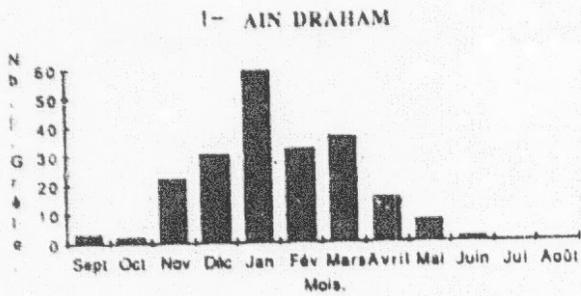
Ce maximum ne se situe pas pour toutes les stations en janvier. En effet, 15 stations ont le maximum de jours de grêle en janvier, 8 stations en février, 7 en mai et le reste des stations ont leurs maxima répartis sur les mois de mars, avril, juin, octobre et septembre.

Nous pouvons aussi remarquer que la station de Beni Metir a le nombre de jour de grêle le plus élevé pour la période allant du mois d'octobre au mois d'avril, pour les mois de mai, juin, juillet, août et septembre, la station de Kasserine a le maximum de jours de grêle.

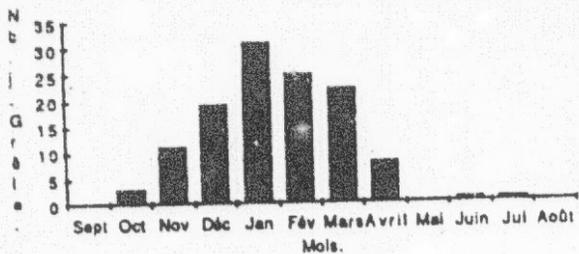
Tableau 3: Analyse statistique des données annuelles obtenues durant la période: 1951-1990.

STATIONS	Valeurs moyenne en jours	Valeurs maximales en jours	Ecart type en jours	Coefficient de variation
Ain Draham	17	60	19.1	1.11
Béja	5	20	6.3	1.18
Ben Gerdane	1	1	051	1.25
Beni Metir	24	67	25.57	1.06
Bir Mcherga	3	10	3.28	0.96
Bizerte	7	22	8.00	1.15
Cap Bon	9	31	11.81	1.37
Chaal	2	5	1.5	1.00
El Feija	14	36	10.9	0.80
Gabes	2	5	1.65	0.94
Gafsa	2	4	0.99	052
Ghar El Melh	10	32	10.9	1.10
Gronbalia	7	25	7.00	1.01
Hammamet	4	13	4.33	1.18
Hendi Zitoun	3	9	3.10	1.13
Jendouba	4	9	2.88	0.69
Jerba	1	3	1.02	0.88
Kairouan	3	8	3.10	1.00
Kasserine	8	17	5.24	0.67
Le Kef	6	15	5.37	0.87
Menzel B. Zelfa	4	16	4.78	1.14
Makthar	7	27	6.98	1.03
Mateur	6	22	6.57	1.06
Medenine	1	2	0.65	0.98
Metlaoui	0.58	3	0.86	1.48
Om Laaraes	1	3	1.00	1.08
Ouslatia	3	6	2.22	0.80
Remada	1	3	0.90	1.80
Sbeitela	4	8	2.39	0.68
Sbiba	3	7	2.36	0.74
Sejnane	18	49	17.62	1.00
Sfax	2	4	1.50	0.72
Sidi B Baker	2	7	2.42	100
Siliana	4	13	3.62	1.01
Sousse	5	19	4.79	0.88
Tabarka	10	31	11.3	1.13
Teboursouk	4	9	3.01	0.80
Thala	4	9	3.21	0.83
Tunis carthage	8	24	7.3	0.89

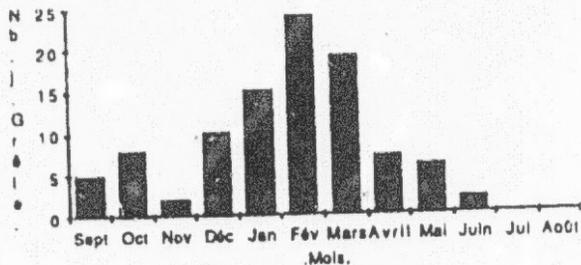
Figure 2: Diagrammes du Nombre de jours de grêle



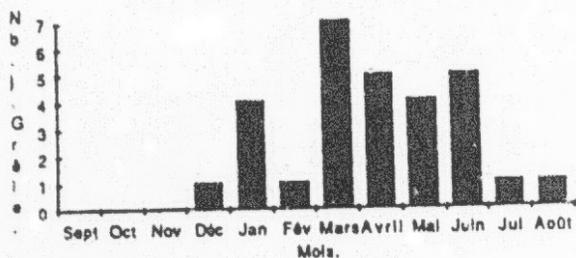
11 - TABARKA



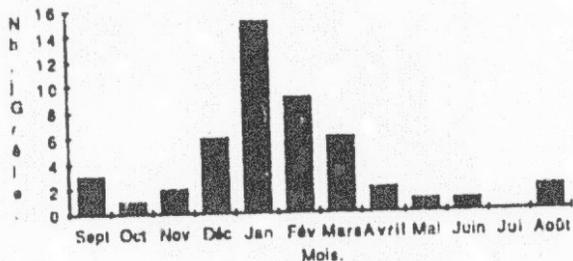
12 - TUNIS CARTHAGE



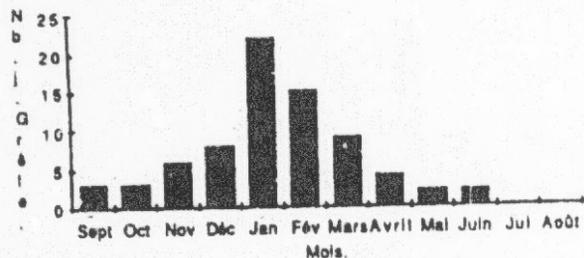
13 - SIDI BOUBAKER



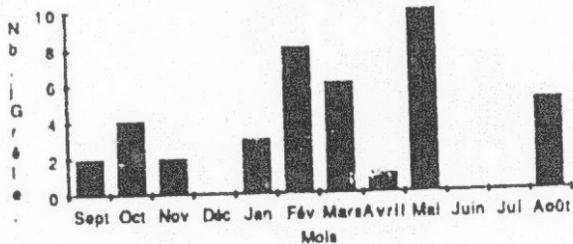
14 - MENZEL BOUZELFA



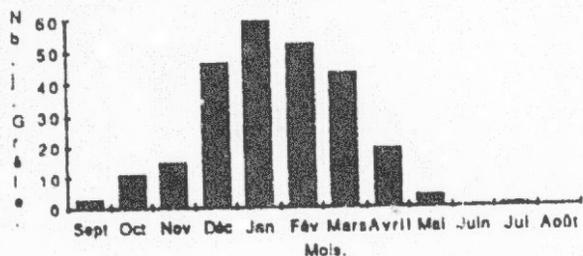
15 - MATEUR



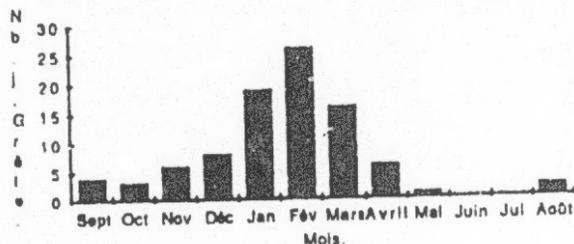
16 - BIR MCHERGUA



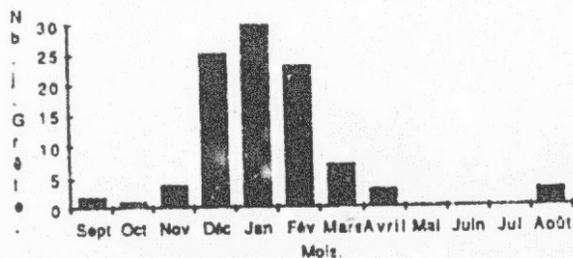
17 - BENI MTIR



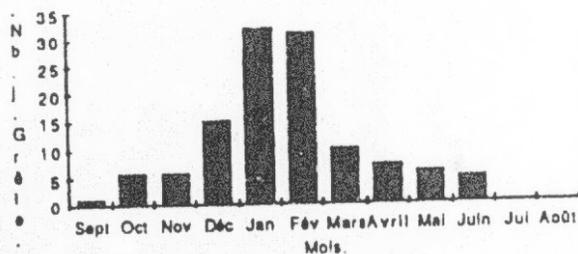
18 - GROMBALIA



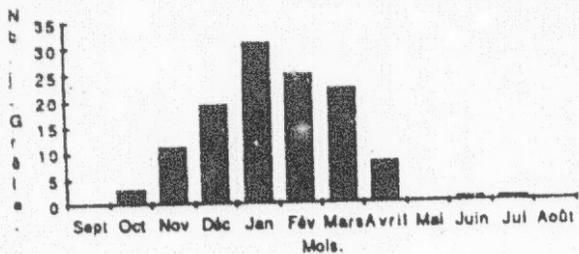
19 - CAP BON



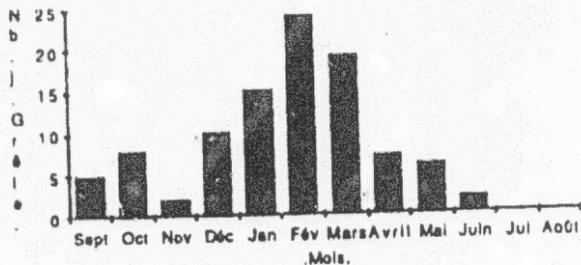
20 - GHAR EL MELH



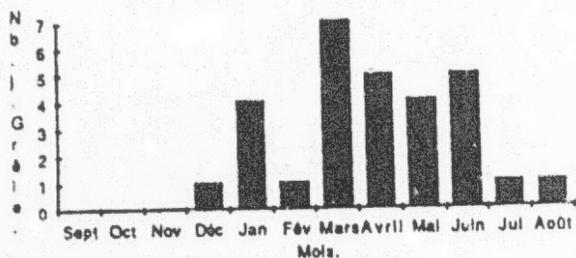
11 - TABARKA



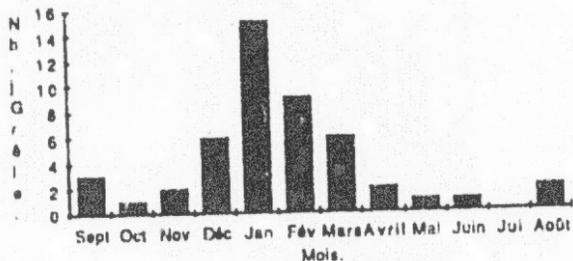
12 - TUNIS CARTHAGE



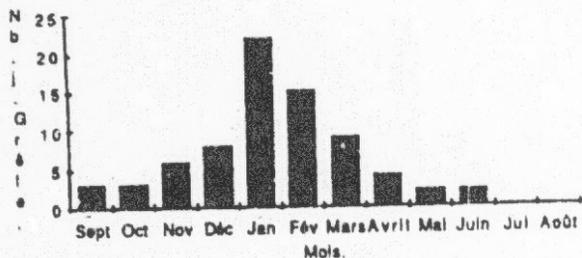
13 - SIDI BOUBAKER



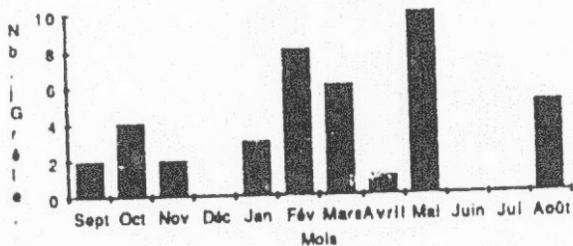
14 - MENZEL BOUZELFA



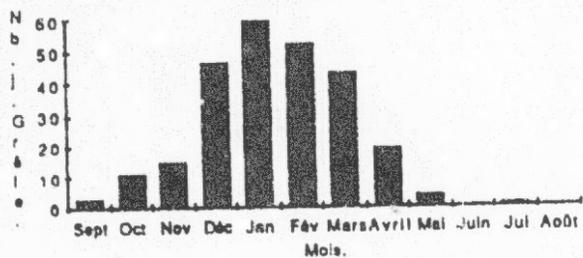
15 - MATEUR



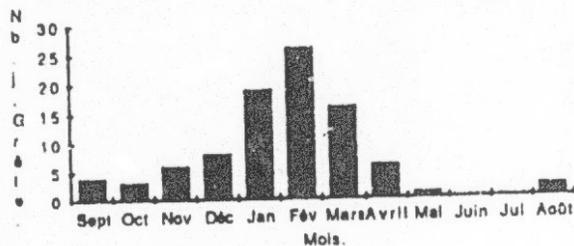
16 - BIR MCHERGUA



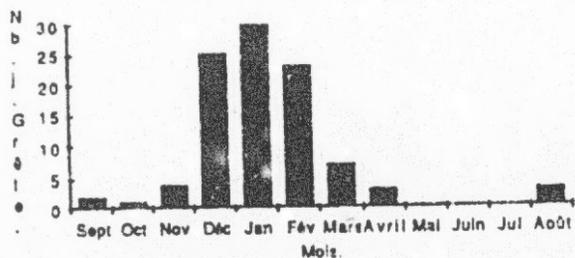
17 - BENI MTIR



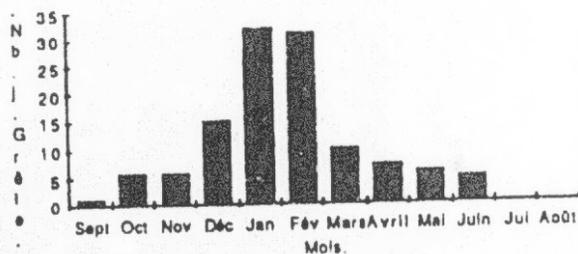
18 - GROMBALIA



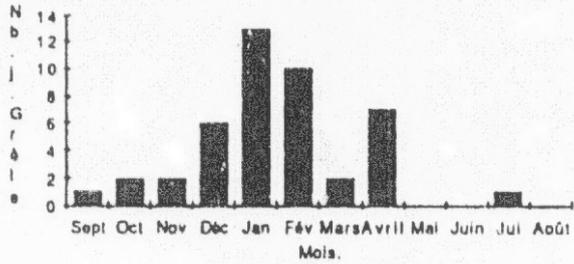
19 - CAP BON



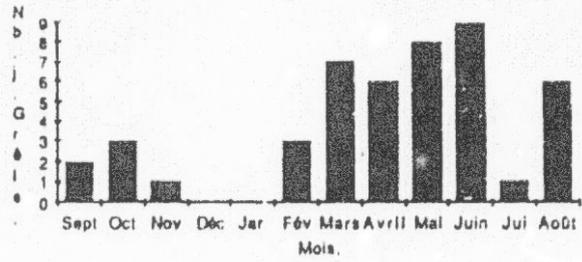
20 - GHAR EL MELH



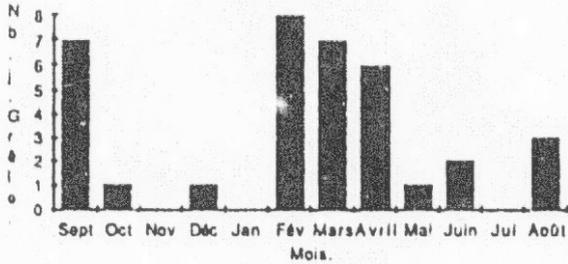
21 - HAMMAMET



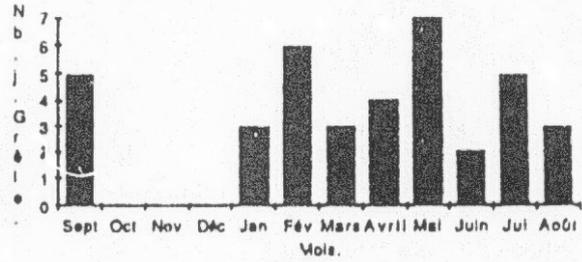
22 - THALA



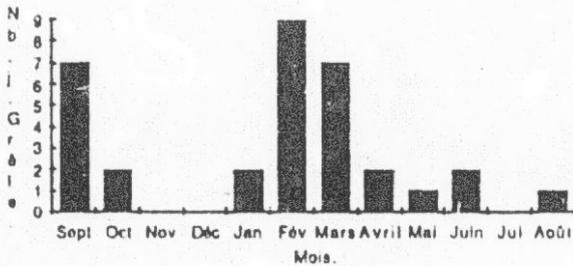
23 - KAIROUAN



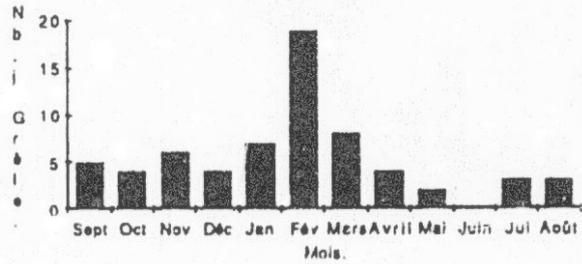
24 - SBIBA



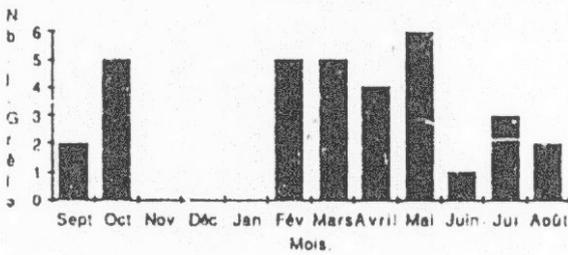
25 - HENDI ZITOUN



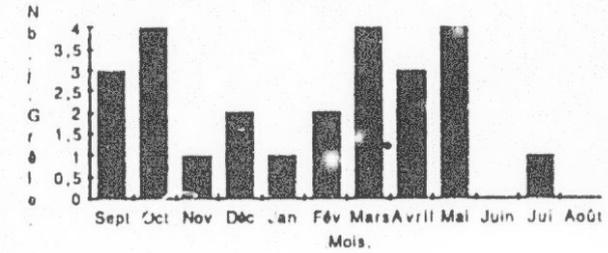
26 - SOUSSE



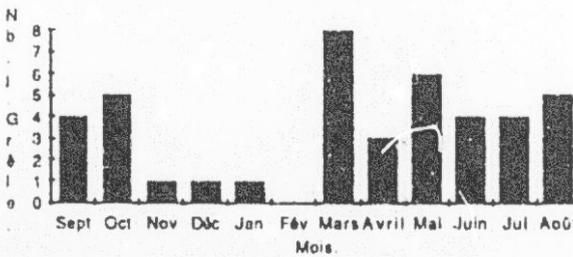
27 - OUSLATIA



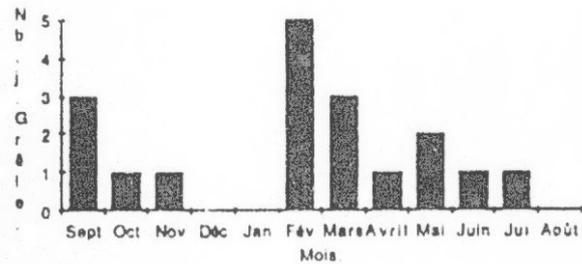
28 - SFAX



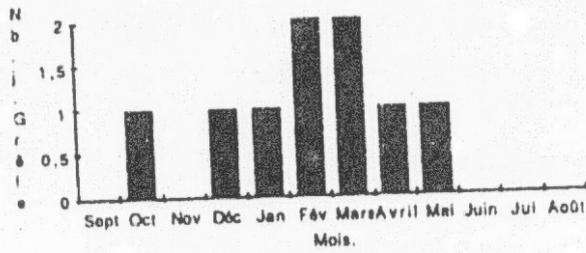
29 - SBEITLA



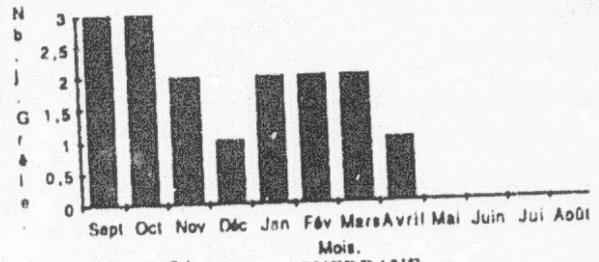
30 - CHAAL



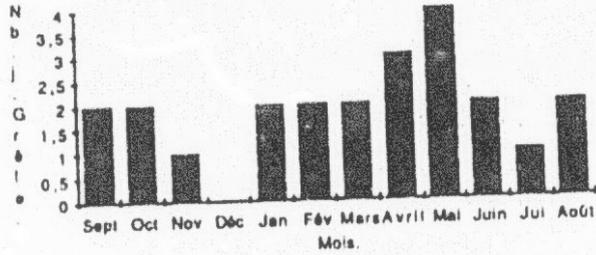
31 - MOULARES



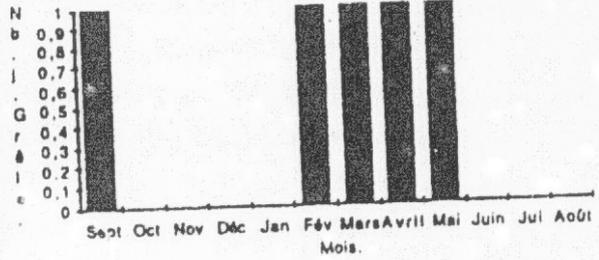
32 - JERBA



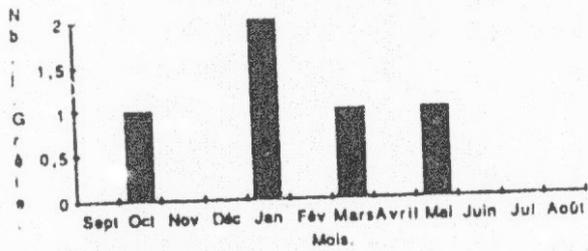
33 - GAFSA



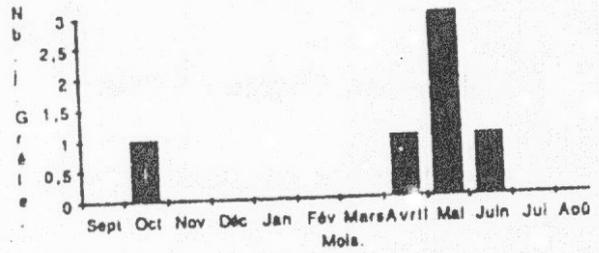
34 - BEN GUERDANE



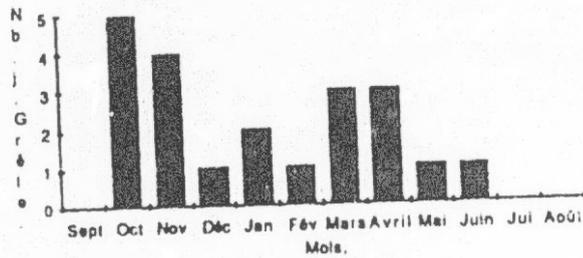
35 - TOZEUR



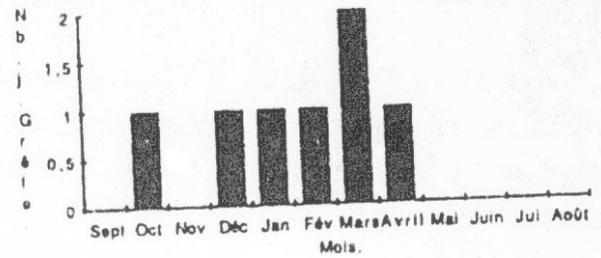
36 - METLAOUI



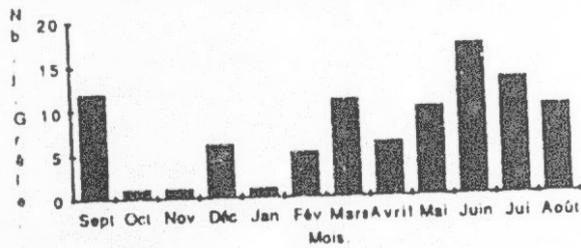
37 - GABES



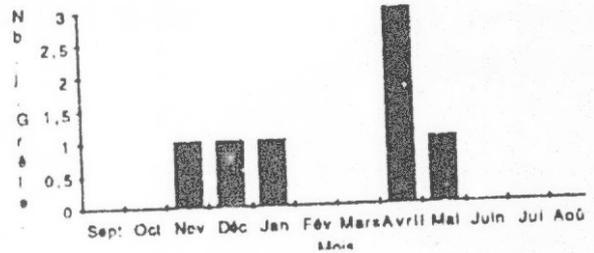
38 - MEDENINE



39 - KASSERINE



40 - REMADA



L'étude du tableau 2 montre bien une irrégularité dans le temps et dans l'espace du phénomène, toutefois nous pouvons remarquer l'existence d'un noyau de grêle à l'extrême Nord - Ouest

3.3.3. Variation saisonnière du nombre de jours de grêle

Le tableau 4 montre que les valeurs les plus élevées du nombre de jours de grêle sont relevées à 80% en hiver et au printemps; les maxima étant situés en hiver avec respectivement 179, 128 et 124 pour les stations de Béni Metir, Sejnane et Ain Draham. Les valeurs maximum observées au printemps sont celles de Makthar et du Kef (44 et 42 jours de grêle).

Le minimum de jours de grêle pour presque toutes les stations est observé en été.

3.4 Relation Orage - Grêle

3.4.1. Nombre de jours d'orage

Le travail a porté sur les huit stations déjà traitées par Mr Saidi (La grêle en Tunisie, 1976) pour avoir des séries longues et homogènes.

D'après le tableau 5 nous pouvons remarquer que Tunis - Carthage est placée en première position avec 1214 orages, elle est suivie par Jendouba et Kairouan; le nombre d'orages le plus faible est observé à Remada: 128.

D'après ce même tableau nous pouvons remarquer que le classement des stations est le même pour le nombre de jours d'orages et le nombre de jours de grêle.

Tableau 4: Total saisonnier du nombre de jours de grêle durant la période:
1951-1990

STATIONS	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Ain Draham	124	55	1	27
Béja	42	21	0	2
Ben Gerdane	1	3	0	1
Beni Metir	179	76	1	33
Bir Mcherga	11	17	5	8
Bizerte	57	17	0	9
Chaal	5	6	2	5
El Feija	74	58	12	19
Gabes	4	7	1	9
Gafsa	4	9	5	5
Ghar El Melh	78	23	5	13
Gronbalia	45	24	3	11
Hammamet	29	9	1	5
Hendi Zitoun	11	10	3	9
Jendouba	10	21	12	7
Jerba	5	3	0	6
Kairouan	9	14	5	8
Kasserine	12	27	40	14
Le Kef	9	42	15	8
Menzel B. Zelfa	33	8	4	5
Makthar	11	44	17	9
Mateur	45	15	2	12
Medenine	3	4	0	1
Metlaoui	1	4	1	1
Om Laaraes	5	5	0	1
Ouslatia	5	15	6	7
Remada	2	4	0	1
Sbeitela	2	17	13	10
Sbiba	9	14	10	5
Sejnane	128	50	2	32
Sfax	5	11	1	8
Sidi B Baker	6	16	7	0
Siliana	10	22	9	2
Sousse	30	14	6	15
Tabarka	75	30	2	14
Teboursouk	12	14	13	6
Thala	3	21	13	6
Tozeur	2	2	0	1
Tunis carthage	49	32	2	15

Tableau 5. Fréquences relatives des jours de grêle par rapport aux jours d'orages

Stations	Nombre de Jours de Grêle	Nombre de Jours d'Orage	R (%)
Tunis Carthage	1214	98	8
Jendouba	1131	50	4
Kairouan	997	36	4
Sfax	895	25	3
Gafsa	659	23	4
Jerba	390	14	4
Remada	128	7	6

3.4.2. Fréquence des orages grêligènes

Les fréquences relatives en % (R), de jours de grêle par rapport aux jours d'orages, sont présentées dans le tableau 5. Nous pouvons remarquer que les fréquences R ne sont pas élevées, elles varient entre 8% (pour 100 jours d'orage nous avons 8 jours de grêle) pour Tunis Carthage et 3 pour Sfax et Gabès. L'application de la méthode de régression aux deux séries (jours de grêle et jours d'orages pour 8 stations sur 40 années d'observation montre qu'il y a une liaison fonctionnelle dans un sens et pas dans l'autre. En effet, la relation orage - grêle est statistiquement non significative avec un coefficient de corrélation $R = 0,22$ et la relation grêle - orage est statistiquement significative avec $R = 0,8$ (Figure 3).

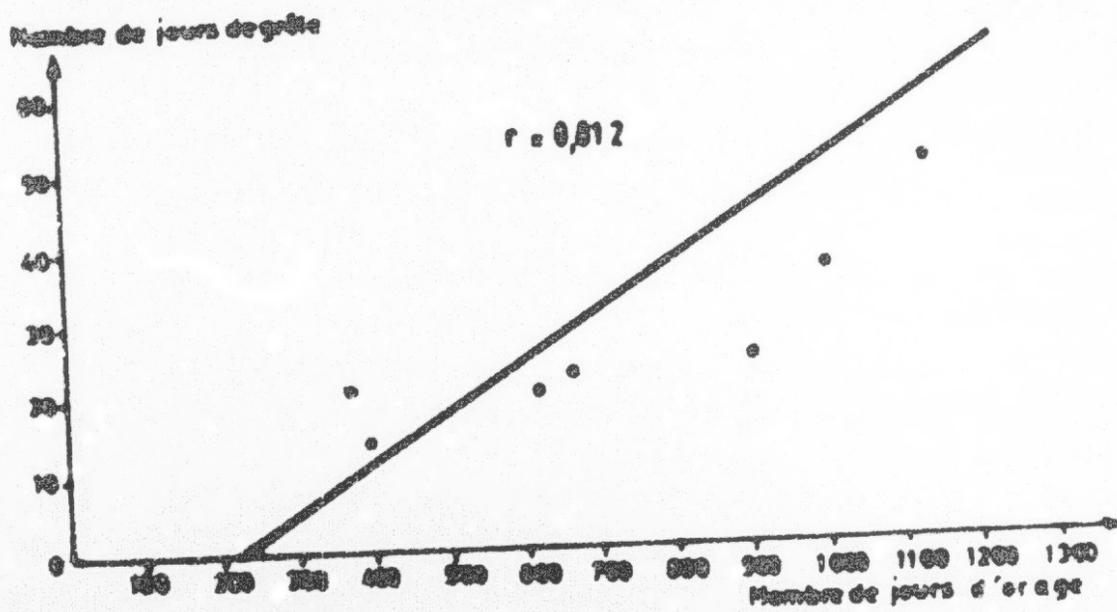


Fig 3: Corrélation du nombre de jours de grêle avec le nombre de jours d'orage

4. CONCLUSION

A la lumière de ce qui précède, nous pouvons dire que la grêle considérée depuis toujours comme étant une calamité naturelle, reste jusqu' nos jours difficile maîtriser et combattre.

Pour la Tunisie deux problèmes se posent, d'une part l'irrégularité dans le temps et dans l'espace du phénomène et d'autre part la difficulté et voire même l'impossibilité pour un pays comme le notre de mettre en oeuvre des moyens financiers énormes pour une expérience de lutte dont les résultats sont partout dans le monde controversés par les chercheurs eux mêmes.

Concernant le premier aspect du problème, savoir l'étude climatologique, nous pouvons affirmer la lumière de ce travail que pour la Tunisie la variabilité temporelle et spatiale du phénomène le rendent difficile et même impossible cerner.

A part l'existence d'un noyau gréligène dans le nord-ouest du pays et dont l'importance est variable dans le temps et dans l'espace, aucun résultat concluant ne peut être tiré au terme de l'étude statistique du phénomène.

L'analyse en composantes principales a révélé l'inexistence d'une corrélation spatiale et temporelle entre les stations.

Il faut aussi signaler que la rareté du phénomène et sa dispersion dans l'espace rend tout programme d'intervention difficile réaliser.

Par ailleurs, si la méthode de lutte contre la grêle par ensemencement des nuages gréligènes se révélait efficace pour d'autres pays, il faudrait se poser certaines questions. L'est-elle pour la Tunisie? Sommes-nous capables de mettre en oeuvre des moyens financiers considérables pour la conduire?

La déclaration faite en 1980 par le groupe de travail de la physique des nuages et la modification artificielle du temps, répond bien ces questions. En effet pour ce groupe d'experts, il faut que les décideurs publics soient conscients, de ce que pour avoir des résultats concluants, les projets

de cette nature nécessitent des moyens financiers et des ressources en personnel considérables.

Ce même groupe de travail affirme dans sa déclaration que "Pour la grande majorité des scientifiques, on ne dispose d'aucun critère quantitatif et objectif permettant de déterminer avec précision quels nuages il convient d'ensemencer, à quel moment et à quel endroit, pour être sûr d'obtenir le résultat souhaité C'est un point dont les décideurs publics devront tenir compte pour décider s'il convient ou non d'agir".

Par ailleurs et comme il a été signalé par P. Brochet de la Météorologie Française, le rôle de la météorologie consiste en la fourniture de diverses informations relatives à l'état de l'atmosphère, à la prévision de développement des orages, à l'identification et à la localisation des nuages gréligènes.

Ce qui reste à faire, est de l'apanage des services compétents du Ministère de l'Agriculture qui, en connaissance de cause, peuvent opter soit pour la lutte proprement dite (ensemencement) soit pour la lutte dite passive à savoir, utilisation de variétés résistantes et développement de techniques culturales capables de protéger les récoltes.

BIBLIOGRAPHIE

BROCHET, P. 1980. La grêle. Analyse du phénomène et difficultés d'une lutte rationnelle. *Défense des cultures*, Décembre.

Budget économiques du ministère de l'agriculture. 1980-1990.

Bulletin de l'O.M.M. Volume 37 du 1 Janvier 1988.

MERZEIX, J.F. 1987. La prévention de la grêle. Réalité, échec ou espoir. *L'arboriculture fruitière* n° 349. avril 1987

MICHET, M.J. 1972. La lutte contre la grêle est elle possible? *La météorologie et l'agriculture*. n°15

SAIDI, H. 1976. *La grêle en Tunisie I.N.M.*

SOULAG, G 1968. Théories récentes sur la formation de la grêle. *La météorologie*. Revue trimestrielle de météorologie et de physique du globe.

FIN

25

VUES