

BULLETIN DE "GÉOPHYSE".

Les membres de "Géophyse" qui habitent Strasbourg ont eu la chance de pouvoir entendre au cours de ce printemps deux belles conférences dont nous vous donnons dans ce bulletin un compte-rendu aussi étendu que possible.

1°) Compte-rendu des conférences : *)

" CAMPAGNES ET MESURES EN SOUS-MARIN "

faites à Strasbourg les 25 et 27 avril par Monsieur VENING MEINESZ.

La Faculté des Sciences de Strasbourg a eu le plaisir de recevoir l'aimable visite de M. Vening Meinesz, Professeur de Géodésie et Cartographie à Utrecht, Président de l'Association de Géodésie de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, le maître du problème de la détermination précise de la pesanteur, précise malgré les petits mouvements du sol, malgré les grands mouvements de la mer.

Ce savant distingué avait bien voulu répondre à l'invitation du Conseil de la Faculté qui lui fut adressée sur la proposition du Directeur de l'Institut de Physique du Globe : c'était la seconde fois qu'un des présidents d'associations de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale venait prendre la parole dans la salle Fustel de Coulanges.

*) M. le Professeur Rothé a pris la peine de rédiger lui-même ce compte-rendu.

Quelques-uns des membres de " Géophysse " se souviennent sans doute de Turner, le distingué savant anglais si brusquement enlevé à la science et à notre affection, astronome en même temps que séismologue, et c'est avec une joie profonde que nous voyons ainsi des hommes de toutes les nations se vouer ensemble à l'étude de cette écorce terrestre sur laquelle nous vivons, nous travaillons et dont nous voudrions pénétrer les secrets, dont nous espérons connaître peu à peu la constitution.

Les mesures de la gravité, les études patientes de propagations d'ondes séismiques, ce sont les seuls moyens que nous ayons à notre disposition pour pénétrer dans la profondeur du globe, ce sont les yeux aux rayons pénétrants qui nous permettent de nous fournir tout au moins une représentation des phénomènes dont sont le siège ces régions inaccessibles.

Je voudrais en quelques mots présenter d'abord à mes anciens élèves M. Vening Meinesz, montrer quelle a été son œuvre scientifique et ce que la Science peut encore attendre de lui.

Plus ambitieux que le géophysicien moyen, il a voulu se rendre là où les autres n'avaient pas osé s'aventurer, s'attaquer aux fonds océaniques et nous en révéler la structure,

Nul autre n'était mieux préparé à ce genre de recherches. Après avoir fait ses études à Delft, titulaire du diplôme d'ingénieur civil en 1910, il se mettait au service de la Commission Géodésique Néerlandaise qui lui confiait les mesures d'intensité de la pesanteur.

Après avoir conquis le diplôme de Docteur ès Sciences techniques par une thèse sur la théorie des observations du pendule, notre collègue se spécialisait totalement dans ces déterminations. En 1932 il réussissait à publier dans un important volume les observations de 52 stations, faites dans les Pays-Bas de 1913 à 1931. Les déterminations de pesanteur se heurtent à de très grosses difficultés, notamment à la mobilité du sol qu'on peut attribuer en grande partie à l'action de la mer.

M. Vening Meinesz a poussé très loin l'analyse des diverses perturbations, celle de la durée d'oscillation, celle de l'amplitude due au mouvement du support, ou de l'entraînement du pendule dû au mouvement du sol. Il s'est attaché à les éliminer en employant deux pendules oscillants sur le même support dans le même plan vertical avec la même amplitude et des phases contraires.

(Dans celle des conférences qui fut adressée au grand public, M. Vening Meinesz a, par des projections, indiqué les détails de ce dispositif).

Je voudrais appeler votre attention sur le fait que la détermination de la pesanteur en mer est capitale en géophysique.

Songez que les Océans couvrent les trois quarts de la surface du Globe. Aussi longtemps que ce problème ne pouvait être résolu, nos connaissances se réduisaient à celle de la pesanteur sur les continents, faible fraction du Globe.

Sans doute quelques physiciens avaient cherché à tourner les difficultés par l'emploi de méthodes indirectes : par exemple l'école allemande de l'Institut géodésique de Potsdam comparait les indications du baromètre à mercure et des thermomètres hypsométriques, résultats incomplets, bien qu'intéressants.

C'est à M. Vening Meinesz qu'il était réservé de rendre à la Science un inappréciable service en allant observer les oscillations du pendule à bord de sous-marins immergés. Il parvenait à résoudre ce problème compliqué de physique grâce à la méthode qu'il avait imaginée pour supprimer l'entraînement du point de suspension, en enregistrant les oscillations par la photographie et en déterminant la marche de ses chronomètres par réception des signaux horaires radiotélégraphiques.

Et c'est ainsi qu'il exécuta ses campagnes, d'abord sur des sous-marins de la marine néerlandaise. (Des photographies aussi nombreuses qu'intéressantes ont illustré la description de ces traversées souvent rendues très pénibles par les tempêtes, au cours desquelles les hardis marins et le savant n'hésitaient pas à faire plusieurs plongées par jour).

En 1923, il va de Hollande à Java, en 1925 de Hollande à Port-Saïd, en 1926 de Hollande à Java par Panama. Il a indiqué dans ses deux leçons les beaux résultats qu'il obtint sur la compensation isostatique, c'est-à-dire la compensation des irrégularités de densités des couches superficielles, par des irrégularités en sens inverse dans les masses profondes. C'est la connaissance de l'écorce terrestre non seulement à la surface mais dans les fonds sous-marins.

L'exemple donné par ce savant, le puissant moyen d'investigation qu'il a créé encouragent les marines des autres États. En 1928 c'est sur un sous-marin des États-Unis qu'il étudie le Golfe du Mexique et les Antilles. Il prête son concours à la marine italienne. La marine française organise bientôt les campagnes du "Fresnel" et de "l'Espoir".

L'Espoir ! Nom prédestiné !

C'est un grand Espoir qui remplit nos âmes ! Nous nous souvenons du Lusitania. Quelle grande espérance, si désormais les sous-marins devenaient des laboratoires scientifiques des campagnes pacifiques et si tous les peuples de la terre associés dans une même et gigantesque œuvre de raison communiaient dans une même pensée, cessaient de prostituer la science à des desseins criminels et s'unissaient étroitement pour la recherche de la Vérité. N'est-ce pas dans la Géophysique que les nations peuvent le mieux s'entendre ? L'étude du Globe forme en elle-même un tout indéchirable, on ne

peut séparer par des étroites barrières les phénomènes d'équilibre du Globe, nationaliser la géophysique et la géodésie de la terre. C'est sans doute pour cette raison que notre Union internationale de géodésie est la plus anciennement créée. Des travaux comme ceux-ci montrent mieux que tous les discours la solidarité de tous les hommes dans la recherche de la Vérité.

Au cours de l'enseignement qu'il nous a donné M. Vening Meinesz a développé des idées originales et des hypothèses dont nous ne pourrions donner ici qu'un résumé. Il déclare tout d'abord que la géodésie, l'étude de la forme de la terre, n'a tenu dans ses recherches qu'un rôle de second plan. Ce qu'il s'est surtout proposé, c'est d'interpréter ses mesures de pesanteur au point de vue géophysique.

Les résultats peuvent se classer en deux catégories selon qu'il s'agit de régions tectoniques particulières (Antilles, Indes orientales, Méditerranée, Japon) ou des océans en général (Atlantique, par exemple, Pacifique).

Dans l'archipel des Indes orientales on trouve une bande étroite où la pesanteur est inférieure à la valeur normale ou présente un déficit; Cette bande s'étend tout le long de l'archipel sur une largeur de 100 à 200 km seulement. Mais il y a aussi un autre écart systématique par rapport à l'isostasie : on constate qu'au-dessus des bassins les plus profonds de l'archipel, la pesanteur présente un excès; ainsi ces bassins profonds offrent de fortes anomalies positives au-dessus de toute leur étendue. Les Indes Néerlandaises ne présentent d'ailleurs pas un cas isolé; de telles anomalies positives ont aussi été observées dans des aires géosynclinales d'autres parties du monde. Elles ont été trouvées au-dessus des bassins des Indes occidentales aux Antilles (golfe du Mexique, Mer entre Cuba et Mexique, en diverses stations dans les îles Caraïbes), dans les bassins les plus profonds de la Méditerranée (par exemple dans sa partie NW et dans la Mer Tyrrhénienne). La plupart de ces bassins sont considérés par les géologues les plus réputés comme des fosses qui se sont affaissées récemment, soit depuis le tertiaire, soit dans la première partie du tertiaire.

Des cartes démonstratives avaient été exposées où les auditeurs purent suivre les lignes d'anomalies tracées en couleur. D'autre part les îles qui furent sujettes à de forts plissements pendant l'ère tertiaire avaient été marquées d'une teinte spéciale. La cor-

rélation entre les anomalies et les plissements ressortait ainsi d'une manière particulièrement nette. On pouvait par exemple constater que le parcours des anomalies négatives dans la région des Indes orientales est en rapport avec le continent asiatique. Les données de l'Archipel Indien sont nombreuses, précises, et il est relativement aisé d'expliquer les résultats, surtout les anomalies négatives, par les phénomènes de la formation de l'écorce et les plissements ultérieurs : si l'on admet en effet les notions classiques (condensation de l'atmosphère, sima, sial) on est conduit à admettre aussi l'existence, au-dessous des systèmes montagneux, de masses de grandes dimensions, les prolongeant en-dessous du sol; c'est ce que M. Vening Meinesz appelle " les racines ". L'existence de ces racines produit une compensation pour les valeurs de la gravité (1).

Il est possible que les mesures ultérieures, les corrections apportées, modifient dans l'avenir quelques résultats et par suite les explications correspondantes, mais il est certain qu'elles ne feront pas disparaître les grands champs d'anomalies positives des Indes. Il importe donc d'en trouver dès maintenant une explication : la cause de ces perturbations doit être cherchée dans les couches profondes. Il serait en effet difficile d'expliquer ces champs par une augmentation de densité de l'écorce et un affaissement consécutif causé par le réajustement ultérieur de l'équilibre isostatique, parce qu'on ne pourrait pas comprendre que ces bassins soient encore si loin de l'équilibre isostatique. L'hypothèse fondamentale de M. Vening Meinesz est l'existence de véritables courants lents de convection à l'intérieur du Globe. Il admet qu'il y a dans le substratum, dans les couches subcristallines, de tels courants.

Cette hypothèse est prometteuse : partout où existent des anomalies positives il y a une composante descendante tandis qu'au-dessus des anomalies négatives, la composante est ascendante. On remarquera qu'un courant dirigé vers le bas doit produire un affaissement de l'écorce, si bien que cette hypothèse rend compte à la fois des deux particularités des bassins étudiés, leur grande profondeur et l'anomalie positive qu'ils manifestent au-dessus d'eux.

Imaginons que par suite de quelques troubles dans l'équilibre mécanique ou thermique (par exemple épaissement de l'écorce ou déformation par suite des compressions tangentielles) un de ces courants prenne naissance: le gradient de température étant dirigé vers

(1) Ce point n'est qu'indiqué dans cet exposé, car il est traité dans les cours de l'Institut et bien connu des membres de Géophysique. Il est aussi presque inutile d'ajouter que ce sont les régions de plissements qui sont en même temps les parties sismiques de l'archipel.

le bas a pour effet d'augmenter la différence de température entre les courants descendant et montant; le premier devient plus froid, le second plus chaud, si bien que le phénomène augmente l'affaissement de l'écorce au-dessus du premier courant et sa montée au-dessus du second.

Dans les océans on a aussi trouvé des champs d'anomalies positives. Au cours des premières expéditions ce fut le cas dans l'Atlantique Nord, et un champ de plus faibles anomalies fut aussi trouvé au-dessus du Pacifique. Au cours d'expéditions ultérieures en 1934 et 1935, les anomalies positives ont de nouveau été trouvées dans l'Atlantique Nord et aussi dans l'Atlantique Sud entre l'Argentine et l'Afrique du Sud, et dans l'Océan Indien entre Maurice et l'ouest de l'Australie. Dans la partie de l'Atlantique entre l'ouest de l'Afrique et le Brésil, les résultats furent moins nets.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs de quelques anomalies en excès. Elles sont exprimées en milligals, millième partie de l'unité c.g.s., le gal ou lcm par sec^2 :

La Manche - Açores	+45 mgal	
Joséphine - Açores	+73 "	
Joséphine - Lisbonne	+58 "	
seuil mi-atlantique - Bermudes	+23 "	
États-Unis - Açores	+19 "	à l'W et +31 à l'E.
Argentine - Tristan d'Acunha	+26	

Les résultats montrent clairement que les anomalies positives ont été trouvées spécialement au-dessus des bassins profonds de l'Atlantique; la crête de l'Atlantique moyen et le plateau de Bromley ne se comportent pas de même. (Il n'y a pas d'anomalies en excès).

La question qui se pose est de savoir si ces bassins océaniques étendus et très profonds peuvent être envisagés à la même lumière que les bassins profonds des aires géosynclinales. Leurs dimensions horizontales sont notamment plus grandes.

Peut-être la grandeur de ces dimensions horizontales apportera-t-elle dans l'hypothèse de courants de convection, quelque lumière sur la profondeur à laquelle ces courants peuvent atteindre. On peut démontrer que les courants de convection dans une couche de dimensions horizontales infinies se séparent en systèmes à peu près deux fois aussi larges que l'épaisseur. C'est le rapport le plus

favorable pour l'existence de la convection. L'auteur adopte volontiers ce rapport dans le cas des bassins dont il s'agit. Une profondeur de 1.200 km lui paraît raisonnable et elle coïnciderait avec une des discontinuités dans la constitution du sol que l'on envisage par d'autres considérations, séismiques par exemple. Il existe une augmentation imprévue des anomalies (j'entends augmentation dans le sens algébrique) au voisinage du bord des pentes continentales, quand on passe des faibles profondeurs côtières aux grandes profondeurs. Ce fait se produit au voisinage de toutes les côtes des continents et près de nombreuses îles de l'Océan; cela a été observé en particulier à l'extrémité du Canal de la Manche (je crois que les mesures de Bullard et Joly le long des côtes atlantiques de la Grande-Bretagne conduisent à des conclusions du même genre), on l'observe sur la côte de l'Afrique occidentale, sur la côte de l'Afrique du Sud, sur la côte ouest de l'Amérique Centrale et du Nord, sur la côte ouest de l'Australie, sur la côte est de l'Amérique du Sud. Il y a pourtant exception pour une partie des environs de Rio de Janeiro: là un plateau sous-marin d'environ 2.000 mètres de profondeur est adjacent à la côte apparente, si bien que celle-ci ne doit pas coïncider avec le bord d'un continent. On retrouve cette variation brusque sur la côte est de l'Afrique au voisinage de Sokotra, sur la côte sud de Ceylan et en de nombreux endroits dans l'archipel des Indes orientales et occidentales.

Cette variation subite des anomalies ne se révèle que lorsqu'on a effectué la réduction isostatique. L'effet de la topographie et de la compensation de la côte continentale domine tellement tous les autres effets qu'il est nécessaire de les éliminer avant de pouvoir tirer aucune autre conclusion. Il faut par suite se poser cette question: jusqu'à quel point ce changement brusque peut-il provenir d'une estimation inexacte de la compensation isostatique ?

Dans quelques cas, par exemple, une localisation serrée de la compensation pourrait l'expliquer plus ou moins complètement (il y a des cas où les anomalies " d'air libre " ont une régularité remarquable, au-dessus d'un profil de gravité le long duquel la profondeur croît), mais dans la plupart des cas l'auteur n'a pas pu trouver une distribution acceptable de la compensation qui s'accorde avec ces faits.

Dans quelques cas d'ailleurs, la variation de ces anomalies ne saurait coïncider avec celle de la profondeur et il est certain que ce fait exige une explication qui ne soit pas en connexion aussi étroite avec la topographie que ne l'est la compensation isostatique. C'est encore ici l'hypothèse des courants de convection qui peut fournir la solution de ce problème, en admettant que le passage entre les courants descendant et montant se produise tout près de l'endroit au-dessus duquel on constate le changement brusque des anomalies.

malies. Peut-être aussi ceci est-il en liaison avec les centres séismiques si nombreux sur les pentes abruptes comme au Chili. Nombre d'anomalies caractéristiques de gravité sont clairement en relation avec les accidents de surface de l'écorce; aussi au point de vue topographique et géologique serait-il judicieux de les étudier en collaboration étroite avec les géologues et surtout les géomorphologistes qui sont le mieux à même de connaître complètement ces questions.

E.Rothé.

2°) Compte-rendu de la Conférence :

" Les nouveaux procédés de défense contre la grêle "

faite à Strasbourg le 7 mai à l'Institut de Physique par le colonel Ruby du centre d'Aviation de Lyon, et organisée par l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg et la Commission météorologique du Bas-Rhin.

Il nous est impossible faute de place de donner in-extenso la conférence très intéressante du colonel Ruby. Elle paraîtra intégralement dans " Les comptes-rendus de la première conférence internationale pour la protection contre les calamités naturelles. Paris 1937 ".

Nous donnons seulement, en respectant le plan général, des extraits des parties les plus essentielles, le reste est résumé très brièvement.

Le colonel dès le début de son travail écrit: " Si on peut s'étonner de voir un officier aviateur traiter un tel sujet, nous ferons observer que la grêle est l'ennemi de l'aviation au même titre que celui de l'agriculture, qu'elle a déjà à son actif un certain nombre d'accidents d'avions, et qu'ayant souvent rencontré des nuages de grêle, nous avons été à même mieux que personne d'en étudier toutes les phases de la formation.

C'est ainsi que M. le Ministre de l'Air m'a chargé officiellement des études sur cette question et que je pourrai à la fin de ce rapport vous mettre au courant des résultats obtenus au cours de ces dernières années".

THEORIE DE LA FORMATION DE LA GRELE.

La théorie de la formation de la grêle a été vérifiée " en allant explorer sur place les nuages chargés de grêle depuis leur base jusqu'à leur sommet et même au-dessus"

" Trois phénomènes contribuent à la formation de la grêle.

- 1) Un phénomène thermique: la surfusion des gouttelettes au sommet du Cumulo-Nimbus et la présence au-dessus de celui-ci de Cirrus glacés;
- 2) Un phénomène dynamique: la présence à l'intérieur du Cumulo-Nimbus de courants ascendants puissants, quelle qu'en soit l'origine;
- 3) Un phénomène électrique: l'attraction des gouttelettes du Cumulo-Nimbus et des aiguilles de glace du Cirrus électrisées de signes contraire.

La combinaison de ces trois causes donne de la grêle, mais les deux premières sont nécessaires et suffisantes. C'est ce que nous allons démontrer".

CONSTITUTION DE LA GRÊLE.

" La forme première de la grêle est le grésil. Il se présente sous la forme amorphe ou cristallisée.

Le grésil amorphe est formé d'une petite boule de glace spongieuse, renfermant d'innombrables bulles d'air qui lui donnent la teinte mate.

Le grésil cristallisé est formé d'un amas d'aiguilles microscopiques convergeant vers le centre.

Cette contexture du grésil nous indique les circonstances de sa formation.

Le premier a été formé par un amas de gouttelettes renfermant de l'air et arrivant dans une zone froide et agitée où elles se sont solidifiées normalement en s'agglomérant ensemble. On le rencontre surtout en hiver et au printemps lorsque l'isotherme zéro est assez près du sol, ou en été dans les hautes montagnes. Il est généralement projeté sous forme de giboulées par des courants rebattants et comme il a peu de trajet à faire il n'a pas le temps de fondre ou de se transformer en grêlons.

Le grésil cristallisé se forme en se solidifiant par surfusion au contact d'une particule de glace provenant d'un Cirrus, donc en été dans les hautes régions de l'atmosphère (8 à 10.000 mètres). C'est lui qui traversant la zone de surfusion va pouvoir se transformer en grêlon avant d'atteindre le sol.

Le grêlon caractéristique de la chute de grêle en été est toujours constitué par un noyau de grésil autour duquel sont disposées plusieurs couches de glace, opaques ou brillantes, spongieuses ou dures, parfois même formées de véritables cristaux réguliers.

La présence de ces couches diverses et successives montre que le grêlon, au cours de sa formation, a voyagé à travers le nuage dans des zones de température et d'humidité très variables

Le diamètre des grêlons courants est de 5 à 20 m/m mais on en a observé de beaucoup plus gros. Dans l'orage de 1912 aux environs de Villefranche-sur-Saône nous avons trouvé des grêlons de 1200 grammes.

Le 30 juillet de cette année près d'Oingt des grêlons ont atteint la grosseur d'un oeuf.

Inutile d'insister sur les dégâts que peut causer la chute de semblables masses. A Villefranche des animaux ont été assommés, des toitures et des tables de café traversées..... "

" Plus le grêlon est gros, plus il a dû rester longtemps dans le nuage, donc plus forts sont les courants intérieurs ascendants qui le roulent et retardent sa chute. La question qui se pose alors est celle-ci :

S'il est admissible que des petits grêlons puissent être roulés par des courants intérieurs du nuage, peut-il exister des courants ascendants de force telle qu'ils puissent maintenir en l'air

des masses de glace d'un kilo et plus pendant le temps considérable nécessaire à leur formation ?

Autrement dit: Quelle vitesse limite un grêlon peut-il atteindre ?

Nous savons que la vitesse limite d'un corps est fonction de sa densité, de sa surface, de sa forme et de la densité du milieu dans lequel il évolue.

Or la densité d'un grêlon est faible, d'autant plus faible qu'il est plus mat par suite de la quantité de bulles d'air qu'il renferme. Certains grêlons dont le noyau est formé d'aiguilles convergentes et la carapace uniquement de glace spongieuse peuvent avoir une densité inférieure à 0,5. Par contre des grêlons formés de glace dure peuvent atteindre 0,8.

D'autre part plus le grêlon est gros, plus sa forme est irrégulière et plus est grande sa surface et sa résistance à l'avancement.

Enfin les vitesses de chute diffèrent au sommet du nuage et près du sol, par suite de la différence de densité de l'air.

Le problème est donc très complexe. Angot indique qu'un vent de 10 m/seconde suffit pour soutenir un grêlon de 5 m/m; et de 21 m/s, soit 75 km/heure pour un grêlon de 20 m/m.

Ces chiffres n'ont rien d'extraordinaire, ils paraissent même trop forts pour les grêlons spongieux. Les expériences faites cette année à Avignon, à l'école des parachutistes, a montré que la vitesse limite d'un homme tombant en chute libre ne dépasse guère 200 km/heure. Moi-même, au cours de mes expériences, ai constaté que des projectiles de 2 kilos 1/2, de forme irrégulière et de densité de 0,7 à 0,8, analogues à de gros glaçons, atteignaient à peine 100 km/heure.

Nous pouvons donc admettre que les grêlons d'un kilo ont une vitesse limite de l'ordre de 50 à 80 km/h.

Or dans les nuages d'orage nous avons toujours rencontré des rafales verticales de cet ordre de grandeur, et il en est de même dans les vols en montagne.

L'existence de grêlons de 1 kilo et plus est donc un phénomène parfaitement normal quoique rare et s'explique par la présence de ces courants particulièrement violents".

CONSTITUTION DU NUAGE DE GRELE.

Le colonel rappelle tout d'abord la théorie concernant la constitution du nuage de grêle. Cette théorie a été vérifiée par les aviateurs eux-mêmes.

" Avec un peu d'expérience, un aviateur distinguera facilement en l'air le nuage simplement orageux de celui renfermant de la grêle.

C'est par l'exploration de ces nuages faite en avion à toutes les altitudes que nous avons pu étudier les phases de la formation de la grêle et les différentes parties du nuage qui la renferment.

Ces études ont été faites en explorant le pourtour du nuage, de tous les côtés, en le traversant au cours de son évolution avant qu'il ne devienne trop dangereux et au moment du déclenchement de l'orage en s'en approchant le plus possible à toutes les altitudes pour suivre l'évolution du phénomène.

Disons tout de suite que ces explorations sont toujours dangereuses et qu'on ne pénètre à l'intérieur d'un nuage orageux qu'en certains endroits et à certains moments de son développement.

En effet, quelle que soit la solidité de l'avion et l'entraînement de l'équipage au vol sans visibilité, la violence des remous de ce nuage ne permet pas de contrôler la marche de l'appareil au moyen des instruments. Les aiguilles font des bonds désordonnés sur le cadran. L'avion est secoué dans tous les sens, sans que le pilote puisse sentir la manœuvre à faire pour le rétablir. La voilure travaille dans des conditions dynamiques anormales. Elle peut être complètement dérégulée.

Enfin, les grêlons frappant l'hélice et le moteur à une vitesse de 300 à 400 km à l'heure peuvent les mettre hors d'état en quelques instants.

Quoi qu'il en soit voici les résultats généraux de ces explorations aériennes :

1°) La base du Cumulo-Nimbus de grêle, toujours sombre et horizontale, de teinte gris jaunâtre, varie d'altitude suivant le relief du sol. Elle se tient entre 500 et 1.500m. environ. Le sommet de l'enclume atteint généralement 5 à 6.000 m. dans le cas d'un étalement du sommet. Il est beaucoup plus élevé et peut dépasser 8.000 m. si l'enclume est formée de Cirro-Stratus existant primitivement.

2°) Le sommet de la partie liquide du Cumulo-Nimbus en forme de chou-fleur est toujours collé au voile de Cirro-Stratus par une zone floue. La température des sommets liquides peut atteindre facilement -15° . L'épaisseur de la zone en surfusion est souvent de l'ordre de 1.000 mètres ou plus.

3°) C'est dans cette zone floue (mélange de gouttelettes en surfusion et d'aiguilles de glace) que se forme le grésil. Très fin au sommet il augmente de volume en descendant. Nous n'avons jamais trouvé de grésil dans les sommets mamelonnés du Cumulo-Nimbus, même à -15° , si un voile de Cirro-Stratus n'existe pas au-dessus.

4°) Le grésil ne se transforme en grêlons que si la zone surfondue est de grande épaisseur et agitée de forts remous ascendants. Lorsque la zone surfondue est mince et relativement calme nous ne trouvons plus ni grésil ni grêlons dans les parties inférieures du nuage. Les grêlons n'ont pas été maintenus assez longtemps dans la zone surfondue pour atteindre une taille leur permettant de résister à la fusion pendant leur chute à travers les parties plus chaudes. Ils arrivent ainsi au sol sous forme de pluie.

5°) Si les courants ascendants dans les parties inférieures du nuage ne sont pas assez forts pour pouvoir faire remonter les grêlons jusque dans la zone en surfusion, ils auront seulement pour effet de les maintenir plus longtemps dans cette partie chaude et de contribuer à les faire fondre rapidement.

6°) Le nuage est environné de courants aériens caractéristiques.

En avant et en-dessous se trouve un courant chaud ascendant très puissant. On a l'impression que le nuage aspire l'air en avant de lui. Ce courant continue à l'intérieur du nuage dans sa partie avant.

Au centre, sous la base sombre, se trouvent des courants tourbillonnaires à axes horizontaux très violents. C'est au moment où cette zone tourbillonnaire vient se substituer au courant ascendant de l'avant que se produit ce qu'on appelle " le coup de vent du grain ", une augmentation brusque de la vitesse du vent avec changement aussi brusque de direction. Ce coup de vent est visible au sol par les tourbillons de poussière qu'il soulève.

Enfin, à l'arrière du nuage, un courant froid descendant entraînant avec lui les derniers grêlons et la pluie. Ce courant est plus faible et plus régulier et ne contient par les gros remous précédents.

7°) Les grêlons une fois formés ne sont pas répartis dans tout le nuage. Ils sont concentrés généralement dans une bande verticale étroite, dépassant rarement 1 kilomètre de large et reconnaissable vue de l'avant à une teinte jaune terreux.

Cette bande dont le sommet se trouve dans la zone surfondue est le siège entre sa branche montante et sa branche descendante de courants tourbillonnaires à axes horizontaux extrêmement violents qui maintiennent dans le tourbillon les grêlons en formation jusqu'à ce qu'ils aient atteint des dimensions parfois considérables.

Les axes horizontaux de ces tourbillons sont à l'intérieur du nuage et perpendiculaires à la marche de celui-ci, c'est à dire à la direction générale Ouest-Est. La branche ascendante est au centre du nuage un peu dans la partie avant, la branche ascendante en bordure avant.

En conséquence pour un observateur voyant défiler le nuage devant lui de la gauche vers la droite, la rotation a lieu dans le sens des aiguilles d'une montre.

Un contre-tourbillon peut exister dans la partie arrière du nuage, tournant en sens inverse, mais il est toujours beaucoup plus faible et ne renferme pas la grosse masse des grêlons enfermés dans le tourbillon avant.

Ce tourbillon prend naissance dans la zone surfondue. D'abord large et de faible vitesse rotative, il se resserre et augmente de vitesse. Au fur et à mesure que les grêlons à l'intérieur du tourbillon augmentent de diamètre, celui-ci descend et peut atteindre la zone non surfondue.

A un moment donné lorsque la force centrifuge des grêlons atteint une certaine limite (soit par l'augmentation de leur diamètre, soit par l'augmentation de la vitesse du tourbillon ou le déplacement de celui-ci) la masse des grêlons est saisie dans le courant descendant et projetée sur le sol, la force de ce courant s'ajoutant à la pesanteur.

Nous assistons alors à ces chutes de grêle violentes, serrées, concentrées sur une faible étendue, commençant ou s'arrêtant brusquement avec le courant qui les a transportées, et ravageant tout sur leur parcours.

Lorsque ce courant descendant a pris naissance dans la zone surfondue, la chute de grêle est sèche, presque sans pluie. S'il a pris naissance plus bas dans une zone chaude les grêlons sont mélangés aux gouttes d'eau.

Enfin si les grêlons tombent par leur propre poids sans être projetés par ces courants rabattants, ils arrivent au sol à faible vitesse, à moitié fondus, mêlés à la pluie et répartis sur de vastes étendues. Etant donné les faibles vitesses qu'ils peuvent atteindre, leurs dégâts sont peu importants.

8°) Enfin, dans presque toute la France qui est sous la dépendance des dépressions venant de l'Atlantique, les Cumulo-Nimbus de grêle se dirigent toujours d'Ouest en Est ou ont toujours une composante dans cette direction.

Sur la Côte d'Azur, qui est sous la dépendance des dépressions du Golfe de Gênes, ils se déplacent généralement d'Est en Ouest.

Naturellement la marche près du sol est influencée par la configuration orographique qui peut la dévier momentanément de 180° mais la marche du phénomène n'en garde pas moins sa direction générale.

Répétons que tous ces faits ont été constatés de visu. En particulier, la zone supérieure des Cumulo-Nimbus a été très sérieusement fouillée, la partie en contact des Cirro-Stratus qui n'est pas très dangereuse a été pénétrée au moment de la formation du grésil, la zone surfondue a été pénétrée de même jusqu'à ce qu'on trouve la formation des petits grêlons. Les zones plus basses ont été sondées dans la mesure de sécurité possible. Enfin, la partie du courant descendant entraînant la masse des grêlons depuis la zone surfondue jusqu'au sol a été suivie par moi dans toute sa hauteur au cours de l'orage du 30 juillet.

Nous pouvons donc considérer comme exactes les observations que nous venons d'énoncer".

"FORMATION DU NUAGE DE GRELE.

Voyons maintenant dans quelles conditions se forment des nuages.

Le Cumulo-Nimbus de grêle nécessite pour se former un état instable de l'atmosphère avec fort gradient thermométrique vertical

susceptible d'amener un brusque transport de masse d'air des régions chaudes du sol aux régions glacées supérieures.

Deux causes peuvent engendrer ce mouvement : une cause météorologique comme le passage d'une dépression ou d'un système orageux, une cause géographique comme la présence d'une région s'échauffant plus vite que les régions voisines par la nature de son sol et son exposition.

Le Cumulo-Nimbus dépressionnaire se forme dans la traîne de la dépression. Après la grosse pluie, une belle éclaircie a lieu, trous bleus, atmosphère transparente, les rayons du soleil brûlant échauffent fortement le sol mouillé, produisant un courant ascendant puissant. De gros cumulus blancs commencent à monter à l'horizon. Une expression populaire décrit exactement ce phénomène: " C'est un bain qui chauffe ".

Ces cumulo-nimbus de traîne ne sont guère dangereux, car les oscillations barométriques qui suivent le passage du noyau dépressionnaire ont une période trop courte pour que le mouvement de convection puisse prendre beaucoup d'amplitude. Le plus souvent, ces nuages se résolvent en averses de pluie mélangée de grésil et de quelques grêlons friables et peu volumineux.

Tout autre est le cumulo-nimbus produit par le passage d'un crochet orageux. Il se forme généralement en été après une période de très fortes chaleurs, par des températures lourdes, lorsque l'isotherme zéro se trouve à une grande altitude, vers 3.500 m. ou plus. La situation isobarique se présente avec une distribution à peu près uniforme, gradient très faible partout, pression à peu près normale, un peu plus basse vers le golfe de Gascogne. Vent incertain mais de direction générale Sud-Ouest.

Cette situation isobarique présente un équilibre très instable; il suffit alors d'une petite baisse de pression due à l'arrivée inopinée d'une masse d'air polaire pour rompre cet équilibre, déformer la courbe d'un isobare en forme de V aigu et entraîner toutes les courbes voisines dans cette direction. Nous assistons alors à la naissance d'une ligne de grains orageux, ligne qui suit sur la carte le sommet de tous les V isobariques parfois sur des centaines de kilomètres et qui peut balayer toute une région, puis disparaître aussi vite qu'elle s'est formée..... "

*Les Cumulo-Nimbus dus à des causes géographiques sont des phénomènes locaux liés à la configuration du sol, et s'éloignant peu de l'endroit où il ont pris naissance.

Soit au milieu d'une région humide, une partie du sol aride ayant donc une chaleur spécifique plus faible que la région environnante et s'échauffant plus vite. Supposons que cette partie aride soit exposée sur les flancs d'une chaîne de montagnes, face au Sud-Ouest, de manière à recevoir normalement les rayons des plus chauds de l'après midi. Il se produira à ce moment un courant ascendant entraînant l'air humide environnant et formant un nuage local. Supposons maintenant qu'un courant chaud et humide venant du Sud-Ouest (régime fréquent dans nos régions), vient rencontrer cette

chaîne de montagnes. Il la gravira, ajoutant son ascendance dynamique à l'ascendance thermique précédente. Or nous savons que cette ascendance dynamique peut être très élevée et, dans certaines conditions d'étendue et d'orientation des crêtes, peut atteindre 4 à 5 fois la hauteur de la crête. Les masses d'air chaudes et humides pourront donc facilement être transportées jusqu'aux régions glacées et former le Cumulo-Nimbus.

Ce Cumulo-Nimbus se déplacera, entraîné par le vent qui l'a formé, et se déroulera dès qu'il sera arrivé dans une région où le courant ascendant ne pourra plus être entretenu, par exemple sur le versant aval de la chaîne de montagne, siège de courants descendants.

Le Cumulo-Nimbus local est caractérisé par l'absence au début de voile de Cirro-Stratus. Il monte isolé dans le ciel et s'étale dans les régions glacées, donnant lui-même naissance à l'enclume de Cirrus.

Ainsi ces nuages prennent naissance dans des régions bien déterminées, se forment rapidement, passant presque toujours par les mêmes itinéraires. Ils apparaissent dans les heures les plus chaudes de l'après-midi, marchent dans nos régions suivant la direction générale Ouest-Est, sont peu étendus en largeur et s'éloignent peu de leur lieu de formation.

Ce sont ces Cumulo-Nimbus locaux dus à la configuration géographique du sol qui font que certaines régions sont spécialement affectées par la grêle.

Mais alors, comment se fait-il que des régions rigoureusement plates, comme le Bordelais, soient si souvent saccagées par la grêle?

L'explication en est facile. S'il n'existe pas de montagne terrestre dans la région de Bordeaux, il se forme par vents d'Ouest une véritable montagne tout le long de la côte.

En effet, un courant aérien de vitesse uniforme venant du large est freiné par les aspérités du sol dès qu'il aborde la terre. Les couches d'air qui le suivent montent sur lui et produisent un courant ascendant comme si elles gravissaient le flanc d'une chaîne de montagne. Ce courant ascendant est matérialisé vu de la mer par une barre de nuage suivant le profil de la côte.

La présence des courants ascendants existe donc dans une région côtière comme dans une région montagneuse.

PHENOMENES ELECTRIQUES.

1) Phénomènes pouvant exercer une influence sur la formation de la grêle.

Nous entrons ici dans le domaine de la théorie pure, basée sur des expériences de laboratoire mais que nous n'avons pas encore pu vérifier sur place. Nous espérons bien l'année prochaine pouvoir pousser nos investigations dans cette direction.

Nous allons exposer brièvement les théories électriques de formation de la grêle, ou plutôt les influences électriques qui peuvent avoir une action quelconque sur cette formation.

La théorie généralement admise actuellement est la suivante:

1°) Les gouttelettes liquides formant le Cumulo-Nimbus sont électrisées négativement à leur départ du sol. Cette électrisation négative peut avoir différentes causes:

Entraînement par les courants verticaux thermique et dynamique des ions négatifs en excédent au-dessus de certaines formations géologiques du sol et sur lesquels vient se condenser l'humidité de ce courant

Frottement de la vapeur d'eau dans l'air sec d'après l'expérience d'Arnistrong.

2°) Les aiguilles de glace sèche du Cirrus sont électrisées positivement par l'action des rayons ultra-violetts du soleil qui leur font perdre des électrons.

En conséquence, les gouttelettes du Cumulo-Nimbus qui montent jusque dans les zones glacées en se repoussant entre elles par suite de leur charge négative, sont attirées par les aiguilles de glace du Cirrus chargées positivement dès qu'elles pénètrent dans leur zone, et forment ainsi un noyau de grésil neutralisé."

L'auteur rappelle également la théorie de M. Dautère.

PHENOMENES SECONDAIRES.

L'auteur explique de différentes façons les manifestations électriques, éclairs-tonnerre qui accompagnent toujours les nuages orageux. " Ces manifestations électriques sont la conséquence naturelle de la formation du nuage de grêle et non une de leurs causes. "

" ETUDE DES MOYENS DE PROTECTION.

Nous venons ainsi d'étudier les trois causes de formation de la grêle connues jusqu'à présent, comment allons-nous pouvoir les neutraliser ?

1°) La cause thermique. - Si nous arrivons à empêcher la surfusion des gouttelettes au sommet du Cumulo-Nimbus, nous empêcherons par là même celles-ci de se congeler à la surface du grain de grésil pour former le grêlon. Le grésil pourra voyager dans la zone d'aiguilles de glace sans que celles-ci puissent s'agglomérer sur lui, et même si une agglomération se produit par suite d'une attraction électrique, ces aiguilles ne formeront jamais qu'une petite boule de neige friable qui fondra dès qu'elle arrivera dans les couches liquides plus chaudes.

2°) La cause dynamique. - Nous avons vu que la grêle ne se forme que dans une partie très restreinte du nuage à l'endroit où le courant ascendant est le plus fort et monte jusqu'au niveau de la zone surfondue pour y créer de la turbulence. Nous avons vu également que la chute de grêle devient catastrophique lorsque la masse des grêlons est prise dans un courant descendant et projetée par celui-ci sur le sol. Ce courant descendant est généralement de faible étendue, de l'ordre de 1 ou 2 kilomètres de large.

Si nous arrivons à disloquer ce courant dans sa branche montante pour qu'il n'arrive qu'à bout de course dans la zone en surfusion nous empêcherons le grésil de se maintenir longtemps dans cette zone où il augmente de volume, et il ne pourra pas grossir assez pour résister à la fusion dans ses pérégrinations à travers les zones inférieures plus chaudes.

Si d'autre part nous arrivons à disloquer ce courant dans sa branche descendante alors qu'il est chargé de grêlons, une grande partie de ceux-ci pourront être projetés dans les branches ascendantes voisines où ils commenceront à fondre au milieu des gouttes d'eau et ne tomberont au sol que dispersés, fondus en partie, et animés d'une vitesse réduite, donc occasionnant de moindres dégâts.

3°) Enfin, la cause électrique. - Si nous parvenons à neutraliser les gouttelettes du Cumulo-Nimbus électrisées négativement et à arrêter l'attraction entre celles-ci et les aiguilles de glace du Cirrus, nous diminuerons les chances de formation du grésil et partant des grêlons.

Nous allons donc passer en revue les différents moyens qui ont été et sont encore en essais, et nous verrons de quelle façon ils peuvent agir sur ces trois causes.

A) MOYENS NATURELS.

Nous avons d'abord un moyen naturel, simple et d'une efficacité reconnue universellement: C'est le reboisement, en particulier sur la face Ouest des Chaînes de montagnes.

Nous savons par les travaux de M. Baldit de l'Office National Météorologique dans son livre " La Météorologie du Relief " et par notre expérience personnelle de l'Aviation en montagne qu'un courant aérien heurtant une chaîne de montagne, normale à sa course, la gravite et produit un courant ascendant d'autant plus fort que sa surface au vent est plus lisse. Si donc nous reboisons cette surface, nous freinons ce courant dans des proportions considérables et pouvons lui faire perdre ainsi plus de la moitié de sa force ascensionnelle normale.

Une deuxième action du reboisement est la diminution de courant ascendant thermique. Les bois humides s'échauffant moins vite

que le sol sec, nous n'avons plus ces fortes ascendances qui se produisent aux heures chaudes des journées d'été au-dessus des zones arides.

Je n'ai pas étudié l'action du reboisement sur les causes électriques, mais d'ores et déjà nous pouvons affirmer que les bois produisent des effets importants sur les deux premières causes de formation de la grêle. Il est certain qu'ils ne sont pas capables de l'empêcher complètement, mais ils diminuent la fréquence des orages dans de notables proportions et peuvent agir sur de grandes étendues. Des constatations formelles ont été faites à ce sujet par l'administration des Eaux et Forêts. Il a été constaté qu'après des déboisements la fréquence des orages augmente dans de notables proportions.

B) MOYENS MECANIQUES.

Tous ces moyens consistent à produire de violents ébranlements et déplacements d'air par des explosions "

1) Canons paragrêles.

Ce procédé aurait déjà été utilisé depuis le 18^e siècle dans le Beaujolais.

" Les résultats ont donné lieu à de violentes controverses. Mais d'après les très nombreux rapports que j'ai eus devant les yeux, il est certain qu'ils ont agi souvent avec efficacité et si des échecs retentissants ont eu lieu il ne faut pas en déduire que le procédé était totalement inefficace, mais que dans ces cas particuliers il a échoué, soit que l'orage ait été trop fort, soit qu'on ait mal tiré, soit pour toute autre cause non encore déterminée.

Avec nos connaissances actuelles de la formation de la grêle nous pouvons examiner l'action qu'avaient ces canons dans les différentes phases de l'orage, et avoir l'explication des résultats certains qu'ils ont eus dans de nombreux cas.

Ces canons se composaient d'un mortier en fonte sur lequel était emmanché un long entonnoir en tôle. Ils tiraient à blanc une charge de 200 gr. de poudre noire; un projectile gazeux en forme de tore, animé d'une grande vitesse de rotation mais d'une vitesse de translation très faible, montait en sifflant jusque vers 400 m. de haut.

Quelle action ce procédé pouvait-il avoir ?

Sur la surfusion il pouvait agir dans une certaine mesure. En manoeuvres on perçoit nettement à 2 kilomètres le choc sonore des 75 tirant à blanc, lorsqu'on est placé juste dans l'axe des pièces.

Nous pouvons donc admettre que la vibration de ces canons pouvait monter à 2.000 m. et comme ils étaient placés sur les crêtes ils pouvaient agir sur une zone de surfusion commençant vers 1.500 à 3.000 m., donc dans de nombreux cas ce fait expliquerait leur insuccès vis à vis d'orages importants dont la zone surfondue commencerait vers 3.500 m. et monterait à 5 et 6.000 m.

Sur les courants ascendants le projectile rotatif pouvait avoir également une certaine influence. Nous savons que l'ascendance maxima d'un courant est au débouché de la crête ou à quelques centaines de mètres au-dessus. Le projectile sans arrêter ce courant pouvait disloquer sa partie régulière qui est la plus puissante et y occasionner une turbulence lui faisant perdre une partie de sa force ascensionnelle.

Dans la branche descendante étroite, très violente et chargée de grêlons, les canons pouvaient agir dans les mêmes conditions mais avec une portée de 2 à 300 mètres maxima au-dessus du sol et juste dans l'axe des pièces, ce qui nécessitait une concentration de feux extrêmement puissante, pour combattre la violence du courant rabattant. (Dans l'orage du 9 juin 1901 il a été tiré 10.000 coups de canon, dans celui du 28 juillet de la même année 340 pièces ont tiré 20.000 coups. Dans ces deux cas la chute de grêle a été dispersée).

Enfin, au point de vue électrique, les détonations produisaient une ionisation partielle de l'atmosphère, la rendant conductrice aux environs des pièces. Nous savons en effet que la déflagration d'une quantité infime d'explosifs dans la chambre d'ionisation d'un électromètre chargé ramène aussitôt l'aiguille à zéro.

Pour toutes ces raisons il est certain que les canons avaient une action bienfaisante dans de nombreux cas et il est regrettable qu'on n'ait pas continué une expérience qui s'annonçait intéressante, et qu'on l'ait abandonnée devant quelques échecs inévitables dus généralement à des orages trop violents pour la puissance des pièces."

2) Canons de guerre.

Les trombes marines sont en général réduites par des coups de canon. " Quelques obus éclatant dans une colonne tourbillonnaire coupent immédiatement ce courant, et la trombe s'écroule en pluie. Le même phénomène peut donc se produire dans les courants tourbillonnaires roulant les grêlons.

" La deuxième expérience a été faite avec un luxe de moyens que nous ne reverrons, espérons le, jamais; c'est celle de la guerre.

Je ne crois pas qu'on ait jamais reçu une averse de grêle sur toute la ligne du front au cours d'une préparation d'artillerie.

Il nous est arrivé plusieurs fois sur le front de voir se former des nuages caractéristiques de grêle, qui se transformaient en pluie diluvienne dès qu'ils pénétraient dans la zone de combat.

Il est tout à fait normal qu'aucune partie de nuage en surfusion, non plus qu'aucun courant ascendant, n'ait pu résister aux milliers d'explosions éclatant dans tous les coins de l'atmosphère.

Nous ne pouvons évidemment mettre en action contre un Cumulo-Nimbus, même très important, un tir de barrage analogue à ceux de la guerre, mais nous avons envisagé la possibilité d'essayer des batteries contre avions. Leur portée, leur rapidité de tir, leur précision permettent de faire une concentration de feux importante

dans les parties dangereuses du nuage, mais nous nous sommes heurtés à une difficulté technique.

L'obus explosif fusant de 75 ou de 105 employé par la D.C.A. même ayant des éclats très fragmentés laisse toujours intacte la fusée et le culot qui retombent après l'explosion.

On ne peut donc pas songer à l'employer dans une région peuplée comme la nôtre.

L'obus cherché doit éclater entièrement en l'air. Ses parois et sa fusée doivent être réduites en morceaux assez petits et assez légers pour que leur vitesse de chute soit sans danger pour les populations. Comme d'autre part ces parois doivent résister au choc du départ le problème est difficile à résoudre. Des techniciens de l'artillerie travaillent actuellement cette question, mais il est certain qu'il s'écoulera un certain temps avant que le projectile ne soit au point.

3) Fusée paragrêle.

Après les canons nous voyons apparaître les fusées lançant de 100 à 300 grammes de cheddite à une altitude de 1.000 à 1.200m.

Au début, vers 1900, elles fonctionnent concurremment avec les canons paragrêles et sont réparties un peu au petit bonheur en bordure des vignobles à défendre.

Leur prix de revient beaucoup plus élevé que celui des coups de canon fait que le tir de ces engins est moins dense et qu'il est difficile d'établir une comparaison entre les deux procédés.

A première vue, on a l'impression que leur effet est supérieur à celui des canons mais leur tir dispersé ne permet pas de se faire une idée exacte des possibilités qu'on peut en attendre.

Nous n'insisterons pas sur les premières théories exposées en 1901, prétendant qu'avec une fusée on perçait un Cumulo-Nimbus et qu'avec 2 ou 3 on disloquait les nuages et arrêtait net un orage.

Au point de vue effet sur la surfusion, il est certain que l'explosion de 300 gr. de cheddite éclatant vers 2.000 m. en l'air (1.200 m. de trajectoire et 800 m. de site) doit produire un effet sur la base d'une zone surfondue située entre 3.000m. et 3.500 m. Tirées à temps ces fusées peuvent donc gêner la formation de celle-ci.

Au point de vue des courants ascendants, les fusées peuvent les disloquer plus ou moins en créant une turbulence dans les parties de courant touchées par les explosions.

Il en est de même pour la partie descendante chargée de grêlons et sur laquelle doit se concentrer un tir le plus violent possible.

Au point de vue électrique, comme nous l'avons dit pour les canons, l'explosion des fusées produit une ionisation partielle de l'atmosphère.

Mais l'action la plus efficace de ces fusées est la destruction du tourbillon local à axe horizontal qui renferme la masse de grêlons. Ce tourbillon, d'étendue assez faible (de l'ordre de 1.000 m. au maximum) se forme dans la partie avant du Cumulo-Nimbus dans la zone surfondue. Au fur et à mesure que les grêlons pris dans son mouvement rotatif augmentent de grosseur l'axe du tourbillon descend, jusqu'au moment où le mouvement circulaire se change en mouvement vertical descendant et où la masse des grêlons partant par la tangente est projetée au sol.

Si quelques fusées bien ajustées viennent à éclater dans ce tourbillon, la turbulence qui résulte de l'explosion détruit celui-ci et les grêlons tombent par leur propre poids, c'est-à-dire à une vitesse faible, dans l'état où ils sont, et dispersés au milieu des gouttes d'eau sans occasionner de dégâts.

Enfin, même si les explosions n'atteignent pas le tourbillon lui-même et éclatent un peu en-dessous de lui à sa verticale, la turbulence créée disloquera le courant ascendant et le tourbillon n'étant plus entretenu par celui-ci s'effondrera de lui-même, les grêlons seront dispersés dans les zones pluvieuses voisines et tomberont par leur seul poids sans faire grand mal.

L'efficacité de ces fusées est donc essentiellement fonction de la façon de les employer et des points précis du nuage où doit s'effectuer la concentration des feux.

C'est en partant de ces principes que depuis deux ans nous avons établi le plan de défense de la région du Beaujolais, qui nous a servi de champ d'expériences et dont nous exposerons plus loin l'organisation.

4) Bombes d'avions.

Enfin, en 1937 grâce à l'appui du Ministère de l'Air nous avons pu expérimenter un mode d'attaque beaucoup plus puissant et efficace. Il consiste à aller attaquer le nuage à la bombe d'avion dans sa partie dangereuse au sommet de la zone surfondue. L'avion survolant le nuage vérifie sa température intérieure ainsi que celle du milieu ambiant par des thermomètres de mât et peut déterminer ainsi les limites de la zone en surfusion. Il recherche également les points qui sont le siège des plus forts courants tourbillonnaires. Il les attaque alors par des bombes chargées de 2 à 3 kilos de cheddite éclatant avec un retard de 7 à 12 secondes soit 300 à 500 m. au-dessous de l'avion. Douze bombes éclatant dans la partie sensible d'un nuage peuvent faire à la fois cesser la surfusion et disloquer les courants susceptibles de maintenir les grêlons dans cette zone.

Nous ne parlerons que pour mémoire du pouvoir ionisant de ces explosions dont nous ignorons la force, mais qui agit précisément dans la partie la plus intéressante du nuage, à l'endroit où l'attraction doit être maxima entre les gouttelettes surfondues et les aiguilles de glace.

Les bombes que nous employons sont portées par les lance-bombes de carlingue. L'enveloppe est en fer-blanc mince dont les éclats sont inoffensifs. La mise à feu se fait par deux détonateurs allumant une mèche calculée pour le retard voulu (7 à 12 secondes). Le mécanisme est extrêmement simple et a toujours très bien fonctionné.

Nous avons expérimenté ces bombes pour la première fois, combinées avec l'attaque au sol par les fusées, pendant l'orage du 30 juillet 1937. La chute de grêle très violente s'est arrêtée d'une part à l'Est sur la ligne de tir des fusées, d'autre part au Nord à l'endroit où l'avion a bombardé le nuage. Ce premier essai a donc parfaitement réussi. Combiné avec le tir à terre il est appelé à donner d'excellents résultats. La puissance et la précision du tir ne laissant rien à désirer, l'explosif étant porté à la main à l'endroit voulu. Tout l'effet repose sur l'adresse et l'expérience des aviateurs. La difficulté consiste à survoler le nuage pendant qu'on peut encore le faire, c'est-à-dire avant l'étalement de l'enclume de Cirrus. Le meilleur moment pour effectuer ce bombardement c'est lorsque l'enclume commence à se former. Plus tôt, les bombes ne serviraient à rien, le tourbillon n'existant pas encore. Plus tard, lorsque l'enclume s'est étalée et atteint 7 à 8.000 m il est dangereux et même souvent impossible de le faire.

C) MOYENS ELECTRIQUES.

1) NIAGARAS.

Ces appareils devaient d'après leurs auteurs (Général de Niguer et M. de Beuchamp) drainer l'électricité du sol pour la diriger dans l'atmosphère où elle neutraliserait l'électricité des nuages. Ils consistaient en de hauts pylones placés sur des sommets en avant de la zone à protéger, reliés au sol par un ruban de cuivre plongeant dans une source ou dans un puits.

Dans la Vienne ces appareils ont donné, d'après les rapports de bons résultats, mais dans le Beaujolais, dès 1914, année fort orageuse où la région fut copieusement grêlée, on les déclarait totalement inefficaces. L'expérience n'avait duré que 2 ans. Les essais furent abandonnés et ne furent pas repris après la guerre.

II. PARAGRELES RADIO-ACTIFS.

Procédé Dauzère. Les ions négatifs d'une source radioactive placée sur un poteau de bois sont neutralisés par un disque porté à un potentiel positif élevé; les ions positifs soumis à un potentiel accélérateur sont repoussés avec une vitesse accrue, ils doivent se répandre dans la colonne d'air ascendante qui est au-dessus du nuage orageux. Les grêlons ne pourront se former ou tout au moins ils n'atteindront pas un gros diamètre.

On n'a pas encore de résultats sur ces essais.

III) FUSEES RADIOACTIVES.

M. ionise l'air à l'aide de fusées analogues aux fusées ordinaires montant à 1.200 m; elles renferment des substances radio-actives très agissantes à la température de 700° qui correspond à la combustion de la poudre. Il se formera une colonne conductrice entre le nuage et le sol de plusieurs dizaines de mètres de diamètre.

" Cette cheminée conductrice provoquera donc soit l'écoulement vers le sol des charges électriques accumulées dans le nuage, soit, si la charge est trop forte, un coup de tonnerre dont le choc agira en outre sur le phénomène de surfusion.

Les essais sur nuages de grêle n'ont pas encore eu lieu".

IV) BOMBES RADIOACTIVES.

" Enfin, M. Capart a complété son procédé de fusées radio-actives lancées entre le sol et le nuage par des bombes d'avion radio-actives qui sont lancées au sommet du Cumulo-Nimbus entre celui-ci et le Cirrus.

Ces bombes beaucoup plus puissantes que les fusées sont constituées par plusieurs tubes radio-actifs dont les uns bien profilés traversent le nuage du haut en bas, d'autres de formes diverses sont transportés par les courants tourbillonnaires de manière à ioniser le maximum de volume.

Ce procédé qui peut être intéressant est à étudier sérieusement. Il peut être d'ailleurs combiné avec les fusées et bombes explosives".

ORGANISATION DE LA DEFENSE DANS LA REGION DU BEAUJOLAIS.

" Nous avons pris comme champ d'expériences la région viticole du Beaujolais qui tient tout le Nord du département du Rhône.

1°) D'abord parce qu'elle est de beaucoup la plus grêlée de France;

2°) Parce que son système orographique présente les caractéristiques typiques pour la formation des nuages de grêle;

3°) Parce qu'elle est proche du centre d'aviation de Lyon;

4°) Parce que sa principale culture est la vigne, culture vulnérable par excellence.

Décrivons rapidement cette région qui nous a servi de laboratoire.

Entre les vallées de la Loire et de la Saône, entre Monsols au Nord et Tarare au Sud sur une distance de 40 kilomètres, se trouvent 2 chaînes de montagnes parallèles orientées Nord-Sud d'une altitude allant de 1.000 m. au Nord à 700 m. au Sud et séparées par un ravin profond, la vallée de l'Azergues. A l'Est de la deuxième chaîne de montagne le terrain couvert de vignes s'abaisse en pente

douce jusqu'à la Saône. Du côté Ouest une grande partie de ces deux chaînes est dénudée.

Les vents chauds et humides venant de l'Ouest (régime fréquent en été) heurtent donc coup sur coup ces deux magnifiques tremplins allongés perpendiculairement à leur marche, les gravissent d'autant mieux que le sol dénudé leur offre une surface d'élan lisse, et peuvent ainsi atteindre, comme nous l'avons dit, 4 à 5 fois la hauteur de la crête soit 3 à 4.000 m., donc la région glacée de l'atmosphère.

En outre les deux versants dénudés exposés aux rayons les plus chauds de l'après-midi ajoutent leur ascendance thermique à l'ascendance dynamique du courant d'Ouest, créant ainsi une situation tout à fait propice à la formation des Cumulo-Nimbus.

1^e Conclusion. - La région du Beaujolais peut former des nuages de grêle locaux qui viendront s'ajouter en les renforçant à ceux provenant des systèmes orageux ou dépressionnaires.

2^e Conclusion. - Pour une même situation isobarique les Cumulo-Nimbus locaux devront se former toujours dans les mêmes endroits et suivre sensiblement les mêmes itinéraires.

C'est ce que vont prouver les statistiques.

STATISTIQUES.

Elles ont été établies à la Préfecture du Rhône et à l'Observatoire de St-Genis-Laval et portent sur une période de 25 à 50 ans.

Voici d'abord la fréquence par mois des orages à grêle ayant éclaté dans le Rhône en 25 ans :

Janvier	0
Février	0
Mars	0
Avril	7
Mai	59
Juin	76
Juillet	115
Août	75
Septembre	25
Octobre	0
Novembre	0
Décembre	0
	<u>355</u>

Nous constatons que les orages à grêle ont lieu uniquement dans les mois les plus chauds : Juin, Juillet et Août, et n'existent pas d'Octobre en Avril. Sur 355 orages à grêle 115, soit 1/3, ont eu lieu en Juillet.

Voici maintenant leur fréquence au point de vue horaire :

Minuit	à	3h	60 orages	
3h	à	6h	55	-
6h	à	9h	73	-
9h	à	12h	127	-
Midi	à	15h	358	-
15h	à	18h	565	-
18h	à	21h	275	-
21h	à	24h	123	-

			1.635	-

Sur 1.636 orages 565, soit encore 1/3, ont eu lieu entre 15 et 18 heures, c'est-à-dire au moment où la chaleur du sol est la plus grande.

Au point de vue local, les communes les plus souvent grêlées sont situées sur le versant Est de cette région dans la zone sous le vent d'Ouest, c'est-à-dire dans la partie du courant aérien où les grêlons ne sont plus soutenus par l'ascendance dynamique mais projetés au sol par les courants rabattants. De nombreuses reconnaissances aériennes ont d'ailleurs confirmé ce fait.

Nous constatons que dans une période de 25 ans :

30 communes ont été grêlées plus de 15 fois

46 - - - - - entre 10 et 15 fois

12 seulement - - - - - entre 5 et 10 fois.

Le chiffre des dégâts pour tout le département du Rhône pour la seule période de 1920 à 1930, se chiffre par 133 millions, représentant pour les communes les plus éprouvées de 30 à 40% des récoltes.

C'est donc pour ce seul département une perte sèche de 13 millions (plus de 25 millions de notre monnaie actuelle). Tel est l'ordre de grandeur du fléau que nous avons à combattre.

PREMIERES EXPERIENCES DE 1936.

Les premières expériences ont été entreprises en 1936, dans la région de Marchamp, une des plus grêlées du département du Rhône.

Le moyen de défense employé fut celui que nous avons à notre disposition, c'est-à-dire les fusées paragrêles lançant 300 gr. de cheddite à 1.200 m. de haut. Mais au lieu de les laisser tirer au petit bonheur dans tous les coins, comme on le faisait jusqu'alors, où 99% des coups tapaient dans le vide, nous avons cherché à concentrer le tir sur la partie dangereuse du nuage et à la disloquer avant qu'elle n'atteigne les cultures à défendre.

A cet effet nous avons concentré 15 batteries de fusées sur les crêtes d'altitude de 700 à 900 m. dominant les vignobles à 5 à 6 kilomètres à l'Ouest, côté d'où viennent les orages. Nous obtenions ainsi des explosions à 2.000 m. au-dessus du niveau de la mer.

En outre les batteries mobiles sur autos venaient renforcer cette ligne en se portant rapidement sur les points les plus menacés. Le centre de la défense était installé au village de Marchampt, et fonctionnait comme un secteur de D.C.A.

Pour reconnaître la partie dangereuse du nuage où se formait la grêle et pour régler et concentrer le tir dessus, nous disposions d'un moyen nouveau et efficace. C'était l'aviation.

L'avion allait reconnaître les nuages dangereux très loin en avant de la ligne. Il avait ainsi le moyen d'alerter à temps les postes de tir, de rassembler les batteries autos et de faire ouvrir le feu juste à l'endroit voulu au lieu de laisser le tir se disperser dans tous les azimuts comme autrefois.

C'est donc sur ce principe : concentration d'un tir violent de fusées, réglé par avion, sur la seule partie dangereuse du nuage, que furent basées nos premières expériences. Ce tir s'il était bien dirigé devait disloquer le tourbillon renfermant les grêlons et disperser par conséquent ceux-ci parmi des zones de pluies voisines au milieu desquelles ils tombaient à moitié fondus et avec leur seule vitesse propre, donc sans faire grand mal.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF.

La première alerte est donnée par l'O.N.M. à Bron indiquant à l'aviation un temps orageux dans la région Sud-Est ou Centre.

Sur ce premier renseignement un avion muni de thermomètres de mât va faire une reconnaissance dans la région de la Loire et reconnaît les nuages dangereux, leur altitude, leur marche et l'ascendance et température de leurs sommets.

Si le nuage renferme du grésil à son sommet (ce dont on peut s'assurer en y pénétrant avant qu'il ne devienne dangereux) l'alerte est donnée, par téléphone de Bron et par signal d'avion (une fusée à un feu rouge) lancée sur Marchampt.

A ce signal les postes sont occupés et déploient un panneau blanc dès qu'ils sont prêts à tirer.

L'avion après avoir déterminé la marche du nuage et la partie de celui-ci où se trouve la zone tourbillonnaire renfermant la grêle (qui se reconnaît vue de l'avant à sa couleur jaune terreux) fait concentrer le tir de toutes les batteries sur ce point particulier.

S'il a des bombes à sa disposition il bombarde lui-même cette partie du nuage en le survolant avant que le voile de Cirrus-Stratus formant enclume l'empêche de passer au-dessus. Ce bombardement a lieu très loin en avant de la ligne de tir au sol. Ce n'est qu'après ce premier bombardement que l'avion passe au-dessous du nuage et règle le tir du sol.

Le tir est réglé par messages lestés, la T.S.F. étant dangereuse en temps d'orage.

La fin du tir est annoncée par une fusée verte. Les premiers résultats furent très encourageants. 8 orages furent attaqués ainsi et jamais la grêle n'a dépassé la ligne de tir.

Des grêlons épars mélangés à la pluie et tombant à faible vitesse ont suivi le tir des fusées.

Les bombes d'avion n'ont pas été expérimentées en 1936, n'étant pas au point.

ORGANISATION EN 1937.

A) ORGANISATION.

A la suite des résultats encourageants de 1936 et à la demande des vigneron, la zone de défense, limitée jusqu'alors entre le col de la Casse froide et la Croix Montmain, fut étendue cette année vers le Sud jusqu'à Légny, puis en Juillet vers le Nord jusqu'au-dessus de Vauxrenard. En même temps la ligne avancée était renforcée vers St-Bonnet et Meaux. La zone protégée se trouvait ainsi plus que quintuplée.

Au Sud du Col de la Cambuse il n'a pas été possible de trouver jusqu'alors du personnel pour servir les pièces, de sorte que toute la vallée d'Azergues depuis Grandris jusqu'à Légny s'est trouvée sans protection.

30 postes de tir fixes ont été construits sur la deuxième ligne et 8 sont installés actuellement sur la première ligne.

3 postes de guet avec téléphone fonctionnent au col de Crie à la Grandouse et à Oingt. Celui de la Grandouse en particulier a rendu les plus grands services.

L'organisation de la défense au sol est installée à St-Etienne-la-Varenne, et 5 secteurs sont organisés à Vauxrenard, Marchampt, Montmelas, Ville-sur-Iarnieux et Oingt.

La direction générale et la défense aérienne sont installées à Bron sous le commandement du Colonel Ruby.

B) MOYENS MIS EN OEUVRE.

Les projectiles employés furent comme l'année dernière les fusées explosives fournies par la Maison Ruggieri pour les postes du Nord, par la Maison Gerin pour ceux du Sud.

En outre de fortes bombes d'avion furent essayées pour la première fois, permettant d'attaquer le nuage par son sommet, et ont donné d'excellents résultats."

C) RESULTATS OBTENUS.

Le colonel Ruby donne la date des orages, leurs caractéristiques et la répartition des précipitations sur les différentes communes (pluie, grêle, grésil). Citons en particulier la belle lutte

contre l'orage du 30 Juillet où le colonel Ruby prit lui-même une part très active.

" Orage le plus violent de toute l'année. A la suite de plusieurs jours de grosse chaleur, un voile d'Alto-Stratus étendu apparaît à 15 heures à l'Ouest de Lyon venant de la vallée de la Loire et s'élevant avec une grande rapidité.

Un avion (Colonel Ruby, Sgt Tisserand) décolle en direction des Monts du Beaujolais et constate qu'un violent orage se forme à une très grande altitude se dirigeant vers Villefranche.

L'avion revient à Bron où il charge les bombes et décolle de nouveau (Adj. Bancillon, Col. Ruby). Il passe au-dessus des nuages et trouve le zéro thermométrique à 3.500 m. Tous les sommets des nuages sont à une altitude supérieure à 4.500 m. et formés de gouttelettes liquides à une température de 10 à 15°, donc à l'état de surfusion.

Au-dessus de 6.000 m. l'enclume s'est étalée en un plafond gris sombre couvrant une vingtaine de kilomètres. Une bande jaunâtre indiquant la présence de grêle avance vers le Mt. Chatard. Sur Grandris un gros nuage atteint déjà 4.700 m. à une température de -15°.

L'avion attaque ce nuage par bombes explosives qui éclatent vers 4.500 m. à l'intérieur. Son aspect se modifie presque de suite et son sommet s'étale horizontalement.

L'avion passe alors en-dessous et alerte les postes de Montmelas, Marchamp, Vauxrenard. Les postes d'Oingt et de Ville-sur-Jarnioux sont en plein dans l'orage et toute l'artillerie est en action.

L'orage extrêmement violent a son centre devant Oingt. A cet endroit la ligne avancée n'est pas encore installée et les communes de la basse vallée de l'Azergues sont à découvert.

La grêle signalée sur le Mt. Chatard est tombée avec une grande violence sur les communes non protégées de Longessaigne, Ste-Paule, St-Laurent-d'Oingt, Oingt, détruisant toutes les récoltes sur une bande d'environ 4 kilomètres de long. Les grêlons ont atteint la grosseur d'un œuf.

Par contre en aucun endroit la grêle n'a dépassé sensiblement la ligne de feu. Le sol s'est trouvé couvert d'une couche blanche s'arrêtant juste sur celle-ci. Toutes les cultures en arrière de cette ligne ont été indemnes.

Si la ligne avancée avait été installée comme il était prévu, la grêle n'aurait probablement pas dépassé celle-ci et serait tombée sur les sapins du Mt. Chatard au lieu des vignes d'Oingt.

En somme : 1°) le barrage d'Oingt paraît avoir arrêté net la grêle sur la ligne de tir, et avoir sauvé toutes les récoltes situées à l'Ouest; 2°) la grosse grêle s'est arrêtée à l'endroit où l'avion a bombardé le nuage."

RESULTATS.

" Les résultats furent les suivants :

1) Dans la zone protégée par les deux lignes de tir, c'est-à-dire entre les parallèles de la Casse froide et de Grandris, nous constatons qu'il n'a jamais grêlé sérieusement (à part la chute du 18 septembre qui n'a pas été contre-battue à temps). Seuls quelques grêlons mélangés à la pluie ont été aperçus, dispersés et tombant à faible vitesse sans occasionner de dégâts, ce qui est le résultat d'un tir efficace.

2) Dans la zone protégée par une seule ligne, c'est-à-dire au Sud de Grandris (plus tard au Nord d'Avenas), les grosses chutes de grêle, en particulier celle du 30 Juillet, se sont arrêtées sensiblement sur la ligne de tir. Seuls des grêlons épars emportés par le vent ont dépassé celle-ci.

3) Dans les zones non protégées, des trombes de grêle sèche ont dévasté les récoltes : St-Appolinaire, Ronno, le 8 juin; Monsols le 23 Juin; Villié-Morgon, Chirouble, Régnié, St-Joseph, le 23 Juin; St-Laurent-d'Oingt, Ste-Paule, Létra, Longessaigne, Dareizé, le 30 Juillet; Marcilly, les Chêres, Charnay, le 31 Juillet, Charnay le 9 Août.

Le résultat est donc nettement encourageant, surtout si l'on songe que les artilleurs n'ont pas encore l'expérience du tir dirigé et concentré sur la partie dangereuse du nuage. Les 3/4 des coups sont encore tirés un peu au hasard et atteignent le nuage n'importe où. Le procédé des batteries mobiles sur auto est à intensifier, et l'instruction des artilleurs à pousser pour leur apprendre à discerner la partie du nuage où ils doivent concentrer leurs feux.

Cette instruction doit leur être faite par les aviateurs.

Enfin l'attaque des nuages au sommet par bombes d'avion à forte quantité d'explosif a donné jusqu'à présent d'excellents résultats. Les bombes sont au point. Elles n'ont pu être expérimentées qu'à partir du 30 Juillet, le Ministère de l'Air en ayant suspendu l'essai jusqu'à l'autorisation du Service de l'Armement.

Au moment des explosions le sommet du nuage bombardé change rapidement de forme et tend à s'étaler. Ces essais devront être poussés à fond en 1938.

ORGANISATION EN 1938.

Enfin cette année le Ministère de l'Agriculture m'a demandé de prolonger la ligne de défense jusqu'à Mâcon, soit 60 kilomètres de front. Onze secteurs ont été équipés représentant 84 batteries fixes et 16 batteries sur autos. Une organisation complète est installée.

CONCLUSION.

Vous voyez, Messieurs, que la question est sérieusement à l'étude et que les résultats sont jusqu'à présent encourageants.

Est-ce à dire que nous réussirons à tous les coups ? Loin de moi cette idée. C'est une véritable bataille que nous engageons contre un ennemi formidable. Nous connaissons ses habitudes, ses itinéraires favoris, ses points vulnérables, c'est-à-dire la petite partie tourbillonnaire du nuage, creuset où se forment et grossissent les grêlons.

Toute la difficulté pour les aviateurs comme pour les artilleurs au sol consiste à découvrir ce point au milieu des kilomètres de nuages orageux et à l'atteindre.

Mais dans toute bataille il y a des aléas. Si nous tirons juste au coeur de l'orage nous l'arrêterons, mais si nous tirons à côté, ou trop tard ou insuffisamment, ou enfin si l'orage est formidable et plus fort que la défense, nous serons grêlés.

Devrons-nous alors nous décourager et tout abandonner ? Au contraire: il faudra voir les points qui ont flanché et s'efforcer de faire mieux à la prochaine attaque.

Ce qu'il y a de déconcertant dans cette lutte, c'est que nous ne voyons jamais de nos yeux quand nous sommes vainqueurs, c'est-à-dire quand il ne grêle pas, nous avons l'impression d'avoir jeté notre poudre aux moineaux, mais par contre quand nous sommes vaincus et grêlés nous le voyons parfaitement.

Ce n'est donc pas en une ou deux saisons que nous pourrions montrer un résultat certain et tangible mais seulement au bout de plusieurs années. Ces expériences doivent être continuées méthodiquement.

Si nous comparons les quelques centaines de mille francs qu'elles nous coûtent vis-à-vis des 15 millions de perte par an dans le seul Beaujolais, si nous avons la perspective d'économiser seulement la moitié de cette perte, nous pouvons affirmer que c'est de l'argent bien placé.

C'est par le concours de tous, agriculteurs, aviation, départements et communes, concours qui doit persévérer malgré tous les succès inévitables que nous pourrions rencontrer, que nous arriverons enfin à vaincre ce fléau et à assurer la sécurité de nos récoltes ".

Colonel R U B Y

Septembre 1937.

Notes diverses.

A l'occasion de la visite de l'Institut par le Conseil de Gérance de Radio-Strasbourg, une exposition rétrospective de divers dispositifs d'oscillations électriques et de T.S.F. a été installée et ouverte aux personnes qui s'intéressaient à ces questions d'histoire scientifique, dans la salle de cours de l'Institut du 4 - 6 mai 1938.

oooooooooooo

M. le Curé Elsaesser a reçu la Croix d'Officier de l'Instruction Publique au titre de collaborateur de l'Institut de Physique du Globe.

Cotisations 1937 et 1938.

Nous nous permettons de rappeler aux membres de " Géophyse " que les cotisations pour 1938 sont toujours reçues par notre Trésorier; ceux d'entre nous qui n'ont pas encore acquitté leurs droits pour 1938, sont priés de bien vouloir le faire sans délai.

Nous rappelons que le taux de la cotisation est fixé par les statuts comme suit :

pour les membres actifs	Frs 15.--
pour les membres à vie	" 200.--
payables en 4 annuités de	" 50.--