

ESSAI DE PLUIE PROVOQUÉE

PAR

H. SALLENAVE

Ingénieur en Chef G.R.E.F.
Mont-de-Marsan (Landes)

Le potentiel de production d'une forêt dépend avant tout des conditions de sol et de climat.

Depuis un certain nombre d'années déjà, les Forestiers ont essayé d'agir sur le seul facteur qui paraissait accessible: le sol, grâce à des interventions mécaniques et des façons culturales plus ou moins poussées, et à l'utilisation des amendements et des engrais.

C'est un des domaines où la technique forestière a fait le plus de progrès et où elle en fera certainement beaucoup d'autres tant les sujets d'études sont nombreux, alors que l'on commence seulement à en explorer certains.

Mais il semble bien, du moins à notre connaissance, que rien n'avait été essayé pour améliorer les conditions du climat au moins sur une assez vaste échelle. Or, lorsqu'on examine les différents indices climatiques utilisés habituellement en écologie forestière pour connaître les possibilités d'une station, qu'il s'agisse du quotient pluviothermique d'EMBERGER, de l'indice d'aridité de de MARTONNE, de l'indice C.V.P. de PATERSON, on constate que les fractions qui permettent de calculer ces indices contiennent toutes au numérateur un facteur P qui est la pluviosité moyenne annuelle.

L'augmentation de ce facteur entraîne une amélioration des différents indices, donc une amélioration de la productivité.

Cette augmentation peut présenter un autre intérêt dans les régions où les feux de forêts sont à craindre, surtout si elle porte sur les précipitations printanières, estivales ou automnales.

**

C'est en 1964 que la Société « Les Papeteries de Gascogne » a décidé de faire le point sur la pluie provoquée, en finançant une expérimentation et elle a chargé son Bureau de Coopération Forestière de promouvoir une réalisation concrète.

Connaissant l'activité manifestée dans le Sud-Ouest de la France par l'Association d'Etudes des Moyens de Lutte contre les Fléaux

Atmosphériques*, nous avons pris contact avec son animateur, M. le Professeur Henri DESSENS, Directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme et titulaire de la Chaire de Physique du Globe à l'Université de Toulouse, auprès de qui nous avons trouvé un accueil extrêmement bienveillant et compréhensif. C'est lui qui a implanté et dirigé le dispositif d'études et ce sont ses Services qui ont établi les cartes de pluies.

Notre propos est de relater sommairement l'expérimentation mise en place et d'en donner les premiers résultats après deux années de fonctionnement. Nos compétences en matière de physique des nuages étant des plus réduites, nous nous excusons par avance des lacunes que pourrait contenir notre exposé.

*
**

I. — Campagnes de prévention contre la grêle

Depuis 1951, l'Association d'études des moyens de lutte contre les fléaux atmosphériques a procédé à des essais de prévention de la grêle.

Ces essais sont basés sur l'émission, par des appareils au sol, de grandes quantités de noyaux glaçogènes d'iodure d'argent (Ag I) qui doivent empêcher la formation de grelons (voir annexe 1).

C'est la méthode indirecte de lutte : on cherche à modifier les orages de façon qu'ils ne deviennent pas des orages à grêle. On apprécie les résultats de la méthode, par de longues campagnes d'ensemencement et une évaluation statistique de l'influence éventuelle de ces ensemencements.

Il existe aussi une méthode directe de lutte : ensemencement par avion ou fusée. Cette méthode n'a pas été retenue par l'Association pour diverses raisons (1).

Le dispositif de l'année 1963, en fonction duquel l'expérimentation de Mimizan a été étudiée, comportait 138 stations (voir carte n° 1).

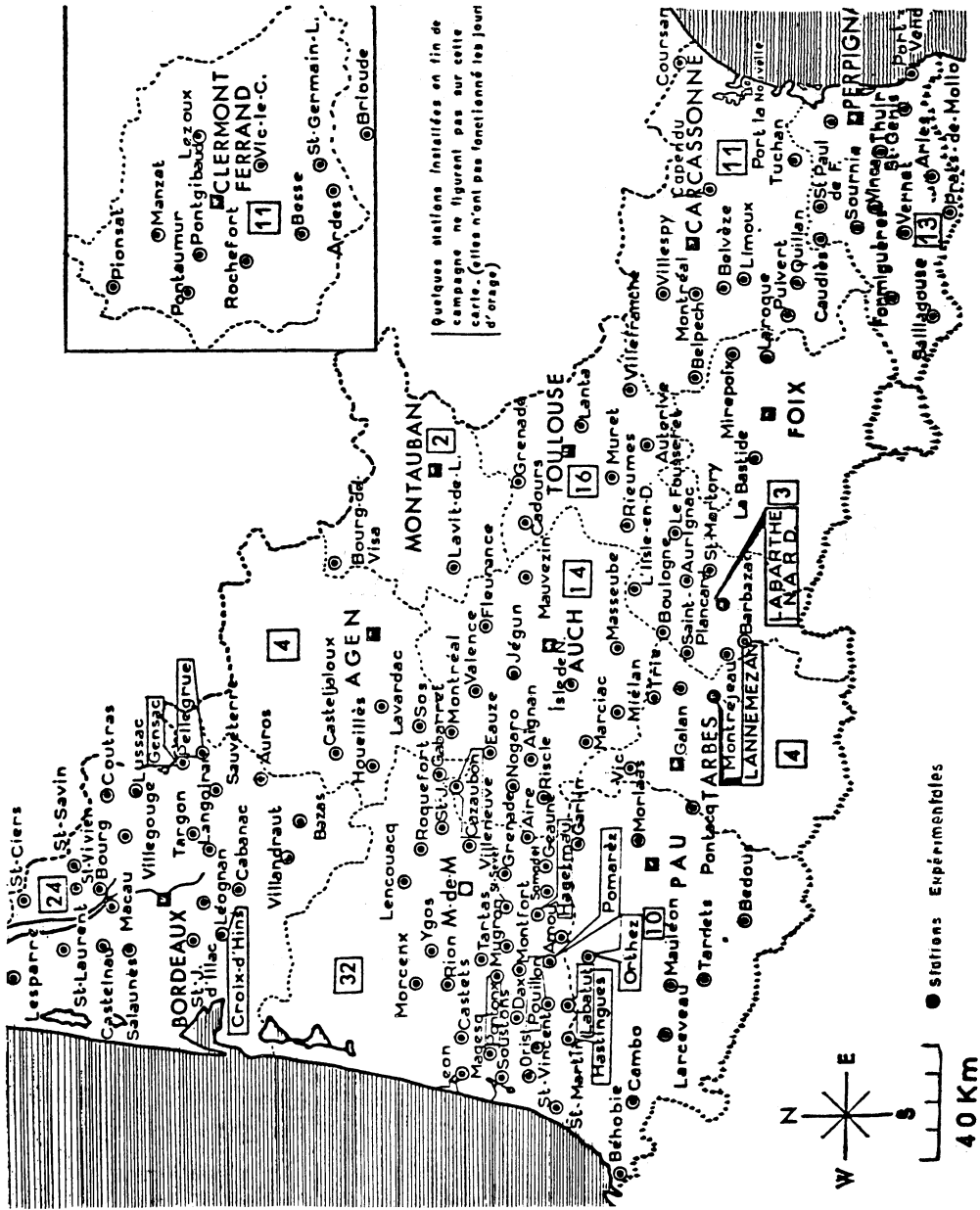
Les plus méridionales en Gironde étaient : Saint-Jean-d'Illac, Croix d'Hins, Villandraut, Bazas.

Les plus septentrionales dans les Landes : Leon, Castets, Morcenx, Lencouacq.

Les deux lignes nord et sud ainsi jalonnées se rejoignent à Houeilles, dans le Lot-et-Garonne, sensiblement à l'extrémité Est du massif forestier gascon. On peut remarquer que la majeure partie de ce massif ne comporte pas de station d'émission. Il s'agit,

* Siège : Hôtel de la Préfecture de la Haute-Garonne, place Saint-Etienne, à Toulouse.

CARTE GENERALE DES STATIONS D'EMISSIONS - 1963



en gros, d'un triangle dont la base est la côte atlantique sur 120 kilomètres (Lacanau-Leon) et la hauteur 110 kilomètres (Mimizan-Houilles).

A la veille de l'expérience de Mimizan, l'Association notait un supplément pluviométrique, sous le vent du réseau de générateurs, de 18 % (Supplément par rapport aux précipitations attendues, compte tenu de la pluviométrie moyenne des saisons printemps-été en France*). Des résultats semblables étaient enregistrés à la même époque en Calabre.

*
**

II. — Expérience de Mimizan

Il s'agissait de procéder à des ensemencements à partir d'un site unique, comme on l'avait fait au Japon, où on avait noté, sur l'aire étudiée, une augmentation de précipitations d'environ 50 % et sur une petite zone de cette aire, un supplément atteignant 200 % des précipitations attendues.

Un générateur à vortex (voir annexe 2) a donc été installé à Mimizan, à proximité immédiate du laboratoire des Papeteries de Gascogne, travaillant sous les ordres du Professeur DESSENS.

Les contrôles devaient prendre comme base les données du réseau officiel climatologique français, mais après une année de fonctionnement, et pour mieux contrôler le phénomène, six pluviomètres ont été installés dans le secteur plus particulièrement intéressé par l'expérience.

Les dépouillements des données météorologiques et les recherches statistiques correspondantes devaient être réalisées, soit par l'Observatoire du Puy-de-Dôme, soit par un service spécialisé de la Chaire de Physique du Globe de la Faculté des Sciences de Toulouse.

*
**

III. — Résultats obtenus

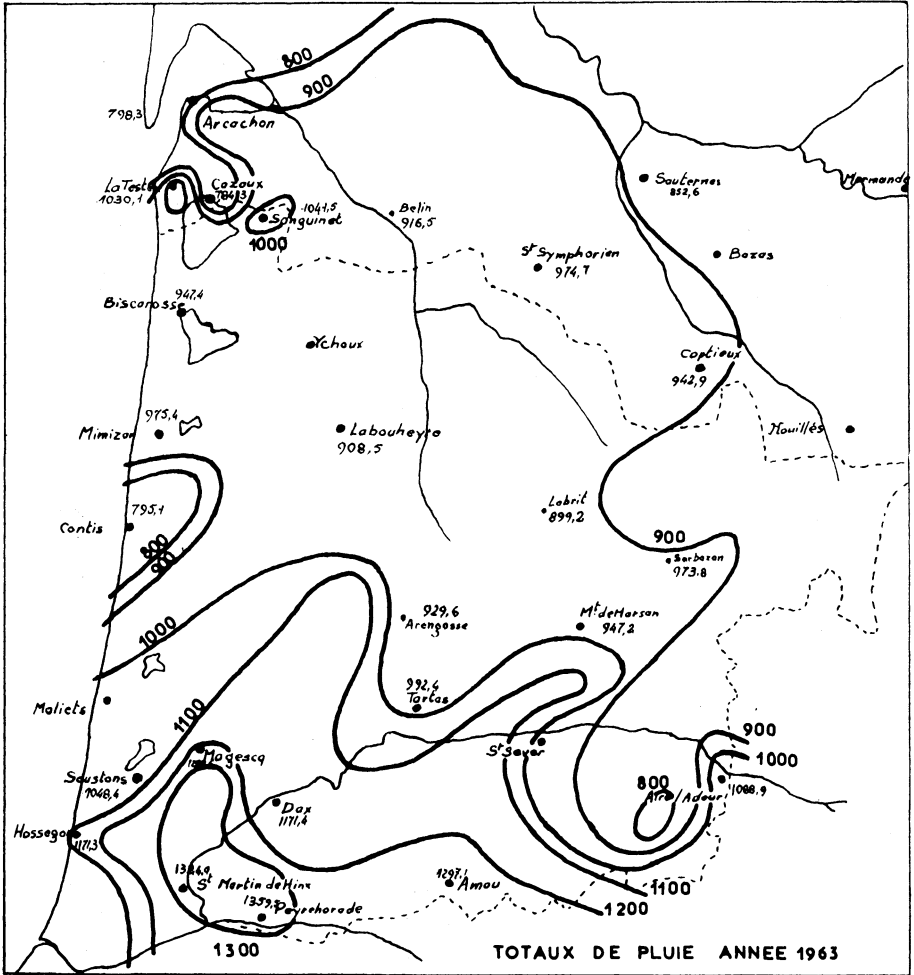
Ces résultats sont schématisés sur les cartes jointes.

— Tout d'abord (numéros 2 et 3) les cartes des totaux de pluies pour 1963 et 1964, c'est-à-dire pour les deux années qui ont précédé l'expérience de Mimizan. A noter qu'au cours de ces deux années, le réseau d'émetteurs de l'Association d'Etudes a fonctionné d'avril à octobre.

— Ensuite (numéros 4 et 5) les cartes des totaux de pluies pour 1965 et 1966, années au cours desquelles des émissions ponctuelles d'iodure d'argent ont été réalisées à partir de Mimizan.

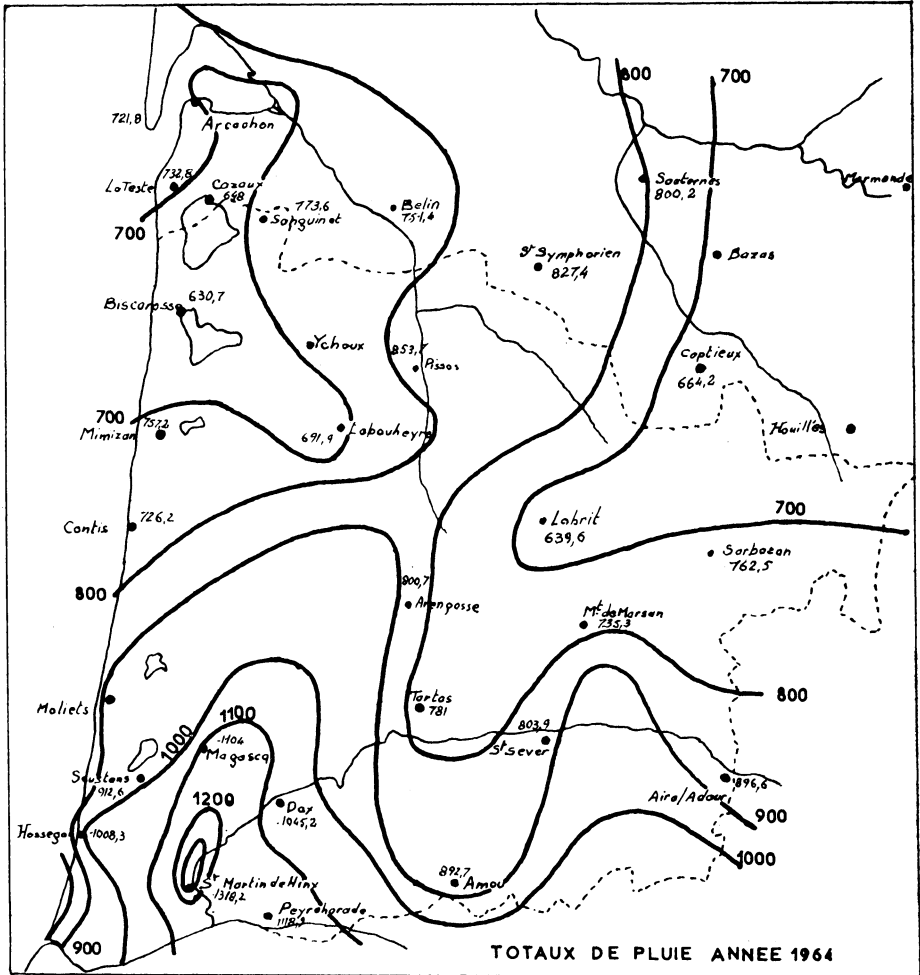
* Les émissions ont lieu d'avril à octobre.

CARTE N°2



TOTAUX DE PLUIE ANNEE 1963

CARTE N° 3



1° *Années 1963 et 1964.*

Les deux cartes présentent de nombreuses similitudes, 1963 étant sensiblement plus arrosée que 1964.

En 1963.

La région qui nous intéresse a reçu de 750 à 1 000 millimètres de pluie et une très importante surface du massif forestier se trouve entre les isohyètes 900 et 1 000.

A noter :

— deux secteurs plus secs, en bordure de la côte atlantique (moins de 800 mm) : le Bassin d'Arcachon et Contis-Saint-Julien-en-Born.

— un secteur plus humide, au sud du département des Landes, avec un noyau de pluies dépassant largement 1 300 mm (Axe Magsecq - Saint-Martin-de-Hinx - Peyrehorade).

En 1964.

La région qui nous intéresse a reçu de 630 à 900 millimètres.

Le secteur le plus sec est plus étendu qu'en 1963. Il va d'une ligne Arcachon-Contis sur la côte, à une ligne Belin-Pissos. On le retrouve ensuite, plus à l'Est, à partir d'une ligne Labrit-Mont-de-Marsan.

Le secteur humide Sud est sensiblement implanté comme en 1963, avec encore un noyau, mais très peu étendu cette fois, qui dépasse 1 300 mm.

On peut dire qu'au cours des années 1963 et 1964, la région matérialisée par les points Mimizan-Ychoux-Saint-Symphorien n'a présenté aucune particularité remarquable.

2° *Années 1965 et 1966.*

L'année impaire a été la plus arrosée.

On peut faire trois remarques d'ordre général :

— le secteur plus sec que la moyenne se retrouve, comme en 1963-1964,

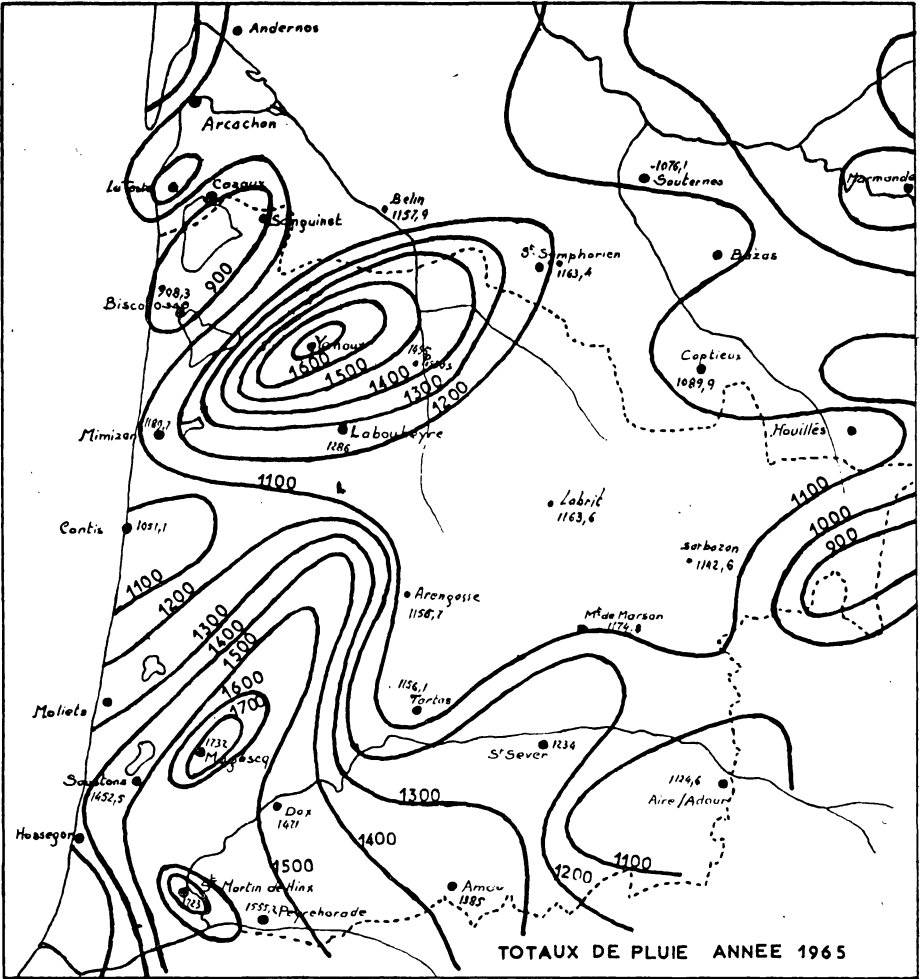
— le secteur plus humide Sud est toujours bien marqué,

— un nouveau panache excédentaire se manifeste au Nord-Est de Mimizan.

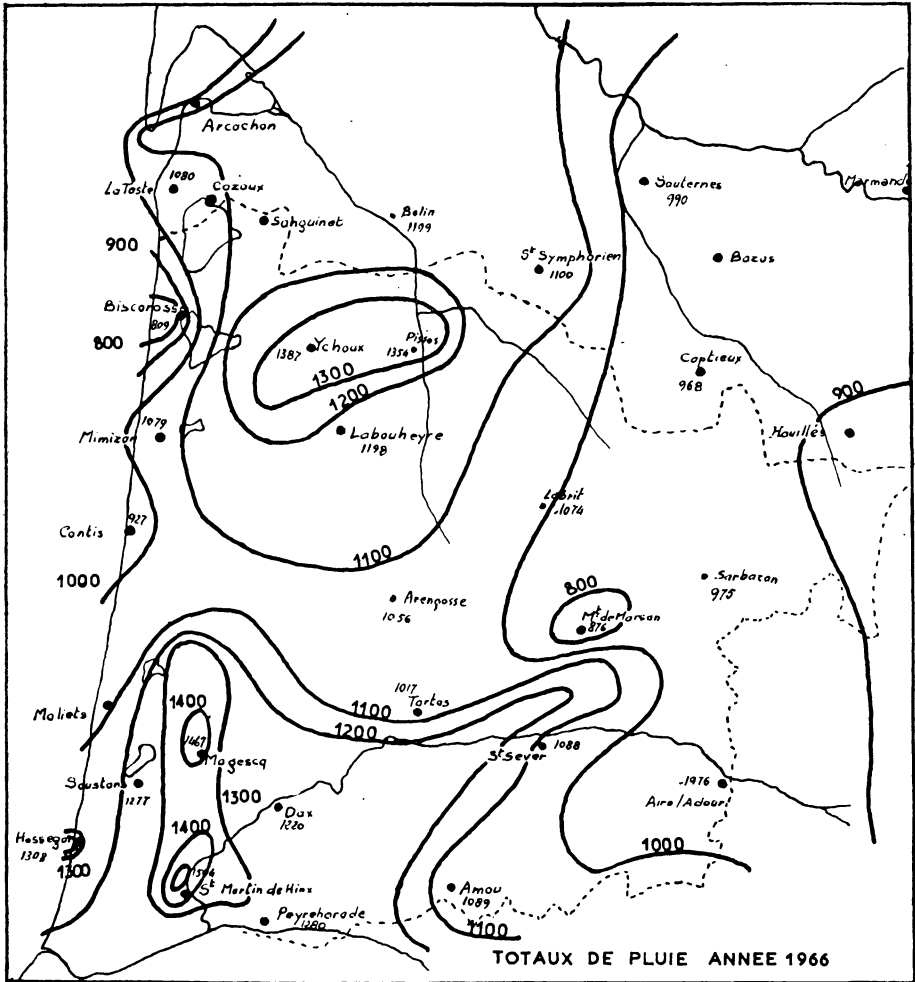
« Le fait nouveau* est qu'un générateur d'iodure d'argent au sol, placé à Mimizan (Landes) émettant presque en permanence, a produit un panache excédentaire sous le vent dominant (W-S-W) du générateur. La station d'Ychoux (26 km au N.-E. de Mimizan)

* Conférence du Professeur H. DESSENS à La Havane (1966).

CARTE N°4



CARTE N°5



a enregistré le maximum de précipitations pour 1965 (1 750 mm) dans le Bassin aquitain. L'excédent atteint 50 %, le fond pluviométrique régional étant aux environs de 1 100 mm. Ce résultat confirme les données recueillies à Lukolela (Congo-Léopoldville) et surtout celles, mieux contrôlées, enregistrées par Isono au Japon. »

1965.

La région forestière se trouve entre les isohyètes 1 100 et 1 200. En moyenne 1 150 mm.

Le secteur sec comprend trois zones, d'assez faible étendue, du nord au sud :

- une partie du Bassin d'Arcachon,
- la zone Biscarrosse-Sanguinet,
- la zone Contis-Saint-Julien-en-Born.

Le secteur humide sud se retrouve, avec une implantation très voisine de celle des années précédentes (deux noyaux supérieurs à 1 700 mm).

Le fait nouveau est le panache excédentaire, de forme grossièrement elliptique, qui apparaît au nord du département des Landes et déborde légèrement sur le département de la Gironde.

Le grand axe de l'ellipse est sensiblement la ligne Mimizan-Ychoux-Symphorien. Il correspond rigoureusement avec la direction moyenne des vents dominants de l'année 1965.

Le tableau ci-dessous donne un certain nombre de renseignements :

caractéristiques du panache				Supplément de pluviosité: %
Isohyète mm	Grand axe km	Petit axe km	Surface ha	
1.200	63	28	130.000	8,7
1.300	50	22	85.000	17,4
1.400	41	18	57.000	26.
1.500	30	13	30.000	34,7
1.600	22	8	13.000	43,4
1.700	9	4	2.800	52,1

Entre deux stations aussi rapprochées qu'Ychoux et Labouheyre (13 km), la différence annuelle atteint 468 millimètres.

Entre Ychoux et Biscarrosse (20 km), on arrive à 846 mm. Les années précédentes, les différences entre ces trois communes se situent autour de 100 millimètres.

1966.

La région forestière se trouve entre les isohyètes 1 000 et 1 100.

Le secteur sec comprend les trois zones déjà notées en 1965.

Le secteur humide Sud conserve son implantation habituelle.

Le panache excédentaire de la région de la Haute-Lande se retrouve, mais moins important que l'année précédente. Le grand axe de l'ellipse passe toujours par Mimizan.

caractéristiques du panache				Supplément de pluviosité: %
Isohyète mm	Grand axe km	Petit axe km	Surface ha	
1.200	38	21	60.000	19.
1.300	31	11	25.000	28,5
YCHOUX 1.387				32.

Les comparaisons, faites l'année précédente, donnent pour 1966:
Ychoux-Labouheyre 13 km 189 mm (au lieu de 468)
Ychoux-Biscarrosse 20 km 518 mm (au lieu de 846)

Sans être aussi importants qu'en 1965, les résultats sont encore satisfaisants, puisqu'avec un seul générateur la pluviosité est augmentée de 20 % environ sur 60 000 hectares, et de 28 % sur 25 000 hectares.

*
**

IV. — Conclusions

Il ne s'agit pas, pour nous, de tirer une conclusion définitive d'une expérience dont la durée relative est assez restreinte, mais de noter simplement les résultats obtenus.

Pour le spécialiste qu'est le Professeur DESSENS « l'effet est en évidence » et les résultats sont satisfaisants. « Nous avons obtenu un noyau de pluie qui n'existait pas antérieurement avec un total supérieur à celui des autres années dans le secteur N.-E. de Mimizan. »

Selon les observations recueillies en France (2), H. DESSENS estime que les conditions favorables à une augmentation des précipitations par ensemencement se produisent en un lieu donné un peu moins de 100 heures par an (50 heures étant l'ordre de grandeur le plus probable). Comme on ne peut pas prévoir à l'avance les moments favorables, la seule méthode, selon lui, est d'ensemencer en permanence, ce qui n'est réalisable qu'avec un générateur au sol.

Disons pour terminer et pour donner une idée du coût du fonctionnement d'un générateur à iodure d'argent, que les Papeteries de Gascogne ont affecté une personne de leur laboratoire à ce service discontinu. Les frais de produit chimique peuvent être chiffrés à 5 Fr par heure d'émission.

*
**

Du 8 au 23 septembre 1967, l'Association Internationale de Météorologie et de Physique Atmosphérique a organisé à Lannemezan,

au Centre de Recherches Atmosphériques de Campistrous, un meeting de comparaison des générateurs et des compteurs de noyaux de condensation et de noyaux glaçogènes.

Notre conclusion sera le communiqué à la Presse rédigé à l'occasion de ce meeting :

« Cette réunion de travaux pratiques risque de rapprocher l'homme de la maîtrise des climats : après avoir comparé des techniques et des appareils utilisés jusqu'à présent un peu au hasard dans le monde, on pourra instituer à l'échelle de la planète, tout d'abord un réseau de mesures de la concentration des divers noyaux dans l'atmosphère, et peut-être ensuite un réseau de générateurs de noyaux producteurs de pluie. »

Encore des perspectives étonnantes dans une époque fertile en découvertes et réalisations remarquables.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 — Voir Bulletin n° 15 de l'Association d'Etudes des Moyens de Lutte contre les Fléaux atmosphériques.
 - 2 — Journal de recherches atmosphériques, octobre-décembre 1965, n° 4.
-

ANNEXE 1

Processus d'insémination des nuages par l'iodure d'argent

Les nuages, sous nos latitudes, sont constitués principalement de gouttelettes; le nombre des gouttelettes est de l'ordre de 500 000 par litre et leur diamètre de l'ordre du centième de millimètre. Ce n'est qu'au-dessous de -35°C qu'on assiste à une brusque augmentation du nombre des cristaux, qui approche de 1 000 par litre. Il est probable qu'au-dessus de ce niveau, toutes les gouttelettes « surfondues » disparaissent: les 1 000 gouttelettes forment des cristaux; les autres gouttelettes surfondues ne peuvent pas subsister avec des cristaux à leur voisinage, car la tension de vapeur en équilibre avec les cristaux est plus faible que la tension de vapeur en équilibre avec les gouttelettes surfondues. Comme conséquence de cette loi physique, les gouttelettes s'évaporent et la vapeur se dépose sur les cristaux; les cristaux grossissent et deviennent sensibles à l'attraction terrestre: il se fait une précipitation, les cristaux étant susceptibles de fondre avant d'atteindre le sol.

Souvent, les nuages ne peuvent pas atteindre le niveau critique -35°C : il y aura seulement croissance de quelques cristaux de glace à partir de particules glacées tombant des cirrus, et de noyaux glaçogènes en petit nombre (1 à 10 par litre); quelques gouttes arriveront au sol, ou de la bruine.

En 1947, Bernard VONNEGUT avait trouvé le moyen d'ensemencer un nuage surfondu sans particules glacées; en dispersant dans le nuage de minuscules particules d'iodure d'argent, on obtient la glaciation sur des gouttelettes à peu près comme elle se produirait sur des germes de glace. Bien que l'explication ne soit pas encore assurée aujourd'hui en toute rigueur, on a supposé qu'en présence de cristaux très peu solubles, dont le système et les mailles sont très voisins de ceux de la glace, les molécules d'eau, abusées par la ressemblance, se « déposent » sur les particules d'iodure d'argent. Pour une raison inconnue, le seuil d'efficacité de ces particules se situe vers -4°C , et non à 0°C .

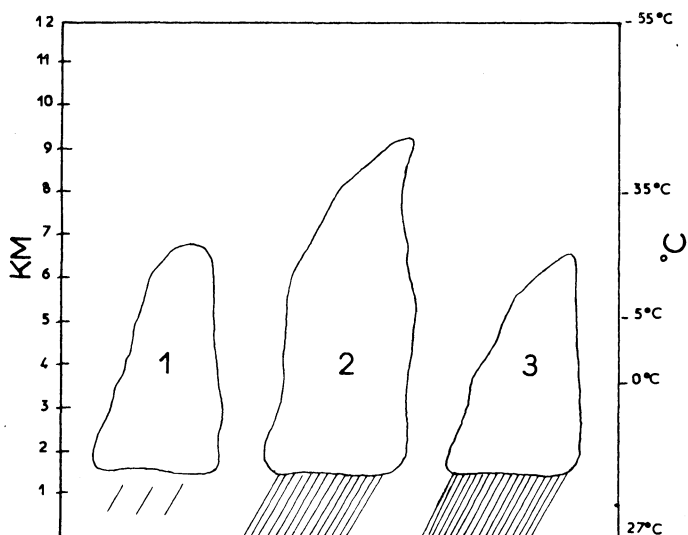
La commodité de l'emploi de l'iodure d'argent résulte du fait que l'ensemencement peut être réalisé à partir du sol, bien au-dessous de la base des nuages. De nombreuses expériences ont prouvé que, même émis dans ces conditions, l'iodure d'argent parvient dans la région surfonduée des nuages et s'y révèle efficace en provoquant des précipitations qui ne se produiraient pas au cours d'une évolution naturelle du nuage.

A Mimizan, le générateur à vortex disperse 3.10^{13} noyaux glaçogènes par seconde, ou si on préfère 5 000 milliards de noyaux par milligramme, ou encore plus de 20 000 milliards de noyaux par seconde.

Il est intéressant de comparer les résultats suivants:

- 1) — 1 000 — 10 000 noyaux glaçogènes artificiels par litre d'air.
- 2) — 1 — 10 noyaux glaçogènes naturels par litre d'air.

Et de conclure par cette comparaison.



- 1 — Nuage non ensemencé: faibles précipitations.
- 2 — Ensemencement naturel: fortes précipitations.
- 3 — Type de nuage soumis à des noyaux d'iodure d'argent: fortes précipitations.

Bordeaux, 18 juin 1957, 12 h.

ANNEXE 2

Générateur de noyaux glaçogènes - « Vortex »

Extrait du Bulletin n° 15 de l'Association d'Etudes des moyens de lutte contre les fléaux atmosphériques.

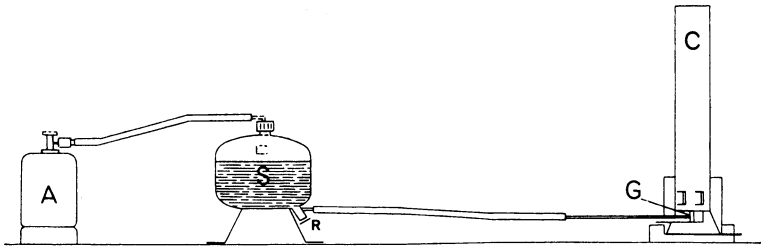
Le principe utilisé est celui de la fragmentation physique.

« Il faut chauffer l'iodure d'argent pour le vaporiser; la vapeur se refroidissant à l'air atmosphérique, se condense en minuscules noyaux glaçogènes dont le diamètre mesure entre le centième de micron et le dixième de micron. Le rendement de la fragmentation mécanique est de l'ordre du millionième du rendement de la fragmentation physique.

« Malheureusement l'iodure d'argent chauffé sous la pression atmosphérique se décompose bien au-dessous de son point d'ébullition (1 500°). Cette circonstance crée une difficulté car les propriétés glaçogènes de l'iode et de l'argent provenant de la décomposition sont, d'après les travaux poursuivis jusqu'ici, beaucoup plus faibles que celles de l'iodure d'argent. On a donc recherché à vaporiser l'iodure à température aussi basse que possible. Une

méthode consiste à diviser d'abord finement le produit sous la forme d'un nuage de gouttelettes de solution acétonique qu'on fait passer dans une flamme allongée et spiralée par un débit gazeux organisé en « vortex ».

Le vortex est un tourbillon stationnaire bien organisé. Le mode d'emploi du générateur est le suivant :



Le réservoir de solution S, en polyéthylène bardé de polyester, doit être placé aussi loin que possible de la cheminée. Pour mettre le générateur en service, remplir le réservoir de solution sans dépasser l'indication « maxi » de la jauge; *monter la pression dans la bouteille d'air comprimé A jusqu'à 3 kg, et pas davantage*; brancher le raccord de cette bouteille au réservoir de solution, ouvrir le robinet de la bouteille et régler le manodétendeur à 0,6 bar environ (600 g/cm²). Visser pour augmenter la pression.

Ouvrir le robinet R d'alimentation du gicleur, et, à moins que la tuyauterie ne soit remplie d'air (ceci se produit si le réservoir a été totalement vidé), allumer immédiatement en laissant tomber une allumette qui vient juste d'être frottée (ainsi l'allumette ne s'éteint pas pendant la chute. *Ne pas regarder dans la cheminée C, au cours de cette opération.*

Si la tuyauterie contient de l'air, il faut attendre que celui-ci s'évacue avant de jeter l'allumette; au son, on perçoit le moment où la solution arrive au gicleur.

Consommation de l'appareil: 1 litre par heure environ.