

POUVONS-NOUS CHANGER LE TEMPS ?

Une commission scientifique de haut vol affirme que si. Mais les résultats expérimentaux obtenus jusqu'à présent justifient-ils cet optimisme ? Beaucoup de savants prétendent que non.

Il y a tant de gens qui auraient voulu qu'on puisse changer le temps que, depuis dix-huit ans, on entend constamment affirmer que cela est possible.

En réalité, il n'y a aucune preuve indiscutable qu'on peut faire la pluie en semant des noyaux de condensation dans un journal.

Pourtant, une réunion des plus grands spécialistes de la météorologie et des climats de la National Academy of Science a conclu, après deux années de travaux très poussés, que la condensation artificielle des nuages est possible.

C'est à peu près la seule note optimiste dans le volumineux rapport en deux volumes.

« Ce rapport est un document curieux, a souligné la revue britannique *New Scientist*. En effet, ce rapport, dans l'ensemble très pessimiste, est accompagné de recommandations pour augmenter les crédits accordés aux organismes de moyens artificiels pour changer le temps.

« Depuis une dizaine d'années environ, affirme le rapport, de nouvelles perspectives modestes mais intéressantes sont apparues dans ce domaine. »

Ces perspectives sont, en effet, si modestes qu'elles échappent facilement au lecteur. Les nouveaux crédits demandés ne sont pour ainsi dire justifiés que par la conclusion de la commission que l'insémination des nuages augmente vraiment les précipitations à peu près de 10 %. Comme l'insémination est l'arme principale dans l'arsenal de la météorologie provoquée pour décharger les cyclones comme pour dissiper le brouillard, son efficacité démontrée ouvre toutes sortes de perspectives qui étaient autrefois du domaine de la fantaisie.

L'insémination ressemble à une prise de judo. L'énergie mise en œuvre dans les phénomènes météorologiques est telle — un simple orage d'été, par exemple, dispose d'une puissance égale au tiers des ressources d'énergie industrielle des Etats-Unis — qu'il n'est pas question de les attaquer de front. Les savants cherchent donc un point vulnérable où l'on peut obtenir des résultats importants avec des moyens modestes. Ce point faible a été découvert en 1933 par Tor Bergeron, un physicien suédois, mais ce n'est qu'en 1946 que Vincent Schaefer et Irving Langmuir, de la General Electric, ont trouvé un

moyen de l'attaquer, et ce n'est que très récemment qu'on a obtenu des résultats intéressants avec ce moyen.

Bergeron a expliqué comment se forme une goutte de pluie. L'air chaud et humide monte et se refroidit. A une température plus basse, l'air ne peut contenir la même quantité de vapeur d'eau. Quand le point de rosée est atteint, des gouttelettes se forment autour des grains de poussière. Un nuage se forme mais il ne contient pas encore de gouttes de pluie.

La chaleur libérée par la condensation fait monter l'air plus haut et la température baisse encore. Quand la température descend au-dessous du point de congélation, les gouttelettes se solidifient autour de nouvelles particules de poussières. Les gouttelettes en surfusion qui se trouvent à côté des cristaux de glace s'évaporent et se recondensent sur les surfaces des cristaux. Au bout d'un certain temps, les cristaux sont assez gros pour descendre et traversent un air plus chaud où ils fondent pour former des gouttes de pluie.

Les noyaux de condensation autour desquels se forment les gouttelettes d'eau et les cristaux de glace sont en général des poussières volcaniques, des particules de sel marin, de la poussière soulevée par le vent, des spores, du pollen et la fumée des incendies. Il y en a toujours assez pour la formation des gouttelettes. Les noyaux qui peuvent former des cristaux de glace sont mille fois moins nombreux. Si les cristaux sont absents, une gouttelette peut rester à l'état liquide jusqu'à -40°C . A cette température, elle gèle d'elle-même, sans transfert. Schaefer et Langmuir ont eu l'idée de remplacer les cristaux qui manquent avec de la neige carbonique ou des cristaux d'iodure d'argent.

C'est le début de l'usine à pluie. Sur le littoral occidental des Etats-Unis, on a fait de nombreux essais pour obtenir des précipitations plus abondantes des masses d'air qui, venant du Pacifique, gravissent les montagnes de l'Ouest en hiver et laissent tomber la neige dont la fonte permet d'irriguer les terres et d'alimenter les centrales hydroélectriques pendant toute l'année. Les résultats donnés pour 1957 indiquant un gain de 10 à 15 % en précipitations ont été discutés et de nouvelles expériences ont été faites pour les confirmer.

Normalement, ces nuages n'abandonnent que 20 à 30 % de leur humidité. Les cumulus, les nuages blancs boursoufflés, sont une cible encore plus tentante, car ils ne donnent que 10 % en précipitations. La commission se contente de dire que le programme White Top de l'Université de Chicago, dans le sud du Missouri, a obtenu « des gains modestes en précipitations ».

Le déroulement des cyclones

A première vue, il semble que les cyclones sont les cibles les plus intéressantes. Ces ouragans de 1 000 km de diamètre se suivent en découvrant un arc qui va de l'ouest du Canada au nord-est des Etats-Unis en passant sur le centre des U.S.A. Ces cyclones donnent la plus grande partie des précipitations des régions qu'ils traversent. Mais on « suppose » qu'ils abandonnent de toutes façons presque la totalité de leur humidité, de sorte que tout ce qu'on peut faire, c'est en changer la distribution.

En partant de cette méthode pour provoquer les précipitations, on a imaginé toutes sortes d'applications possibles. Considérons par exemple la grêle. Un cumulus de beau temps se transforme en cumulonimbus orageux sous l'effet de la convection. Des cristaux de glace se forment, grossissent et commencent à tomber, mais de puissants courants ascendants les font remonter dans les couches froides où règne la surfusion. Ce mouvement se répète un certain nombre de fois, et chaque fois une nouvelle couche de

glace se forme jusqu'au moment où le grêlon est assez lourd pour tomber vers le sol.

L'insémination de la grêle est pleine de risques

S'il existe en dessus des courants d'air très rapides, le dessus du nuage est emporté au fur et à mesure qu'il se forme. Au lieu de se décharger rapidement sur place sous forme d'orage, le cumulonimbus se transforme alors en usine à grêle et les grêlons tombent sur une zone allongée de 150 km ou plus.

La lutte contre la grêle part du principe que l'insémination multiplie les grêlons qui sont alors plus petits et font moins de dégâts. En France, on a fait des essais pendant quinze ans. En 1959, les gens qui appliquent ce programme ont souligné que les indemnités payées par les assurances pour les dégâts causés par la grêle dans la région intéressée ont été inférieures à la moyenne pour toutes ces années sauf une.

Mais une source extérieure a découvert que les dégâts ont presque constamment augmenté dans la région où se font les essais par rapport aux régions voisines.

De même, un programme de lutte contre la grêle appliquée en Argentine a réduit de 70 % les dégâts causés par une espèce d'orage de grêle, mais a doublé les dégâts d'une autre espèce.

« C'est en Russie qu'on manifeste le plus d'enthousiasme, a constaté la commission. On y suit au radar des objets qui montent

L'INSEMINATION FAIT EXPLOSER UN NUAGE

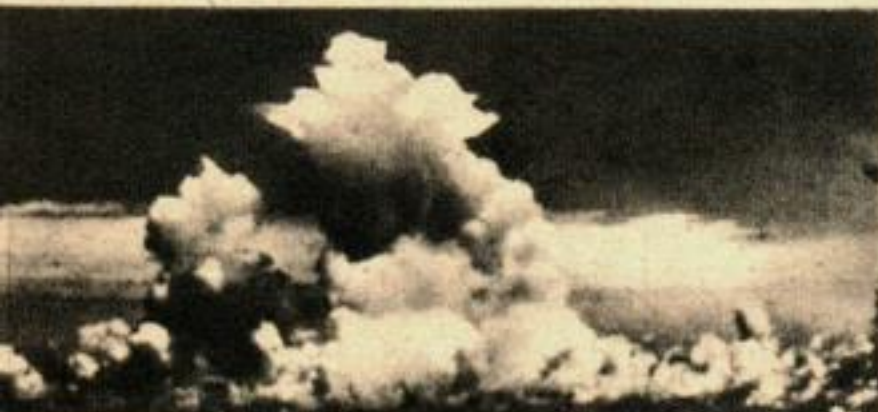
L'insémination à l'iodure d'argent peut agir sur la formation d'un nuage, comme on voit dans cette expérience.



1. Le cumulus après l'insémination.



2. 9 mn plus tard, l'expansion commence.



3. En 19 mn, la forme du nuage a changé.



4. En 38 mn, le nuage a « explosé ».

dans les nuages. Puis on tire des obus d'artillerie chargés d'iodure d'argent sur la partie où les courants ascendants sont les plus forts. Ces tirs ne sont pas exécutés d'une manière qui permet un contrôle scientifique, mais les Russes estiment qu'ils obtiennent ainsi de « très bons résultats ».

Aux Etats-Unis, les ouragans causent des soucis plus graves. Ils prennent naissance dans la zone tropicale de l'Atlantique et dans la mer des Antilles, où ils tirent leur énergie de la surface chauffée de l'eau. Quand ils se produisent, les vents violents décapitent les grandes vagues, et on ne sait plus où l'air se sépare de l'eau. Ce mélange active le transfert de chaleur vers l'ouragan. On ne sait pas très bien comment débute ce phénomène.

« Quand on signale qu'un cyclone s'approche des côtes américaines, à la portée des avions de reconnaissance, c'est un monstre rugissant », lit-on dans le rapport.

Même à ce moment-là, les couches moyennes qui sont les plus accessibles sont les moins importantes. Ce qu'il faudrait, dit le rapport, c'est un satellite stationnaire en dessus pour nous donner un film de l'évolution complète de l'ouragan et un sous-marin pour prendre la température de l'eau en surface et en profondeur.

On a mis à l'épreuve une théorie d'avortement d'ouragan sur deux cyclones, dans le cadre du programme Stormfury. On pensait qu'en ensemençant les nuages qui entourent l'œil, on pourrait détraquer le phénomène et réduire la vitesse du vent. En effet, on a constaté sur le cyclone Esther en 1961, et sur le cyclone Beulah en 1963, une réduction de 10 % de la vitesse du vent, mais il s'agit peut-être de vibrations normales. Le rapport ajoute : « On arrivera peut-être un jour à contrôler ce phénomène, mais il faut d'abord le comprendre. »

En ce qui concerne les « tornados », on sait vraiment très peu de choses d'après le rapport. Ces trombes apparaissent brusquement sur les Grandes Plaines du centre des Etats-Unis. En avril, en mai et en juin, lorsque les masses d'air froides et sèches qui viennent du Nord soulèvent les masses d'air chaudes et humides qui viennent du golfe du Mexique.

Ces trombes traversent le Texas, l'Oklahoma, le Kansas et le Missouri qui forment la « galerie des tornados ». Une trombe moyenne dégage une énergie équivalant à l'explosion de 20 t de TNP par seconde. On a encore un vague espoir de pouvoir faire avorter ce phénomène, en se basant sur la théorie du Dr Bernard Vonnegut que la foudre joue un rôle dans la naissance d'une trombe.

L'avortement de la foudre

On ne fait rien encore pour faire avorter les tornados, mais on fait bien quelque chose pour essayer d'empêcher la foudre.

Dans les Etats de l'ouest des U.S.A., la foudre provoque chaque année à peu près 10 000 incendies. Cela a décidé le service forestier américain à entreprendre le programme Skyfire, où les nuages sont ensemençés pour augmenter le nombre de cristaux de glace.

Ces cristaux doivent jouer le rôle de paratonnerres, en dispersant les charges électriques pour les empêcher de s'accumuler et de se décharger d'un seul coup. Au cours d'un essai de deux ans dans le Montana, il semble que les décharges de foudre entre les nuages et le sol ont diminué de 38 %. Mais il se pourrait aussi que si les décharges sont plus rares, elles soient plus intenses, donc plus susceptibles de provoquer un incendie. Il est également possible, d'après la théorie de la formation des charges, que l'insémination augmente la foudre.

En dehors de son rôle possible dans la formation des trombes, la décharge peut avoir un effet sur les précipitations. On a souvent remarqué de fortes précipitations après une décharge de foudre.

Des essais de laboratoire ont révélé qu'un champ électrique favorise la réunion des gouttelettes dans un jet de fines gouttelettes. Mais on n'a trouvé encore aucun moyen pratique d'utiliser ces phénomènes en contre-météorologie.

Les gouttes de pluie sont chargées par les ions

Au cours d'une expérience, un avion a traversé un nuage en remorquant un fil parcouru par un courant alternatif de haute tension : d'après l'auteur de l'idée, le courant alternatif laisserait derrière l'avion une traînée formée de tronçons positifs et d'ions négatifs alternés. Les ions se déposeraient sur les gouttes de pluie et les chargeraient. Ces gouttes seraient alors attirées l'une vers l'autre et formeraient des gouttes plus grosses qui tomberaient. D'autres ont tendu des fils électriques sur le sol dans l'espoir que les ions seraient emportés par les courants ascendants dans les nuages. La ville de New York — qui souffre d'une pénurie d'eau terrible — a envoyé l'été dernier une mission en Californie pour observer une expérience de ce genre. Un des membres de la mission a attrapé un coup de soleil. Bien entendu, même avec des ions, on n'a pu faire la pluie dans le ciel sans nuages de la Californie. Mais même quand les conditions sont les plus favorables, aucune expérience avec les ions n'a donné de résultats intéressants en dehors des laboratoires.

La dissipation du brouillard

On a également utilisé le fil sous tension pour essayer de condenser le brouillard pour le faire tomber vers le soleil. Les Japonais ont obtenu de meilleurs résultats avec un

brouillard peu épais en projetant des gouttelettes d'eau.

Les Japonais ont également planté des arbres pour dissiper le brouillard le long des côtes où les courants froids favorisent la formation du brouillard. Au Chili, on utilise des fils de nylon tendus sur des cadres de bois pour condenser le brouillard et utiliser l'eau condensée pour l'irrigation. Le service de la circulation routière du New Jersey (U.S.A.) a repris cette idée en montant des cadres tournant sur un camion pour dissiper le brouillard sur les routes. Mais la méthode la plus efficace quoique très coûteuse reste celle utilisée pendant la dernière guerre pour dissiper le brouillard sur les aérodromes, à l'aide de rangées de flammes alimentées au mazout.

Ce qui rend le brouillard chaud ou brume sèche si difficile à dissiper c'est qu'il n'a pas de point faible ; il est très stable et ne se condense pas facilement.

Le brouillard froid est un autre genre. Comme un vrai nuage, il est en surfusion, donc vulnérable à l'insémination. Sur les aérodromes, on le dissipe régulièrement avec de la neige carbonique.

Le rapport parle rarement de succès de ce genre. Dans l'ensemble, il maintient une grande réserve, sans doute pour réagir contre l'optimisme excessif des années précédentes. Mais il réserve son dédain pour les changements de climat. Il qualifie d'utopies des projets comme celui de barrer le détroit de Bering et pomper l'eau de l'océan Arctique, ou de répandre du poussier de charbon sur le Groënland pour faire fondre la glace.

Ce qui semble plus pratique que ces projets colossaux, c'est de profiter de l'oscillation apparente du temps entre les fronts froids et les fronts chauds, étudiée par la National Science Foundation. Si on arrive à renforcer certains phénomènes par les interventions répétées en résonnance avec l'atmosphère, on pourrait, à la longue, obtenir des effets appréciables.

Du point de vue du rapport, les résultats obtenus par insémination sont à double tranchant. Il estime que toute tentative pour modifier la météorologie est redoutable si on n'est pas certain des résultats. Si on fait avorter les ouragans ordinaires, l'énergie accumulée dans les mers tropicales ne produira-t-elle pas des super-ouragans ?

« Même si nous ne sommes pas satisfaits des conditions météorologiques actuelles, il ne faut pas oublier que cela pourrait être bien pire, comme autrefois », souligne le rapport.

Il se peut qu'on ait déjà commencé sans le vouloir à changer le climat par la pollution. Les dizaines de milliers de tonnes de fumée qui se dégagent chaque jour de certaines cités et qui réduisent déjà d'un tiers la lumière solaire qui y parvient, peuvent aussi ensemençer des nuages. L'accroissement de la population, l'industrialisation et l'urbanisation aggravent rapidement le danger. Des

quantités bien plus petites de corps étrangers provenant des essais de bombe H et du passage des fusées peuvent transformer profondément la composition de la haute atmosphère.

Le rapport exprime autant de craintes pour la vie animale et végétale. Nous en savons assez sur un petit nombre d'espèces pour pouvoir prédire les effets qu'aurait sur elle, un changement de climat. L'étude des changements de climat passés montre qu'un changement de 1°5 à 2° C causerait dans une région donnée des changements d'importance numérique des espèces, mais quelques espèces seulement seraient éliminées. Si le changement est de 3°5 à 4°5 C, la région changera complètement de caractère : par exemple, les arbres à feuillage caduc remplaceront les arbres à feuillage persistant.

Aux Etats-Unis, beaucoup d'espèces sont cantonnées dans des régions entourées d'aménagements humains qu'elles ne peuvent franchir. Pour ces espèces, un grand changement de climat signifiera l'extermination. Mais même de petits changements peuvent avoir des effets néfastes sur les espèces qui sont habituées à un certain climat, estime le rapport.

Des prévisions mathématiques

Le rapport encourage donc les recherches pour découvrir les causes qui sont à l'origine des phénomènes météorologiques. On obtiendra ainsi de meilleurs résultats, tant du point de vue du rendement que du point de vue de la prévision précise. L'insémination est un moyen, mais il faut un cerveau pour la contrôler. Ce cerveau sera la prévision mathématique qui n'est rien de moins qu'un modèle mathématique de l'atmosphère terrestre. Voici comment cela fonctionne.

Le tableau actuel des conditions météorologiques, donné par le réseau de stations qui couvrent le globe ou l'hémisphère, est traduit en équations qui expriment les phénomènes de l'atmosphère. Ces équations sont introduites dans un ordinateur qui fait « évoluer » rapidement l'atmosphère mathématique pour la journée, la semaine ou le mois à venir.

Théoriquement, on voudrait pouvoir analyser dans l'ordinateur un plan de changement de climat pour voir quelles seront les conséquences. On pourrait aussi découvrir de nouveaux points critiques dans la constitution de l'atmosphère pour pouvoir les exploiter pour changer le temps.

En ce moment, trois nuages assombrissent ces belles perspectives.

La plupart des stations du réseau n'existent pas encore. Les équations sont inexactes. Les ordinateurs sont cent ou mille fois moins rapides.

Le rapport compte sur les dollars pour dissiper ces nuages. C'est le genre d'insémination que chacun de nous voudrait voir pleuvoir sur lui.