

CLIMATOLOGIE DES BONNES CONDITIONS METEOROLOGIQUES PROPICES A L'OBSERVATION ASTRONOMIQUE A L'OBSERVATOIRE DU PIC DU MIDI

A. BUCHER

Observatoire du Pic du Midi et de Toulouse

G. GAYRAUD

Météorologie nationale

AVANT - PROPOS

L'Observatoire du Pic-du-Midi a pour vocation première l'observation astronomique.

La pratique de cette activité scientifique ne peut évidemment se faire qu'avec de bonnes conditions météorologiques. On rappelle à ce sujet que depuis la fin du siècle dernier, des observations y sont régulièrement effectuées et cela, pratiquement sans interruption.

Nous nous sommes proposé d'étudier plus précisément les principaux paramètres conditionnels suivants :

- Faible nébulosité.
- Bonne visibilité.

Vent faible et stabilité verticale sont aussi nécessaires à l'obtention de bonnes images ; nous ne ferons cependant qu'en dire quelques mots pour des raisons que nous énoncerons plus tard.

Cette étude est d'un but essentiellement pratique, à l'usage des astronomes, leur permettant ainsi de choisir en connaissance de cause les moments d'observation les plus favorables aux mesures qu'ils se proposent de faire.

Au cours de la période étudiée qui va de 1951 à 1980, nous verrons l'évolution de certains seuils des paramètres énoncés, sans toutefois chercher à en donner d'explications. Nous nous limiterons donc à un travail purement statistique.

INTRODUCTION

Critique des données.

- Généralités

La période étudiée porte sur trente années consécutives d'observations météorologiques allant de 1951 à 1980.

Toutes les mesures sont faites de jour, entre 06 et 18 h T.U.

La continuité des données de nébulosité et de visibilité est bonne, à l'exception de trois années :

En 1958 et 1959 : sur les 24 mois d'observation de cette période, quinze ne comportent que quatre mesures tri-horaires par jour, trois n'ont aucune donnée et trois autres n'en possèdent qu'un nombre restreint, la station ayant été fermée pendant plusieurs semaines.

Durant le second semestre de l'année 1961, le service météorologique a aussi fonctionné de manière très irrégulière.

Les autres années ont aussi leurs interruptions temporaires (congés, grèves, maladie, relève impossible, etc...) mais leur distribution au cours du temps étant désorganisée, les résultats généraux n'en seront que peu altérés.

→ Encore faut-il penser
à la diffusion ...

Le tableau ci-dessous donne le pourcentage de jours de fermeture de la station météorologique, illustrant ainsi la valeur très acceptable de notre échantillon.

1951 : 25 %	1961 : 43 %	1971 : 1 %
52 : 0 %	62 : 16 %	72 : 8 %
53 : 0 %	63 : 1 %	73 : 8 %
54 : 8 %	64 : 0 %	74 : 28 %
55 : 1 %	65 : 1 %	75 : 20 %
56 : 0 %	66 : 1 %	76 : 12 %
57 : 0 %	67 : 1 %	77 : 9 %
58 : 14 %	68 : 5 %	78 : 11 %
59 : 33 %	69 : 0 %	79 : 14 %
60 : 1 %	70 : 2 %	80 : 8 %

La valeur moyenne des trente ans est de 9 %.

- Nébulosité (N)

Bien que subjectif, ce paramètre est en fait assez facile à estimer, même pour un observateur peu expérimenté. Durant la période étudiée, la nébulosité du ciel a toujours été chiffrée en octas, de 1 à 8/8 de ciel couvert. La continuité dans le temps et la pérennité de la méthode d'observation sont donc assurées.

Nous avons effectué le décompte des faibles nébulosités en choisissant pour seuil : $N \leq 1/8$. Ce seuil est arbitraire, certes, mais cependant bien représentatif du « beau temps astronomique ».

Toutes les observations tri-horaires de jour ont été utilisées dans le calcul des fréquences de faible couverture nuageuse $F(N)$. Ce calcul porte donc sur cinq observations journalières, en général, soit globalement, sur 50 332 données en trente ans.

- Visibilité horizontale (V)

La transparence de l'air se caractérise, en météorologie, par la mesure de la visibilité horizontale. Elle est fonction de l'humidité, voire de la nébulosité, de la pureté et de la stabilité de la couche traversée.

Au Pic du Midi, à près de trois mille mètres d'altitude, toutes les conditions favorables à une bonne transparence de l'air y sont accrues par rapport à la plaine :

- L'humidité y est plus faible à cause des basses températures ; on y trouve donc des tensions de vapeur peu élevées.

- La pureté de l'air ne fait aussi aucun doute. La gravité cantonne en effet toutes les particules lourdes dans les basses couches. A. Marengo (1981) écrit à ce sujet : « Le Pic du Midi est certainement l'un des sites les moins pollués d'Europe ». L'un de nous a aussi montré que l'origine des filets d'air passant sur le Pic du Midi, provenait en général d'un niveau supérieur à celui de la couche limite en plaine.

- La stabilité verticale y est aussi plus forte à cause de l'albédo du sol très élevé quand il est recouvert de neige, ce qui est le cas en moyenne neuf mois sur douze à proximité immédiate de l'Observatoire. L'absorption du rayonnement solaire par le sol et les couches atmosphériques avoisinantes y est donc relativement faible, diminuant ainsi l'ampleur de la convection par réchauffement diurne.

Le paramètre visibilité est cependant plus imprécis que la nébulosité quant à l'estimation de sa valeur. Cette dernière peut varier de 30 % d'un observateur à l'autre. L'absence de repères lointains dans certains secteurs peut inciter un observateur à ne pas chiffrer plus qu'il ne peut réellement constater.

Nous avons choisi trois seuils de visibilité :

$$V1 \geq 50 \text{ km. } V2 \geq 100 \text{ km. } V3 \geq 150 \text{ km.}$$

Pour les seuils $V2$ et $V3$, la pérennité des méthodes de mesure n'est pas assurée. En effet, jusqu'en 1961, les observateurs n'ont pas cru bon, semble-t-il, de différencier les visibilités au-delà de 70 à 80 km, ce qui rend le décompte des nombres de cas où $V \geq 100$ et $V \geq 150$ km impossible.

Les fréquences $F(V1)$, $F(V2)$ et $F(V3)$ seront calculées ici sur le nombre de jours où le phénomène a pu être observé soit 9 956 pour $F(V1)$.

Notons enfin que la visibilité horizontale peut être très différente de celle que l'on observerait suivant un axe oblique et, a fortiori au zénith.

NEBULOSITE

Etude des fréquences d'occurrence des observations tri-horaires de jour où la nébulosité a été faible.

Evolution par années, de 1951 à 1980.

La méthode utilisée a été celle des moyennes chevauchantes portant sur cinq années consécutives et dont la valeur centrale est portée en abscisse. En ordonnée figure le pourcentage d'observations avec $N \leq 1/8$, réellement rencontré (figure 1). Il est surprenant de constater un tel écart entre les valeurs extrêmes, supérieur à 50 % de la valeur maximale. Ainsi, le nombre de ciels peu nuageux en 1956 s'est trouvé réduit de moitié en 1960.

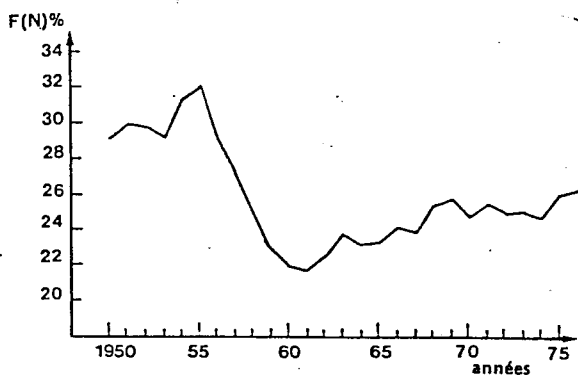


Figure 1

Deux périodes d'augmentation du nombre des cas sont bien distinctes. Le taux de croissance annuel est de l'ordre de 1 % du nombre total de mesures et ce, entre 1950 et 1955, et entre 1960 et 1978.

La courte période de diminution de la fréquence des ciels peu nuageux, entre 1955 et 1960 est encore plus rapide avec un taux de 2 % par an.

La moyenne 51 - 80 est de 26 %, valeur que nous sommes en train de largement dépasser depuis 1975 (écart type : 4,5 %).

Distribution annuelle.

La figure 2 représente cette répartition mois par mois. En ordonnée, on trouvera la fréquence moyenne mensuelle des trente ans.

- Trois groupes de valeurs peuvent être isolés :

- $F(N) < 20\%$: Avril, Mai, Juin.
- $29\% > F(N) > 25\%$: Janvier, Février, Mars et Septembre, Octobre, Novembre Décembre.
- $F(N) > 30\%$: Juillet, Août.

Le mois de Juillet est en fait le seul à présenter une très bonne fréquence puisque, plus d'une observation sur trois fait état de «beau temps astronomique».

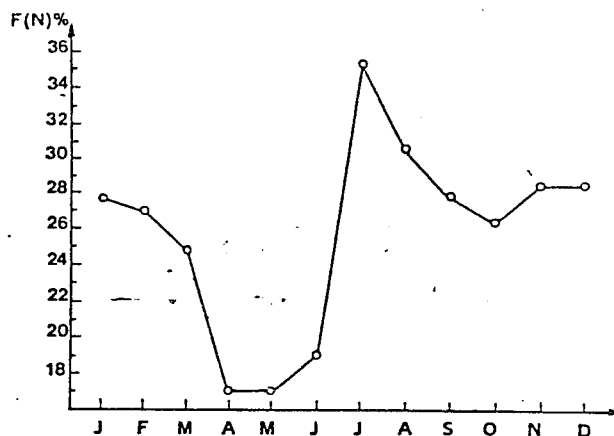


Figure 2

La très bonne période du début de l'été ainsi que les très mauvaises conditions au printemps sont des résultats déjà bien connus des astronomes familiers de l'Observatoire.

Etude détaillée de $F(N)$ au début de l'été.

La distribution annuelle de $F(N)$ vue au paragraphe précédent montre un contraste étonnant entre les mois de Juin et de Juillet. De plus, Juillet et Août forment la période de l'année la plus riche en ciels peu nuageux.

Il s'est donc avéré indispensable d'effectuer une étude plus fine de cette période très critique de l'année. Pour cela, nous avons choisi ici une échelle de temps dont l'unité est la décade. Les résultats sont représentés figure 3.

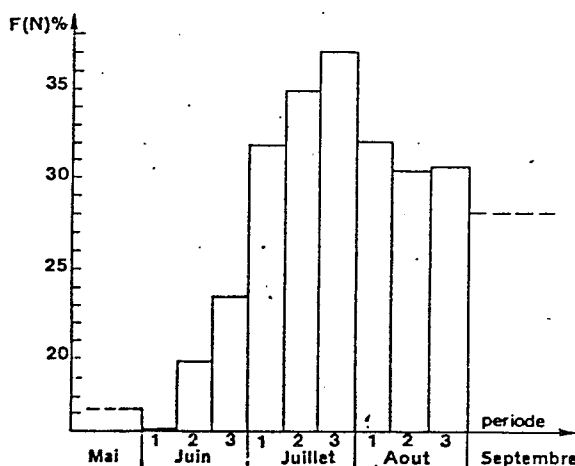


Figure 3

Le maximum absolu émerge clairement lors des dix derniers jours de Juillet avec plus de 37 % de ciels peu nuageux. Notons l'amélioration régulière des conditions à partir de début Juin ainsi que la dissymétrie

de cette distribution.

Enfin, nous donnerons un aperçu de l'intervalle de confiance que l'on peut accorder aux observations de Juillet où $N \leq 1/8$: soit $n = 3260$, nombre total d'observations au cours du mois de Juillet - et $F(N) = 0,351$ en Juillet. Ecart type de $F(N)$:

$$\sigma F(N) = \sqrt{\frac{F(N) \times [1 - F(N)]}{n}} = \sqrt{\frac{0,351 \times 0,649}{3260}}$$

$$\sigma F(N) = \sqrt{0,7 \times 10^{-3}} = 0,026.$$

Intervalle de confiance pour un risque consenti de 5 % :

$$F(N) \pm (\sigma F(N) \times 2) \text{ soit } : 0,351 \pm 0,052 =$$

0.403
0.299

Considérant la distribution comme normale, l'intervalle de confiance pour les fréquences brutes est de

40,3 à 29,9 % (*)

Durabilité des bonnes conditions de nébulosité.

De nombreuses études astronomiques nécessitent de longues périodes continues de beau temps. C'est ainsi que certaines séries de mesures ne sont exploitables que si elles peuvent être faites de manière suivie pendant au moins six heures. Ceci est le cas notamment dans la recherche de périodicités de phénomènes solaires.

Revenons au problème météorologique ainsi posé ; quelles sont les chances que nous avons de voir de bonnes conditions de nébulosité se prolonger dans le temps ?

Notre champ d'étude portera ici uniquement sur le mois de Juillet, très riche en ciels peu nuageux, donc propice à l'analyse de telles « séquences ». Nous disposons de 3260 observations tri-horaires de jour, soit 652 journées continues (1958-80). Nous considérerons, pour des raisons de commodité, que chaque observation tri-horaire représente trois heures de conditions semblables. Une séquence pendant laquelle $N \leq 1/8$ peut

(*) Pour le calcul de cet intervalle de confiance, voir « Climatologie, Méthodes et pratiques » Arlery et al. page 160.

porter sur plusieurs jours. Cependant, notre échantillon est considéré comme une série continue d'observations de jour, faisant ainsi abstraction de ce qui se passe la nuit. Il conviendra pour cela de limiter la portée des résultats aux seules possibilités d'observation astronomique de jour et de ne pas en tirer des conclusions d'intérêt météorologique général.

Résultats :

Le tableau suivant donne les fréquences d'occurrence pour mille cumulées du nombre d'observations successives où $N \leq 1/8$.

nb. obs.	f	nb. obs.	f
1	1000	11	84
2	682	12	77
3	465	13	64
4	314	14	47
5	234	15	27
6	204	16	24
7	164	17	23
8	147	18	20
9	110	19	7
10	104	20	0

Cette distribution semble proche d'une fonction logarithmique comme l'illustre la figure 4.

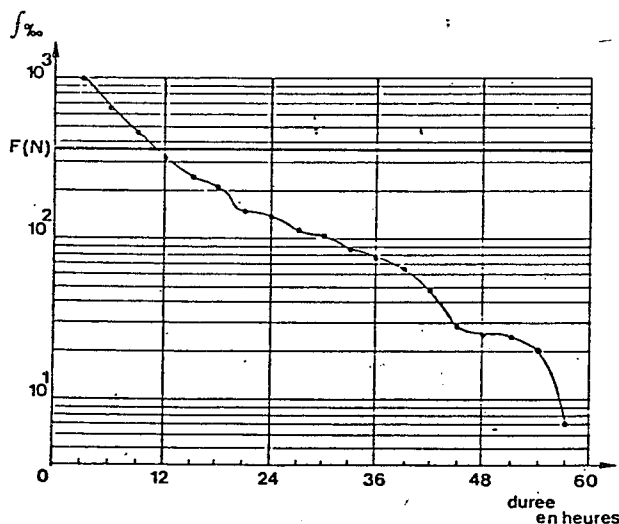


Figure 4

Persistance* :

Soit $n = 3260$, la totalité des observations disponibles en Juillet, $\nu = 1145$, le nombre d'observations où

* Pour les notions de persistance, voir « Climatologie, méthodes et pratiques » : Arlery et al., p. 268.

$N \leq 1/8$. Probabilité d'avoir une observation où $N \leq 1/8$:

$$P_N = \frac{\nu}{n} = 0,351.$$

Soit $x = 299$ le nombre de séquences.

Nombre moyen d'observations successives où $N \leq 1/8$:

$$\bar{L} = \frac{\nu}{x} = 3,83$$

Ceci représente un peu moins de 12 heures.

Avec une même probabilité générale P_N , et s'il n'y avait pas persistance du phénomène $N \leq 1/8$, le nombre moyen théorique d'observations avec $N \leq 1/8$ dans une séquence serait :

$$\bar{l} = \frac{1}{1 - \lambda N} = 1,54$$

Ce qui représente moins de 5 heures.

Il y a donc phénomène de persistance dont nous établirons le coefficient suivant :

$$R_p = \frac{\bar{L}}{\bar{l}} = \frac{3,83}{1,54} = 2,49$$

Nous venons donc de voir que $N \leq 1/8$ était un phénomène très persistant.

D'après le tableau précédent qui donne en fait une approximation de la probabilité $P_1, P_2 \dots P_n$ d'avoir n ciels peu nuageux se succéder, on constate que :

$$P_3 > P_N > P_4 \quad (\text{en Juillet})$$

En clair, à l'apparition d'un ciel peu nuageux, on a plus de chance de voir encore deux observations suivantes ayant cette caractéristique que d'en voir une seule dans ce cas, prise au hasard parmi toutes les observations du mois.

Ceci revient à dire aussi qu'un astronome qui a besoin d'une douzaine d'heures pour effectuer ses mesures, a plus de chances de voir son opération réussie s'il monte à l'Observatoire dès qu'il s'y observe $N \leq 1/8$, plutôt que de monter sans se soucier de l'état du ciel, espérant y rencontrer ces conditions dans l'immédiat. Seule la patience au sommet lui permettra alors de réaliser ses mesures ...

Nous avons pensé qu'il était ici intéressant de mon-

trer le support statistique et les limites de cette pratique. N'oublions pas que la prévision météorologique est là pour accroître ces mêmes limites...

VISIBILITES

Etude des fréquences d'occurrence des visibilités maximales journalières atteintes.

Evolution par année de 1951 à 1980.

Comme pour la nébulosité, une moyenne chevauchante sur cinq ans montre la tendance générale (voir figure 5).

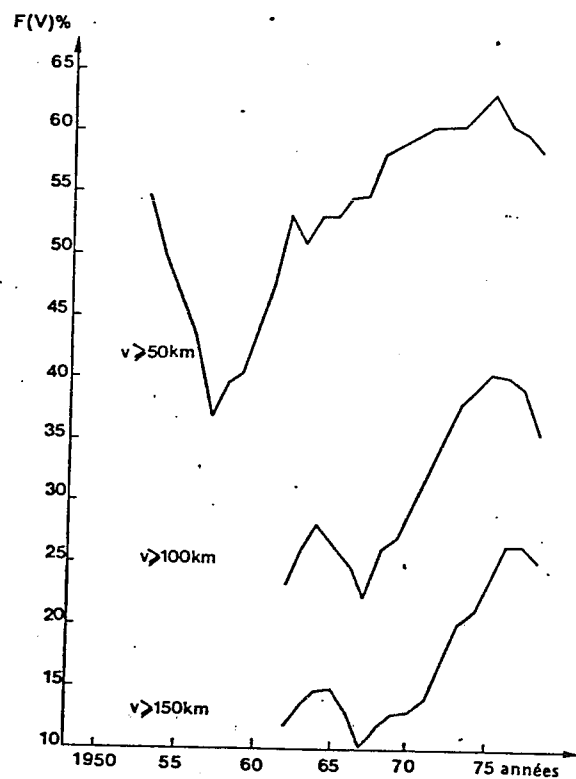


Figure 5

Si l'allure générale de la tendance de (FV 1) semble a priori analogue à celle des faibles nébulosités $F(N)$, des différences notoires apparaissent après analyse de détails. En effet, le minimum absolu présente un déphasage de trois à quatre ans vers l'amont sur celui de $F(N)$. De plus, la dégradation des conditions de bonnes visibilités à partir de 1975 ne se retrouve pas sur $F(N)$. Par contre, l'écart entre les valeurs extrêmes est identique à celui observé pour $F(N)$, soit de l'ordre de 50 % de la valeur maximale. L'amplitude des variations de fréquences est donc relativement la même pour $F(N)$ et $F(V 1)$.

En valeur absolue, cette amplitude importante au cours de l'évolution dans le temps est bien ressentie en

constatant que $F(V 2)$ autour de 1975 est largement supérieure à $F(V 1)$ autour de 1957.

Notons qu'il est assez surprenant de constater que l'évolution de $F(V)$ ne soit pas liée directement avec celle de l'activité industrielle générale, dans un rapport inverse. S'il y avait lien de cause à effet, la relation se trouverait être justement dans le sens opposé à celui que nous soupçonnions. Les effets de la pollution atmosphérique à 2860 m seraient-ils radicalement différents de ceux observés en plaine ?

La période considérée montre qu'en moyenne il existe près de 55 % de cas où la visibilité est au moins égale à 50 km ce qui est un second atout de l'observation astronomique en haute montagne.

Ecart type pour $F(V 1)$: 9,6 %
 Corrélations entre $F(V 1)$, $F(V 2)$ et $F(V 3)$
 $F(V 2)$ et $F(V 3)$: $r = 0,84$
 $F(V 1)$ et $F(V 2)$: $r = 0,61$

Distribution annuelle. (Figure 6).

En règle générale, on trouve les plus mauvaises conditions au Printemps et ce, quel que soit le seuil de visibilité atteint.

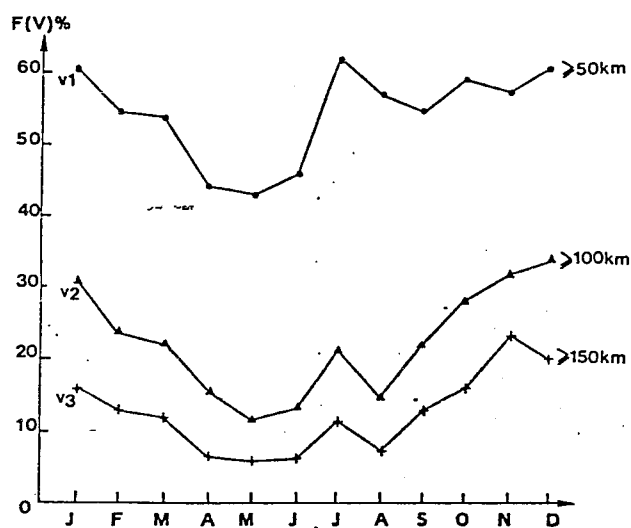


Figure 6

La distribution des valeurs les meilleures est par contre différente d'un seuil à l'autre ;

— pour $V 1 \geq 50$ km, il n'y a pas de maximum bien net ; à l'exception des trois mois d'Avril, Mai et Juin, les neuf mois restants sont, à 10 % près, tous aussi riches en visibilités supérieures à ce seuil.

— pour $V 2$ et $V 3$, les bonnes valeurs émergent nettement en automne et au début de l'hiver. C'est en Novembre que l'on a pu le plus souvent observer la Rhune, à 150 km à l'Ouest, les Cévennes et le Mont Aigoual, au Nord-Est, entre 200 et 300 km de distance du Pic-du-Midi.

Notons enfin la petite anomalie que présente le mois de Juillet pour $F(V 2)$ et $F(V 3)$.

On peut remarquer que, plus le seuil est restrictif, plus l'amplitude relative des fréquences observées augmente. Cette amplitude correspond :

- à 30 % de sa valeur maximale pour $V 1$,
- à 65 % de sa valeur maximale pour $V 2$,
- à 74 % de sa valeur maximale pour $V 3$.

L'occurrence des très bonnes visibilités est donc un phénomène saisonnier à part entière. Ce caractère est en tous cas plus marqué que pour les faibles nébulosités (amplitude saisonnière relative de l'ordre de 50 %).

Notons que c'est aux mois d'Août et Septembre que l'enneigement est minimal sur toute la chaîne des Pyrénées. Seuls subsistent quelques névés à proximité de l'Observatoire. Les phénomènes convectifs y sont alors très importants, réduisant ainsi considérablement les visibilités. Elles sont généralement diminuées de moitié entre 06 et 18 h T.U. et il est très fréquent de terminer la journée, noyé dans un épais brouillard (cumulus d'évolution diurne). Août et Septembre ne connaissent donc qu'une transparence de l'air médiocre, de jour, phénomène aussi bien connu des astronomes qui, malgré le beau temps estival, voient de nombreuses journées brumeuses quand elles ne sont pas écourtées.

Rappelons, à propos de la remarque précédente, que ces constatations ne sont valables que pour les observations de jour ; l'effet de la convection par échauffement diurne s'estompe la nuit. Avec la disparition ou l'affaiblissement des nuages convectifs, les possibilités d'observation astronomique de nuit doivent être majorées par rapport à celles de jour surtout pendant ces périodes-là.

AUTRES FACTEURS

Il s'agit essentiellement de la vitesse du vent et de la stabilité verticale de l'atmosphère. Ces paramètres sont surtout qualitatifs. Il est bien rare qu'ils interdisent d'emblée, à eux seuls, la mise en station d'un instrument.

Vitesse du Vent.

La gêne que cause le vent à l'observation astronomique est cependant insurmontable quand le manteau neigeux est poudreux et léger, les basses couches se chargeant alors de neige volante. Même faible, ce phénomène rend la qualité des images très médiocre à cause de la diffusion de la lumière par les cristaux de neige et, de plus, entraîne un risque de détérioration des pièces optiques de l'instrument.

Nous n'avons donc entrepris aucun travail statistique sur ce paramètre, ses conséquences sur les possibilités d'observation n'étant pas intrinsèques. Elles sont notamment liées :

- à l'état du sol comme nous venons de le voir,
- à l'endroit d'implantation de la coupole abritant l'instrument au sommet du Pic,
- à l'orientation de la coupole par rapport au lit du vent,
- à la nature même de l'instrument et à la fragilité de sa monture, au type de mesure effectuée, etc...

Nous donnons à titre indicatif, dans le tableau suivant la fréquence moyenne mensuelle du nombre d'observations horaires où la vitesse du vent a atteint ou dépassé 10 m/s. La période concernée va de 1951 à 1975.

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI
32 %	35 %	26 %	22 %	16 %	14 %
JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
18 %	19 %	16 %	19 %	30 %	26 %

Stabilité.

Aucune mesure n'est disponible, même dans les très basses couches. Ces mesures, si elles existaient devraient avoir une précision dans le temps et dans l'espace largement supérieure à celle que les météorologistes ont coutume d'utiliser pour leurs besoins propres.

La stabilité des couches traversées n'en reste pas moins le paramètre qualitatif le plus important. Seul un essai réel de la qualité de l'image reste probant.

Remarquons que les visibilités excellentes, supérieures à 100 km s'observent en général dans des situations météorologiques de traîne, à l'arrière d'un front froid. L'atmosphère est alors nettoyée, débarassée de la plupart des poussières et corps solides, entraînés par les

précipitations. Malheureusement, de l'air froid est venu envahir une zone dont l'air était en équilibre thermique avec le sol sous-jacent, désormais plus chaud que l'air qui le surmonte. Les conditions d'instabilité verticale sont alors réunies dans la plupart des cas. L'atmosphère est «propre» mais les images étant formées de lumière ayant traversé des couches d'air très hétérogènes thermiquement, leur qualité est alors très mauvaise.

Il conviendra donc de ne pas rechercher systématiquement les meilleures conditions de visibilité, qui ne sont pas toujours celles qui, nous allons le voir, engendrent des images de bonne qualité.

SYNTHESE

Nous nous sommes proposé d'étudier ici la concomitance des bonnes conditions de nébulosité et de visibilité. Pour cela, nous avons recensé les nombres de cas où il y avait simultanément

$$N \leq 1/8 \text{ et } V \geq 50 \text{ km}$$

Nous obtenons $F(NV)$, fréquence d'occurrence de ce «beau temps astronomique». Ce paramètre représente en effet assez bien les possibilités de mise en station d'un instrument astronomique. Les fréquences portent ici sur des observations horaires, échantillon considérable de 126 667 données. La période concernée est de 30 ans, allant de 1951 à 1980.

Evolution par années : 1951 - 1980.

Comme précédemment, la tendance générale est donnée par les valeurs moyennes sur 5 ans de $F(NV)$ sur la figure 7.

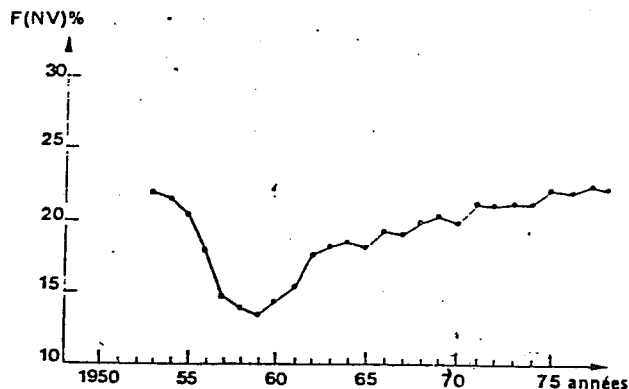


Figure 7

La valeur moyenne de $F(NV)$ est de 19,6 % et l'écart type de 4,2 % sur les données brutes annuelles. On peut donc conclure en disant qu'au Pic-du-Midi, une heure sur cinq est très favorable à l'observation astronomique, toutes observations de jour confondues.

Rappelons ici que plus d'une observation sur 4 présentait un ciel clair ou peu nuageux $F(N) = 26$ %.

Distribution annuelle.

Cette distribution est donnée par la figure 8 (ci-dessous).

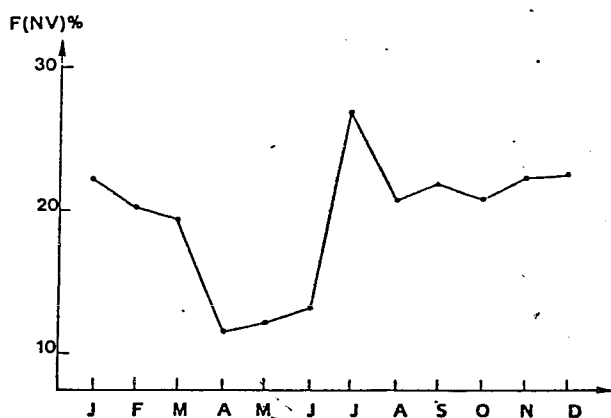


Figure 8

L'allure de la distribution annuelle est très proche de celle des faibles nébulosités $F(N)$. Ceci confirme de visu, la prépondérance des faibles nébulosités sur les bonnes visibilitées, prépondérance, qui est cependant variable au cours de l'année. Ces variations sont mises en évidence sur la figure 9. On trouvera $F(NV)$ en ordonnée tandis que le rapport $\frac{F(N)}{F(V)}$ est porté en abscisse.

Pour plus de clarté, les valeurs ont été normalisées avec un coefficient de 0,483 ce qui revient à dire que l'on a rencontré, en gros, deux fois plus de visibilitées supérieures à 50 km que de nébulosités inférieures ou égales à 1/8.

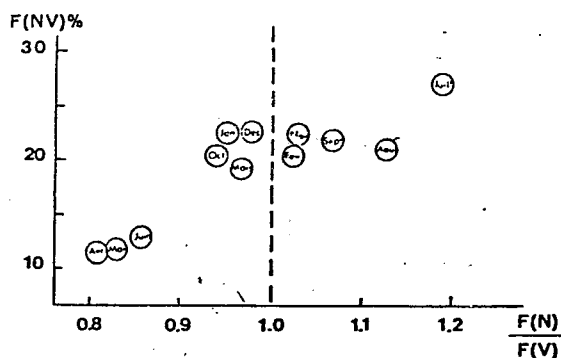


Figure 9

Les meilleures conditions de visibilité et de nébulosité simultanées se trouvent dans les mois d'ordonnée élevée. Une abscisse élevée indique une prédominance relative des faibles nébulosités sur les bonnes visibilitées et inversement, les points d'abscisse très inférieurs à 1 doivent leurs fréquences $F(NV)$ médiocres plus à de forte nébulosité qu'à de mauvaises visibilitées.

Notons pour terminer que le mois le plus favorable est Juillet et ce, surtout pour sa faible couverture nuageuse. Les mauvaises valeurs d'Avril, Mai et Juin, sont aussi bien perçues des astronomes. Les caractéristiques des mois restants étaient cependant beaucoup moins nettes et pour cause.

Remarquons enfin que Juin et Juillet bien que conjugués, offrent des caractéristiques radicalement opposées.

CONCLUSION

Les principaux paramètres que nous venons d'étudier, nébulosité et visibilité, sont sujets à des appréciations très subjectives, surtout dans le cas des visibilitées. Il convient donc de ne pas leur accorder plus de valeur qu'ils n'en ont réellement bien que le choix des seuils que nous avons adopté ait été dans le sens d'une évaluation facile.

Notre but n'a été autre que de donner une base concrète de la connaissance des bonnes conditions météorologiques rencontrées à l'Observatoire, restées jusqu'alors trop informelles.

Cet outil statistique peut permettre aussi le choix, en connaissance de cause, d'une période la mieux adaptée à un programme déterminé d'observations astronomiques, et de trouver un compromis plus rationnel ...

Satisfaits d'avoir constaté que nous n'étions pas dans une période de récession des bonnes conditions, bien au contraire, nous pouvons dire que l'avenir de l'Observatoire ne semble pas compromis par la dégradation des conditions atmosphériques. On pouvait initialement redouter une telle évolution, vu la recrudescence de la pollution industrielle au cours des trente dernières années.

ANNEXE 1

VISIBILITES EGALES OU SUPERIEURES A 150 KM

Si les météorologistes n'ont noté systématiquement

les visibilités supérieures ou égales à 150 km qu'à partir de 1962, les chercheurs de l'Observatoire le faisaient antérieurement, bien avant la prise en compte de cette activité par la Météorologie Nationale.

Nous avons comparé ici deux décennies espacées de 50 ans. Il s'agit des années 1921 à 1930 et 1971 à 1980.

Les valeurs brutes de $F(V3)$ pour ces périodes sont représentées sur les figures 10 A et 10 B avec leurs droites de régression linéaire respectives.

Moyenne 1921 - 30 : 17 %

Moyenne 1971 - 80 : 23 %

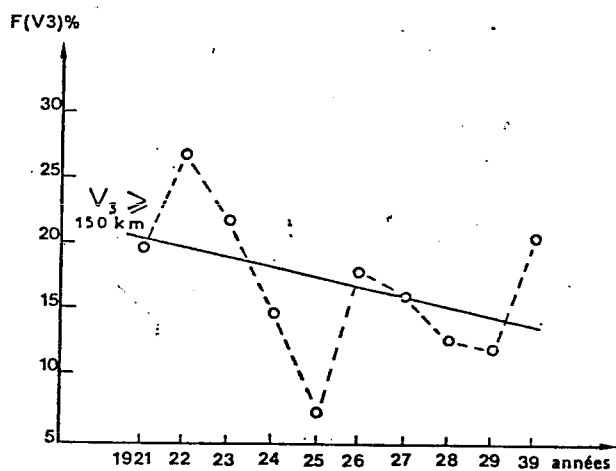


Figure 10A

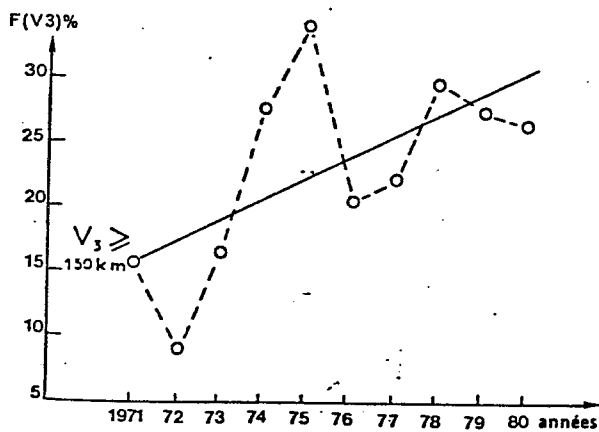


Figure 10B

ANNEXE 2

CORRELATIONS : Valeur des paramètres étudiés.

Entre 1946 et 1970, nous disposons d'observations systématiques de routine de la couronne solaire qu'a bien voulu nous communiquer J.C. Noëns, de l'Observatoire du Pic-du-Midi et de Toulouse. Nous obtiendrons

donc facilement les fréquences réelles des possibilités d'observation astronomique, déterminées par les astronomes eux-mêmes, compte tenu de tous les facteurs météorologiques intervenants. Il convient de rappeler que l'observation de la couronne solaire n'est possible que par un ciel très pur.

La période commune aux fichiers va de 1951 à 1970 pour $F(N)$ et $F(V1)$.

Soit $F(C)$ la fréquence d'occurrence des observations journalières réellement effectuées. Nous représentons l'évolution comparée de $F(C)$ et $F(N)$ sur la figure 11.

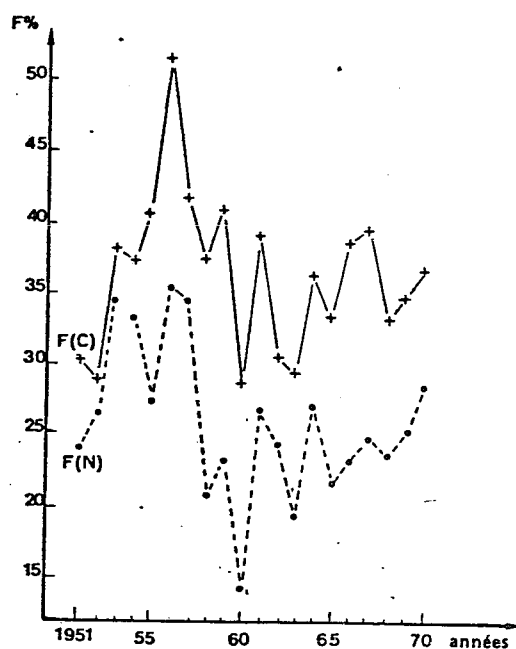


Figure 11

Si la corrélation qui existe entre $F(C)$ et $F(N)$ est significative ($r = 0,62$), ce à quoi il était légitime de s'attendre, nous n'avons pas trouvé de corrélation entre $F(C)$ et $F(V)$.

La faible nébulosité est donc le facteur prépondérant quant aux possibilités d'observation astronomique tandis que la visibilité reste un paramètre purement qualitatif.

ANNEXE 3

BONNES VISIBILITES DANS LES ALPES

Les données nous ont été fournies par l'Institut Suisse de Météorologie.

Les postes de montagne sont :

Gütsch	2290 m	46°39'N - 08°37'E
Plateau Rosa	3480 m	45°56'N - 07°42'E

La période d'étude est ici ramenée à 15 ans, entre 1958 et 1972.

F(V 1) de jour

Gütsch	55 % de visibilité sup. ou égales à 50 km
Pic du Midi	52 %
Plateau Rosa	50 %

L'occurrence des visibilité supérieures ou égales à 50 km est donc tout à fait du même ordre de grandeur, à altitude égale.

Variation diurne de la visibilité (sup. à 50 km)

Il s'agit en fait de la variation de la fréquence d'occurrence pour le seuil donné de 50 km. Il a été fait une moyenne arithmétique des fréquences des deux stations suisses de montagne.

HEURE	00	03	06	09	12	15	18	21	TU
F(V 1) %	35	37	52	54	52	51	43	33	%

Notons que le maximum se situe dans la matinée, là où la convection est minimale.

Fréquence moyenne des observations de jour et de nuit :
de jour soit 06, 09, 12, 15, 18 TU : 52 %
de nuit soit 21, 00, 03 TU : 35 %

Ce résultat est à interpréter avec beaucoup de précautions, la répartition et la puissance des repères lumineux influant sur l'appréciation de l'observateur. Par exemple, nous trouverons un grand nombre de lumières citadines dans la plaine servant pourtant à évaluer une visibilité horizontale. Il semble que les visibilité de nuit soient à majorer pour pouvoir être comparées à celles observées de jour.

Variations saisonnières

Comparaison entre les deux massifs de F (V 1), fréquences d'occurrence des visibilité supérieures ou égales à 50 km. Pour la Suisse, moyenne arithmétique entre les valeurs de Plateau Rosa et de Gütsch ramenées aux observations de jour uniquement soit de 06 à 18 TU inclus.

	Pic	Suisse
Hiver : Dec. Jan. Fev.	55 %	57 %
Printemps : Mars, Avr. Mai.	47 %	46 %
Eté : Juin. Juil. Aout.	55 %	46 %
Automne : Sep. Oct. Nov.	53 %	59 %
Année	52 %	52 %

Si les fréquences annuelles sont du même ordre de grandeur comme il a déjà été dit, leur répartition saisonnière diffère d'un massif à l'autre. L'été dans les Pyrénées connaît plus de bonnes visibilité qu'en Suisse tandis que l'automne alpin est la période où l'air est le plus souvent limpide.

REMERCIEMENTS

Nous remercions plus particulièrement M. A. Lepape, Météorologie Nationale de Bordeaux pour son aide, M. G. Gensler, Institut Suisse de Météorologie qui nous a communiqué des renseignements relatifs à la visibilité ainsi que M. J.C. Noëns pour ses données concernant la couronne solaire.

BIBLIOGRAPHIE

Arléry R., Grisolle H., Guilmet B., 1973
Climatologie méthodes et pratiques Gauthier-Villars : 434 pages.

Bücher A., 1980
Analyses et Données météorologiques de la région de Midi-Pyrénées et d'Aquitaine. Thèse Université de Pau.

Marenco A., Delaunay J.C., 1980
Mise en évidence de sources naturelles de monoxyde de carbone dans l'atmosphère. Quatrièmes journées franco-africaines de physique de l'atmosphère, 8-9 juillet 1980. Centre de Physique Atomique, département des Sciences de la Basse Atmosphère Université Paul Sabatier Toulouse : pages 99 à 112.