

**CNES
CNRS
DERST**

Journées d'études internationales

International conference

Sun and climate

**TOULOUSE (France)
30 septembre – 3 octobre 1980**

Soleil et climat

Journées d'études internationales
International conference

Soleil et climat

Sun and climate

TOULOUSE
30 septembre - 3 octobre 1980

~~Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)~~
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)
Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (DGRST)

ACTES DES JOURNÉES D'ÉTUDES INTERNATIONALES "SOLEIL ET CLIMAT"
ORGANISÉES DU 30 SEPTEMBRE AU 3 OCTOBRE 1980 À TOULOUSE PAR LE
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES (CNES) DANS LE CADRE DE L'ACTION
SPÉCIFIQUE PROGRAMMÉE "ÉVOLUTION DES CLIMATS" DU CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) ET DE LA DÉLÉGATION GÉNÉRALE À
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE (DGRST).

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON "SUN AND CLIMATE"
ORGANIZED IN TOULOUSE FROM 30 SEPTEMBER TO 3 OCTOBER 1980 BY THE
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES (CNES) IN THE FRAMEWORK OF THE
"CLIMATE EVOLUTION" PROGRAMME OF THE CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) AND THE DÉLÉGATION GÉNÉRALE À LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE (DGRST).

CET OUVRAGE EST DISPONIBLE AU :
THIS BOOK IS AVAILABLE AT :

CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES
DÉPARTEMENT DES AFFAIRES UNIVERSITAIRES
18, AVENUE EDOUARD-BELIN
31055 TOULOUSE CEDEX (FRANCE)

**COMITE SCIENTIFIQUE
SCIENTIFIC COMMITTEE**

**PRÉSIDENT :
CHAIRMAN**

R. KANDEL
SERVICE D'AÉRONOMIE DU CNRS - VERRIÈRES-LE-BUISSON
(FRANCE)

**MEMBRES :
MEMBERS**

A. BERGER
UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN (BELGIQUE)

R. BERNARD
CENTRE DE RECHERCHES EN PHYSIQUE DE L'ENVIRONNEMENT
ISSY-LES-MOULINEAUX (FRANCE)

A. BERROIR
LABORATOIRE DE MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE - PALAISEAU ET
PARIS (FRANCE)

R. M. BONNET
LABORATOIRE DE PHYSIQUE STELLAIRE ET PLANÉTAIRE
VERRIÈRES-LE-BUISSON

J. C. DUPLESSY
CENTRE DES FAIBLES RADIOACTIVITÉS - GIF-SUR-YVETTE
(FRANCE)

R. GARNIER
DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE - PARIS - (FRANCE)

D. HEATH
NASA -GODDARD SPACE FLIGHT CENTER - GREENBELT (USA)

J. HIEBLOT
CENTRE DE RECHERCHES EN PHYSIQUE DE L'ENVIRONNEMENT
ORLÉANS (FRANCE)

J. LATOUR
OBSERVATOIRE DE NICE (FRANCE)

C. LAVERLOCHERE
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES - TOULOUSE (FRANCE)

P. MASCART
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES - PARIS
(FRANCE)

M. McELROY
UNIVERSITÉ DE HARVARD - CAMBRIDGE (USA)

I. ROXBURGH
UNIVERSITÉ DE LONDRES (GRANDE-BRETAGNE)

P. SIMON
OBSERVATOIRE DE PARIS-MEUDON (FRANCE)

Y. TOURE
**DÉLÉGATION GÉNÉRALE À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE - PARIS (FRANCE)**

J. M. WILCOX
UNIVERSITÉ DE STANFORD (USA)

FOREWORD

by

R. KANDEL

Chairman of the Scientific Committee of the Conference

This volume publishes the texts of the papers presented at the International Conference on Sun and Climate, which was held from September 30 to October 3, 1980, at the Toulouse Centre of the Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

This conference was jointly sponsored by the French National Space Agency (CNES), the National Centre for Scientific Research (CNRS) and the Prime Minister's General Delegation for Scientific and Technical Research (DGRST) ; it was organized in the framework of the Specific Programmed Action on Climate Evolution (whose Scientific Committee is chaired by Professor Pierre Morel).

As chairman of the Scientific Committee responsible for the organization of this conference, I am happy to express my gratitude to the other members of the Committee for their enthusiasm and for their help, which were essential to setting up this meeting. I also wish to thank the staff of the Toulouse Centre of CNES, in particular Messrs Laverlochère and Guérin, for handling the practical details of organization, preparing the facilities here, and running the meeting so well.

In preparing this material for publication, we have attempted to give an account of the discussion that took place during the sessions. This account is necessarily only an incomplete summary. Moreover, because we have also attempted to publish this volume quickly, we have not been able to check the accuracy of our account as completely as we might have liked. Finally, we have regretfully been obliged to omit the full texts of some of the contributions, for which the manuscripts did not arrive in time.

AVANT - PROPOS

par

R. KANDEL

Président du Comité Scientifique des Journées d'Etudes

Le présent ouvrage regroupe les textes des exposés présentés aux Journées d'Etudes Internationales "Soleil et Climat" qui ont eu lieu du 30 septembre au 3 octobre 1980, au Centre Toulousain du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

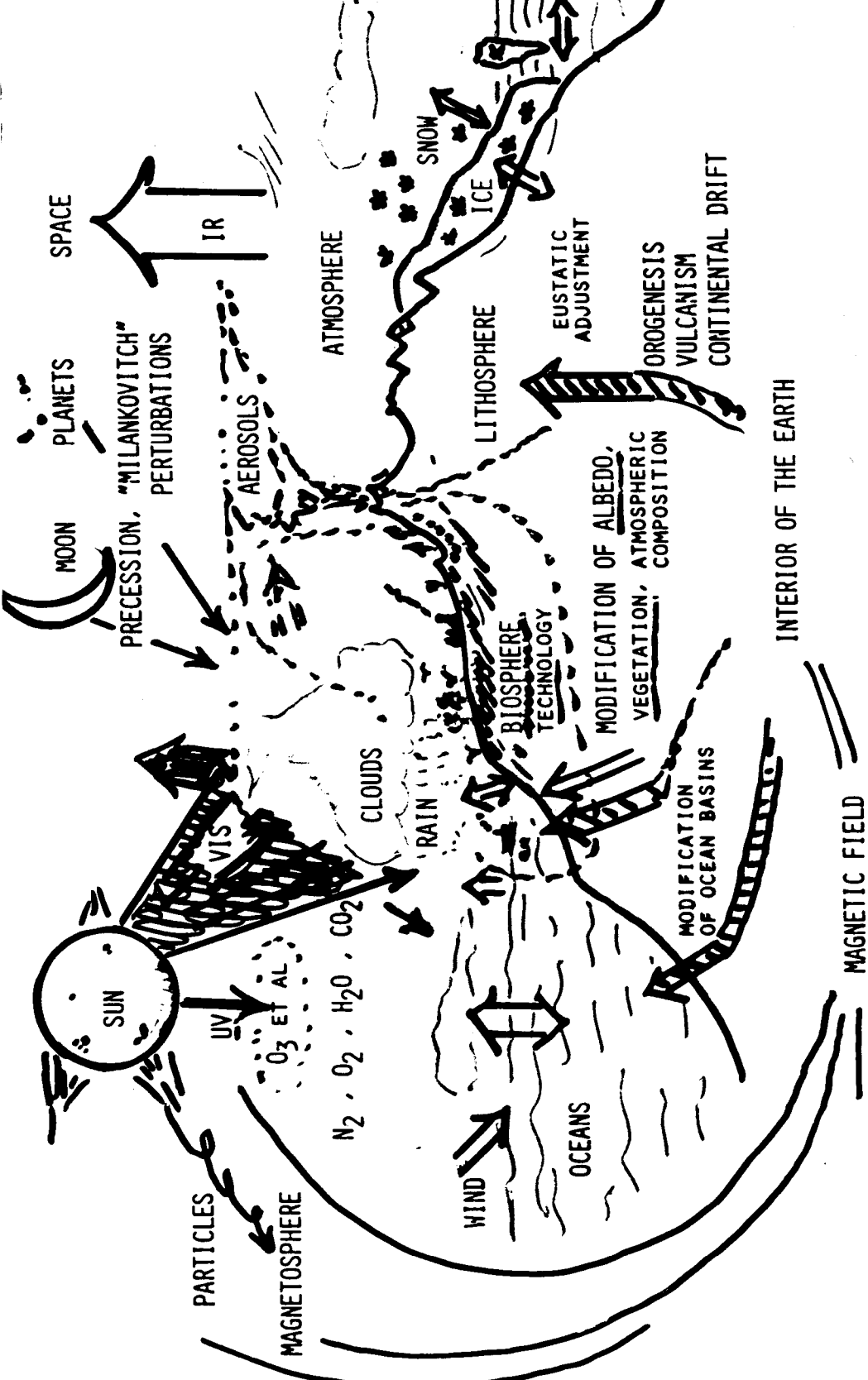
Cette manifestation s'est tenue sous l'égide et avec les soutiens conjoints du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), et de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (DGRST) ; elle a été organisée dans le cadre de l'Action Spécifique Programmée "Evolution des Climats" dont le Comité Scientifique est présidé par Monsieur le Professeur Pierre MOREL.

En tant que Président du Comité Scientifique, responsable des journées d'études, je tiens à remercier les membres du Comité, dont l'enthousiasme et l'aide efficace étaient essentiels pour la mise sur pied du programme.

Je remercie également le personnel du Centre Toulousain du CNES, qui a si bien assuré l'organisation matérielle et la bonne marche de ces journées, et tout particulièrement MM. LAVERLOCHERE et GUERIN.

En préparant la publication de cet ouvrage, nous avons tenté de donner un compte-rendu des discussions qui ont eu lieu pendant les sessions. Ce compte-rendu est nécessairement sommaire. De plus, comme nous avons en même temps cherché à assurer une publication rapide, nous n'avons pas pu vérifier aussi complètement que nous l'aurions désiré l'exactitude de ce compte rendu.

Nous regrettons par ailleurs de n'avoir pu publier la totalité des textes des exposés présentés, certains intervenants n'ayant pu remettre leur texte en temps utile.



THE CLIMATE SYSTEM

TABLE DES MATIERES

CONTENTS

PAGES

INTRODUCTION

R. KANDEL	1
-----------------	---

I - LES ECHELLES DE TEMPS COURTES DES VARIATIONS CLIMATIQUES ET DE L'ACTIVITE SOLAIRE

SHORT TIME SCALES OF CLIMATIC VARIATION AND OF SOLAR ACTIVITY

I. 1.	CLIMATIC TRENDS AT HIGH NORTHERN LATITUDES DURING THE LAST 4000 YEARS COMPARED WITH ¹⁴ C FLUCTUATIONS L. D. WILLIAMS, T. M. L. WIGLEY, P. M. KELLY.....	11
I. 2.	VARIABLE CORPUSCULAR AND ELECTROMAGNETIC EMISSIONS FROM THE SUN M. PICK	21
I. 3.	SOLAR CYCLE AND SOLAR TERRESTRIAL RELATIONSHIPS P. A. SIMON, J. P. LEGRAND	33
I. 4.	TEMPERATURE VARIABILITY AND THE 22-YEAR SOLAR CYCLE C. J. E. SCHUURMANS	45
I. 5.	RAINFALL PATTERNS IN SOUTH AFRICA, SOUTH EASTERN AUSTRALIA AND NEW ZEALAND R. G. VINES	55
I. 6.	POWER SPECTRA OF THE CLIMATOLOGICAL VARIATIONS IN MEXICO CITY I. GALINDO, J. A. OTAOLA	67
I. 7.	VARIABILITE DE L'HYDROCLIMAT EN ATLANTIQUE EQUATORIAL - COHERENCE AVEC L'ACTIVITE SOLAIRE Y. GALLARDO	79
I. 8.	THE 200-, 22- AND 11- YEAR CYCLES AND LONG SERIES OF CLIMATIC DATA, MAINLY SINCE A. D. 200 D. J. SCHOVE	87
I. 9.	EFFETS DU CHAMP MAGNETIQUE SOLAIRE SUR L'INTENSITE SEMI-ANNUELLE DE LA RAIE VERTE CORONALE J. XANTHAKIS, B. PETROPOULOS, H. MAVROMICHALAKI	101
	QUESTIONS	113

II - MECANISMES DES RELATIONS SOLEIL-TERRE
MECHANISMS OF SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONS

II. 1.	ROLE OF SOLAR AND NON-SOLAR SOURCES IN CHANGING GLOBAL CLIMATE IN THE PAST SEVERAL HUNDRED YEARS A. P. MITRA	121
II. 2.	THE REALITY OF SOLAR-ATMOSPHERIC RELATIONS AND THE CHANGES OF ATMOSPHERIC CIRCULATION OF SOLAR ORIGIN E. R. MUSTEL, V. E. CHERTOPRUD, N. B. MOULUKOVA	151
II. 3.	A REVIEW OF OBSERVATIONAL EVIDENCE FOR SHORT AND LONG TERM ULTRAVIOLET FLUX VARIABILITY OF THE SUN D. F. HEATH	163
II. 4.	QUASI-BIENNIAL OSCILLATION OF THE SOLAR ACTIVITY AND ITS CONTROL OF THE EARTH'S CLIMATE K. SAKURAI	165
II. 5.	POSSIBLE INFLUENCE OF SOLAR ROTATION ON TROPOSPHERIC CIRCULATION J. M. WILCOX	173
II. 6.	LA MAGNÉTOSPHÈRE, INTERFACE ENTRE LE SOLEIL ET LA BASSE ATMOSPHÈRE J. J. BERTHELIER	189
II. 7.	ON THE POSSIBLE EFFECT OF LONG-LASTING ABSENCE OF SOLAR ACTIVITY ON CLIMATIC CHANGES G. MOLNÁR	211
II. 8.	SOLAR ACTIVITY AND VARIATIONS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS A. H. O'MARA	221
II. 9.	INFLUENCE DU CYCLE SOLAIRE DE 11 ANS SUR LES ÉCHANGES ATMOSPHÉRIQUES EN ANTARCTIQUE J. SANAK, G. LAMBERT, B. ARDOUIN	239
	QUESTIONS	249

III - LA CONSTANTE SOLAIRE :
SON EVOLUTION ET SES FLUCTUATIONS

THE SOLAR CONSTANT :
 ITS EVOLUTION AND FLUCTUATIONS

III. 1.	LONG TERM VARIATIONS OF THE SOLAR CONSTANT I. W. ROXBURGH	261
III. 2.	THE SOLAR NEUTRINO PROBLEM I. W. ROXBURGH	269

III. 3.	SOLAR LUMINOSITY VARIATION ON DIRECTLY OBSERVABLE TIME SCALES : OBSERVATIONAL EVIDENCE AND BASIC MECHANISMS P. V. FOUKAL	275
III. 4.	STRUCTURAL VARIABILITY OF THE SUN S. SOFIA	295
	DISCUSSION	301

IV - LES ECHELLES DE TEMPS LONGUES DE L'EVOLUTION DU CLIMAT
LONGER TIME SCALES OF CLIMATIC EVOLUTION

IV. 1.	SOLAR ACTIVITY, COSMIC RAY PRODUCED CARBON-14, AND THE TERRESTRIAL CLIMATE H. E. SUESS	307
IV. 2.	¹⁰ Be AS A POTENTIAL PROBE OF SOLAR VARIABILITY INFLUENCE ON CLIMATE G. M. RAISBECK, F. YIOU	311
IV. 3.	FORMATION OF THE EARTH AND ALTERATION OF THE CLIMATE A. KITOV	317
IV. 4.	A CRITICAL REVIEW OF MODELING THE ASTRONOMICAL THEORY OF PALEOCLIMATES AND THE FUTURE OF OUR CLIMATE A. BERGER	325
IV. 5.	LINKING ICE SHEET EVOLUTION TO MILANKOVITCH RADIATION VARIATIONS : A MODEL SIMULATION OF THE GLOBAL ICE VOLUME RECORD J. OERLEMANS, J. M. BIENFAIT	357
IV. 6.	THE CHANGING ATMOSPHERE : ITS ROLE IN CLIMATE M. B. McELROY	369
IV. 7.	FLUCTUATIONS, SOLAR PERIODICITIES AND CLIMATIC TRANSITIONS C. NICOLIS	385
	DISCUSSION	397

GROUPES DE TRAVAIL
WORKING GROUPS

I	STATISTICAL METHODS G. DER MERGREDITCHIAN	407
2	PHYSICAL MECHANISMS A. P. MITRA	411

SPACE MEASUREMENTS

S. I. RASOOL	417
.	
AN INSTRUMENT TO MEASURE THE SOLAR SPECTRUM FROM 170 TO 3200 NM ON BOARD SPACELAB	
G. THUILLIER, P. C. SIMON, D. LABS, R. PASTIELS, H. NECKEL	421
.	
APPLICATION DES MESURES DE PRESSION DE RADIATION A LA SURVEILLANCE DE LA CONSTANCE SOLAIRE	
Y. BOUDON, A. M. MAINGUY	431

INTRODUCTION

Les questions du climat et des variations climatiques ont fait de plus en plus l'objet de discussions au cours de la dernière décennie, notamment depuis la parution des rapports SCEP (Study of Critical Environmental Problems) et SMIC (Study of Man's Impact on Climate). Il y a certes des raisons impérieuses socio-économiques et donc politiques pour ceci.

Il y a l'impact de la variabilité et du changement des climats sur l'homme et ses activités, surtout dans le domaine de l'agriculture. Nous n'avons qu'à citer les répercussions économiques internationales de l'insuffisance des récoltes de blé soviétiques en 1972, ou encore l'énorme cortège de malheur qu'apporta la sécheresse au Sahel.

Il y a aussi l'influence éventuelle sur le climat, des activités humaines à la fois agricoles et industrielles. La question du gaz carbonique dont la concentration atmosphérique est en train de croître, à cause de la combustion des carburants fossiles, et également peut-être de la déforestation, vient immédiatement à l'esprit. On continue aussi à se soucier de la perturbation de la couche d'ozone par les fréons et les oxydes d'azotes, fabriqués par l'homme.

En outre, la conjoncture scientifique est mûre pour un développement important des recherches climatiques, parce que :

. les progrès réalisés dans les techniques d'analyse isotopique, tant pour la datation que pour les indicateurs climatiques, nous permettent d'établir l'histoire du climat depuis des dizaines de millénaires, voire des millions d'années :

. les ordinateurs de plus en plus puissants rendent possible une modélisation numérique complète et réaliste du système climatique ;

. le développement de la technologie spatiale nous donne la capacité d'une surveillance continue et globale des paramètres climatiques.

En de nombreux pays, des préparations sont en cours pour participer au Programme Mondial de Recherches Climatiques, sous l'égide de

INTRODUCTION

The questions of climate and climate change are questions that have come increasingly under discussion over the past decade, in particular ever since the publication of the well known SCEP (Study of Critical Environmental Problems) and SMIC (Study of Man's Impact on Climate) Reports (MIT Press, Cambridge, Massachusetts). There are of course pressing social and economic, and therefore political, reasons for this :

- There is the impact of climate variability and climate change on Man and his activities, especially in agriculture. We need only think of the international economic implications of the shortfalls in Soviet grain production in 1972, or of the enormous suffering caused by drought in the Sahel.

- There is also the possible impact on climate, of human activities both in agriculture and in industry. The question of atmospheric carbon dioxide, increasing as a result of the combustion of fossil fuels, and perhaps also of deforestation, comes immediately to mind. Concern regarding perturbation of the ozone layer by manmade freons and nitrogen oxides continues too.

There are also more properly scientific reasons for this intensified interest in climate, which make it reasonable to plan a considerable development of climate research.

- Because of progress in isotopic analysis techniques, both as regards dating and as regards proxy indicators of climate, we can establish the history of climate over tens of thousands, even of millions of years.

- With increasingly powerful computers, we have a growing capability of more complete and realistic numerical modelling of the climate system.

- The development of space technology gives us a growing capability in continuous, global monitoring of climate parameters.

In many countries, preparations have been or are being made for participation in the World Climate Programme, now under way under the aegis of the World Meteorological Organization and the International Council of Scientific Unions. In France, many of us attended the

l'Organisation Météorologique Mondiale et du Conseil International des Unions Scientifiques. En France, beaucoup d'entre nous ont assisté au colloque organisé à Nice en octobre 1978 par notre collègue Daniel Gautier, sous l'égide du CNES, sur l'Evolution des Atmosphères Planétaires et la Climatologie de la Terre. Depuis, il y a eu des progrès sensibles dans certains domaines de la recherche climatique, ici en France, grâce aux soutiens de la DGRST et du CNRS par le canal de l'ASP "Evolution des Climats". En outre, un programme national, compréhensif et interministériel, de recherches climatiques, a été établi par le Comité Scientifique, et en principe, il a été approuvé par le gouvernement.

Pourquoi ces journées d'études "Soleil et Climat" ? A l'échelle de temps de quelques années ou de quelques décennies, qui intéresse les gouvernements, il existe des variations significatives, quoique relativement modestes, du climat. De nombreux chercheurs de par le monde ont su voir des corrélations entre ces variations et celles des rayonnements électromagnétiques et corpusculaires du Soleil, sur les mêmes échelles de temps : l'activité solaire. Cependant, il faut avouer que dans presque tous les cas, la signification de ces corrélations a été fortement contestée, leur réalité même mise en doute. Si les effets de l'activité solaire, sur l'atmosphère haute et moyenne de la Terre, ne font pas de doute, il s'agit à ces niveaux de quantités d'énergie bien plus faibles que celles échangées dans la troposphère -théâtre de la météorologie et du climat. Pour cette raison, et parce que les fluctuations solaires sont faibles, la question des mécanismes physiques est critique. Par ailleurs, il se trouve que nous pourrions avoir de meilleures chances d'élucider ces mécanismes dans le cas des effets Soleil/Météorologie et de ce fait nous n'avons pas exclu ceux-ci de nos débats ; nous nous intéressons toutefois en premier lieu au climat .

Il nous faut reconnaître que la plupart des chercheurs dans le domaine du climat n'accordent, au mieux, qu'un rôle mineur à la variabilité du soleil, dans les changements climatiques à l'échelle de temps courte.

Il est certain que la météorologie et les climats terrestres sont déjà bien assez compliqués, sans considération de l'activité solaire. En un sens peut-être, il serait effectivement "tragique", selon l'expression de Monine, s'il fallait pouvoir prédire l'activité solaire afin de prévoir

conference organized in Nice in October 1978 by our colleague Daniel Gautier , with CNES sponsorship, on the Evolution of Planetary Atmospheres and Climatology of the Earth. Since then, significant progress has been made in certain areas of climate research here in France, thanks to the support of the DGRST and the CNRS through the ASP on Climate Evolution. Moreover a comprehensive national interagency program of climate research has been drawn up by the scientific committee of the ASP, and in principle has been approved by the government.

But why a conference on Sun and Climate ? On the short time scales of years to decades to say a century, which are of immediate interest to governments, significant, even if relatively modest, variations of weather and climate are observed. The literature contains a plethora of suggestions that some of these variations of climate can be linked to observed variations, on similar time scales, of radiation and particle emissions from the Sun, in connection with what is called solar activity. However, it must be admitted that in nearly every case, the significance of the correlations found has been strongly contested, and often their very reality placed in doubt. There is no doubt about the reality of solar activity effects in the upper and middle atmosphere, but the energies involved at these levels are far smaller than those exchanged in the troposphere - the theatre of weather and climate. Because of this, and because the magnitude of the solar fluctuations is small, the question of physical mechanisms is critical ; because we may have a better chance of elucidating such mechanisms in the case of Sun-Weather effects, we have not excluded discussion of these ; but the emphasis remains on climate.

We must recognize that most members of the climate research community assign only a minor role, or none at all, to solar variability as a cause of climate change on short time scales.

Certainly, terrestrial weather and climate are complicated enough without considering solar activity, and perhaps in a sense it would be tragic, as Monin put it, if we had been able to predict solar activity in order to predict the weather. However, we can hardly exclude solar influence, a priori.

le temps. Mais nous ne pouvons guère exclure une influence solaire, a priori.

Nous sommes tous d'accord, je pense, que le climat met en jeu une multitude de facteurs différents, internes et externes, opérant sur et à l'intérieur d'un système extrêmement complexe de rétroactions positives et négatives, sur une gamme énorme d'échelles de temps. A cause de cette complexité, nos sessions ne pouvaient être circonscrites au domaine classique de la physique des relations Soleil-Terre, étroitement défini. Cependant, le Soleil reste le facteur externe dominant, et de loin ; des modèles simples suggèrent que le climat doit être fort sensible à des variations même aussi faibles que 1 à 2% de la luminosité solaire. Le Soleil est-il constant à ce point ? En fait, ce n'est que depuis quelques années que nous pouvons prétendre le dire, grâce aux mesures satellitaires (NIMBUS-7 et SMM de la NASA) ; y a-t-il des tendances d'évolution (1 % par siècle) ou des variations cycliques corrélées avec le(s) cycle(s) d'activité ? Il nous faudra surveiller le flux solaire, en dehors de l'atmosphère, pendant plusieurs décennies, avant de pouvoir le dire avec confiance.

Comme pour les arbres fruitiers, qu'il faut planter tout de suite, puisqu'ils mettent longtemps à pousser (remarque du Maréchal Lyautey, citée par le Président J.F. Kennedy lors du centenaire de la National Academy of Sciences en 1963), autant commencer...

En attendant, que pouvons-nous apprendre des théoriciens ? Il est frappant que pour les échelles de temps comprises entre 22 et 10^8 ans, presque rien n'a été fait. Ici, nous aurons des rapports sur les premiers efforts (en Amérique et en Angleterre) et nous encourageons les astrophysiciens français à s'attaquer à ce problème.

Pourquoi cela est-il si important ?

Considérons l'étude des paléoclimats. Cette étude a son intérêt intellectuel propre ; en outre, elle est nécessaire dans un programme de recherches climatiques, parce qu'elle nous fournit les éléments d'un climat différent qui a existé, ce qui nous permet de vérifier, ou de falsifier, les modèles climatiques dans des conditions autres que celles pour lesquelles ils sont "accordés". C'est seulement après une telle validation que nous aurons confiance dans nos études de sensibilité, sans parler de tentatives de prévision des climats. Mais, pour que cette confrontation entre paléo-