

*Compte rendu de la 88<sup>ème</sup> réunion du Club.*  
**Jeu**di 2 février 2012 de 10 h à 13 h au BDL.

**Absents ou excusés : 13** (Anny Cazenave, Aline Chabreuil, Yves Fouquart, Michel Gauthier, Patrick Geistdoerfer, José Gonella, JP Guinard, Guy Jacques, Michel Lefebvre, Erik Orsenna, Jean Pailleux, Bernard Pouyau, Bruno Voituriez).

**Participants attendus 7 :** (François Barlier, Pierre Bauer, Yves Dandonneau, Jacques Merle, Michel Petit, Madeleine Zaharia, Raymond Zaharia).

Michel Lefebvre recevra la légion d'honneur le 11 mai. Elle lui sera remise par François Barlier, salle Coriolis à l'observatoire Midi-Pyrénées. Les Argonautes y sont évidemment bienvenus et encouragés à y assister.

**Adoption du compte rendu de la réunion 87 :** pour la version définitive, quelques points restent à compléter.

**La date de l'assemblée générale annuelle du Club** a été fixée au 8 mars : rapports moral et financier. Revoir le montant des cotisations ?

**Prochaines réunions.**

Le 8 mars au BDL (exposé de Bernard Pouyau).

Le 3 avril (la salle de réunion du BDL n'est pas libre ce jour : reporter au 5 avril ? Pas de décision pour le moment faute de participants en nombre suffisant.

Le 3 mai au BDL

Le 14 juin au BDL

La réunion du 14 juin sera suivie du « pot des Argonautes » envisagé à la Maison des Côtes d'Armor (Bd Raspail) Pierre Bauer a fait la demande au BDL pour toutes les réservations de la salle de réunions

La situation du BDL à l'Institut de France n'est pas à l'abri de restructurations, et on ne peut donc pas être certains de la disponibilité de la salle du Bureau des Longitudes dans le futur.

Exposés à venir : Bernard Seguin, Yves Fouquart, Jean Marvaldi, Matthieu Lengaigne (à relancer par Yves Dandonneau). Bruno Voituriez pourrait aussi contacter Feris Webster. André Berger (si son emploi du temps le permet ; contact : Raymond Zaharia)

**manifestations, colloques, publications d'ouvrages**

**\*- Liste des conférences 2012 organisées à l'Observatoire Océanologique ou Laboratoire Arago (CNRS-UPMC) de Banyuls/Mer.** A souligner :

**8 février 2012 :** Energie solaire : les dernières avancées par Régis OLIVES

**28 Mars 2012 :** Réchauffement climatique : le poisson y perd son "temps" par Jack FALCON

**8 Août 2012 :** Les ennemis intimes de l'homme par Alain COUTE et Catherine PERRETTE

**5 Septembre 2012 :** L'Homme à la recherche de nouveaux mondes et de ses origines par Sylvie VAUCLAIR

**17 Octobre 2012 :** Avancées technologiques, écologiques et économiques dans la capture des eaux du brouillard par **Alain GIODA**

Pour en savoir plus : Mme Sophie Sanchez

Chargée des Relations Extérieures

Observatoire Océanologique de Banyuls

Avenue du Fontaulé 66650 BANYULS SUR MER

Tel : 04.68.88.73.00 – Fax : 04.68.88.16.99

**\*- Le 30 mars au Collège de France :** réédition du cycle de conférences de 2011

Vendredi 30 mars 2012 9h00-18h30

9h00 Édouard BARD (Collège de France & CEREGE, Aix-en-Provence) Introduction and paleoceanographic perspective

10h00 Gilles REVERDIN (CNRS, Laboratoire d'Océanographie et du Climat, IPSL, 4, Place Jussieu, Paris) Atlantic surface currents

11h00 Harry BRYDEN (School of Ocean and Earth Science, Université de Southampton) Variability in the deep circulation of the North Atlantic Ocean

12h00 Pause déjeuner

14h00 Monika RHEIN (Institut de Physique Environnementale, Université de Brême) Changes in water mass formation and spreading pathways in the North Atlantic

15h00 Jochem MAROTZKE (Institut Max Planck de Météorologie, Hambourg) Predictability and prediction of Atlantic circulation and climate

16h00 Pause café

16h30 Mathieu ROUAULT (Département d'Océanographie, Université du Cap, Afrique du Sud) Hydrographic data on the Agulhas Current in the context of the Indian, Atlantic and Southern Ocean circulations

17h30 Arne BIASTOCH (GEOMAR, Centre Helmholtz pour la Recherche sur l'Océan, Kiel) Modelling the Agulhas Current and its coupling with the Atlantic circulation

18h30 Discussion et débat

Amphithéâtre Marguerite de Navarre

Accès libre dans la limite des places disponibles

11, place Marcelin-Berthelot 75005 Paris

\*- Alain Gioda nous signale l'**ouvrage de Jean Pierre Chalon « faire la pluie ou le beau temps »**, publié récemment. Michel Petit a lu cet ouvrage, qui porte sur les méthodes utilisées pour modifier la grêle, le verglas etc...

A ce propos, notons que le GIEC dans son dernier rapport développe la partie consacrée à la géoingénierie davantage que dans les rapports précédents.

\*- Demande d'intervenants de la part de l'IPSL

La demande d'un intervenant à Dublin émane de l'attaché scientifique à l'ambassade de France en Irlande, sur le conseil de Claire Nouvian (association « Bloom ») et à la demande de la Directrice de l'Alliance française de Dublin. Il souhaiterait avoir un conférencier français pour intervenir autour d'un film sur le recouvrement annoncé d'îles (en l'occurrence : les îles Tuvalu) dans le Pacifique, aujourd'hui 'paradisiques', par les flots d'ici quelques années : Jacques Merle qui a déjà eu l'occasion de se rendre dans ces îles met en garde contre le côté très surfait et conventionnel des débats autour de cette submersion des atolls, qui résulterait non seulement de l'élévation du niveau moyen des océans, mais aussi de la tectonique, et ne souhaite pas répondre à cette demande.

**Ouvrage collectif sur le climat** : une recension a été publiée dans le journal « L'Astronomie » par François Spite (nous en avons eu la primeur lors de la réunion de décembre dernier (voir annexe 1). Cette recension est à garder en bonne place car elle contient des recommandations très utiles au cas où l'ouvrage viendrait à être réédité.

Nous n'avons toujours pas de nouvelles quant au tirage effectué et aux ventes. Aline pourrait elle demander ce qu'il en est au Cherche Midi ?

### **Energie Thermique des Mers et autres énergies marines.**

La préférence de DCNS pour un site expérimental se porte sur la Martinique (ressource toute l'année) plutôt que sur La Réunion (ressource insuffisante en hiver, et contexte politique devenu moins favorable) (Il se pourrait que le travail de stage de Aude Chayriguet ait joué un rôle pour ce nouveau choix). La mise en route du projet reste toutefois suspendue à l'accord de NER300, qui est la structure européenne susceptible de (et indispensable pour) soutenir le projet.

Yves Dandonneau a rédigé un "commentaire sur le commentaire" de G Nihous à l'article de Dutreuil sur le bilan carbone des upwellings artificiels. Il y calcule sous plusieurs hypothèses de configuration des centrales ETM des émissions de gaz carbonique qui sont inférieures d'un facteur 10 à 300 à celles occasionnées par une centrale thermique fonctionnant au méthane et fournissant la même puissance.

Ces estimations sont toutefois à revoir en s'appuyant sur des configurations plus réalistes des centrales ETM (qui utilisent moins d'eau froide que d'eau chaude, et la rejettent non pas à 15°C mais à 8°C) et en les comparant à celles éventuellement déjà esquissées (Michel Gauthier signale deux IOA newsletters qui traitent du sujet).

### **Articles et pages web signalées**

\*- José Gonella nous a fait profiter de la carte de Vœux \*l'océan de l'intérieur\* (vu par les déplacements des flotteurs Argo issus de la base de données ANDRO) réalisée par Michel Ollitrault avec la participation de Jean-Philippe Rannou (moyenne de la circulation 1999-2009 à 1000m environ), travail monumental conduit depuis 5 ans par le seul soutien de l'Ifremer. A noter le nombre de courants et contre-courants à proximité de l'équateur. Les cartes montrées sont à 1000 m de profondeur, ce qui rend ce résultat tout à fait plausible (les courants de surface qui nous sont plus familiers ne présentent pas une telle structuration).

\*- anecdote signalée par Raymond Zaharia le 6 janvier à propos du comportement anormal des oiseaux après ingestion d'acide domoïque synthétisé par des blooms de diatomées (cf « les oiseaux » de Hitchcock). Yves

Dandonneau signale que les articles traitant des intoxications par l'acide domoïque les attribue trop systématiquement aux diatomées, alors que cet acide est synthétisé par beaucoup d'autres espèces.

\*- Alain Gioda nous a signalé un article qui commémore les premières mesures de concentration en CO<sub>2</sub> en Terre de Feu lors de la première année polaire internationale (voir annexe 2). Ces mesures indiquent une concentration en CO<sub>2</sub> de 256 ppm, c'est-à-dire inférieures à ce qui est en général considéré pour caractériser le début de l'ère industrielle (nous disposons de très peu de mesures pour caractériser cette période). La discussion porte sur la difficulté et l'intérêt de rechercher de telles données dans les archives écrites ou imprimées.

\*- plusieurs articles ou pages web suite au travail du Max Plank Institute sur la prévisibilité du transfert de chaleur de l'Atlantique tropical vers l'Atlantique nord par le Gulf Stream. Selon ces travaux, ce transport ne devrait pas présenter d'anomalies d'ici 2014 au moins. A suivre...

\*- Signalé par Bruno Voituriez le 23 janvier, l'article dont le résumé est ci-dessous :

Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security  
Drew Shindell,<sup>1\*</sup> Johan C. I. Kuylenstierna,<sup>2</sup> Elisabetta Vignati,<sup>3</sup> Rita van Dingenen,<sup>3</sup>  
Markus Amann,<sup>4</sup> Zbigniew Klimont,<sup>4</sup> Susan C. Anenberg,<sup>5</sup> Nicholas Muller,<sup>6</sup>  
Greet Janssens-Maenhout,<sup>3</sup> Frank Raes,<sup>3</sup> Joel Schwartz,<sup>7</sup> Greg Faluvegi,<sup>1</sup> Luca Pozzoli,<sup>3†</sup>  
Kaarle Kupiainen,<sup>4</sup> Lena Höglund-Isaksson,<sup>4</sup> Lisa Emberson,<sup>2</sup> David Streets,<sup>8</sup>  
V. Ramanathan,<sup>9</sup> Kevin Hicks,<sup>2</sup> N. T. Kim Oanh,<sup>10</sup> George Milly,<sup>1</sup> Martin Williams,<sup>11</sup>  
Volodymyr Demkine,<sup>12</sup> David Fowler<sup>13</sup>

Tropospheric ozone and black carbon (BC) contribute to both degraded air quality and global warming. We considered ~400 emission control measures to reduce these pollutants by using current technology and experience. We identified 14 measures targeting methane and BC emissions that reduce projected global mean warming ~0.5°C by 2050. This strategy avoids 0.7 to 4.7 million annual premature deaths from outdoor air pollution and increases annual crop yields by 30 to 135 million metric tons due to ozone reductions in 2030 and beyond. Benefits of methane emissions reductions are valued at \$700 to \$5000 per metric ton, which is well above typical marginal abatement costs (less than \$250). The selected controls target different sources and influence climate on shorter time scales than those of carbon dioxide-reduction measures. Implementing both substantially reduces the risks of crossing the 2°C threshold.

Selon cet article, l'effet d'un effort pour réduire les émissions de méthane et de suies (tout en limitant aussi celles de gaz carbonique) aurait, un coût abordable, un effet marqué sur le réchauffement climatique, en réduisant de 0,5°C l'augmentation de la température moyenne globale.

Michel Petit fait remarquer que ceci risque d'avoir un intérêt limité parce que la durée de vie du méthane et celle des suies est très inférieure à celle du CO<sub>2</sub>. Attention aussi à ne pas s'enthousiasmer trop vite : il ne faut pas en conclure qu'un relâchement est possible sur le CO<sub>2</sub>.

\*- Article (signalé par Yves Fouquart sur le site [skepticalscience](http://skepticalscience.com)) de Loeb et al qui fait le point sur les mesures de bilan radiatif et conclut que dans la limite des précisions instrumentales, il n'y a pas de chaleur manquante : de 2001 à 2010 l'océan a accumulé de la chaleur à raison de 0,5 W/m<sup>2</sup>. Ce travail est à rapprocher de celui de Trenberth dont les résultats conduisent à admettre une énergie manquante, et qui a suscité de nombreux débats.

\*- J. C. Allegre a signé un article dans le Wall Street Journal où il met toujours en doute le changement climatique. Les scientifiques réagissent...

Le niveau de cet article est assez consternant. Des climatologues se sont coordonnés pour riposter.

### Discussions

\*- Augmentation de Vm<sub>0g</sub> : une variation de l'état de surface de la mer peut elle en être la cause ? (cf message de Yves Dandonneau sur le rôle possible des huiles et autres polluants).

Illustration : on voit très souvent en mer des traînées parallèles brillantes séparées par des bandes où la mer est hachée par le vent. L'aspect brillant correspond à un état de la mer plus calme et vient de substances lipidiques qui existent à l'état naturel en mer et qui sont concentrées dans les zones de convergences de systèmes de convection appelés cellules de Langmuir. On peut donc avoir, sous un même vent, des états de mer différents causés par la présence en plus ou moins grande abondance de substances lipidiques (ou autres). Les algorithmes qui permettent d'estimer la vitesse du vent contiennent donc probablement des paramètres qui sont optimisés pour tenir compte de la variabilité de ces propriétés de surface. Question : sachant que le premier micron de l'océan ne représente que 360 millions de mètres cubes d'eau, n'est il pas affecté depuis quelques dizaines d'années par des apports de polluants en quantité croissante qui pourraient se traduire par un trend de la vitesse moyenne du vent ?

\*- essai de mise en comparaison des divers produits altimétrie avec des phénomènes de périodes connues. José Gonella a conduit une analyse qui montre une relation étonnamment étroite entre le niveau marin moyen et l'une des périodes lunaires.

\*- Dans un message récent, Michel Lefebvre revisite l'idée de déterminer l'albédo terrestre à partir de mesures d'un accéléromètre 3 axes embarqué.

Cette idée n'est pas nouvelle mais elle n'avait pas été exploitée à fond. Un des papiers les plus intéressants de Berroir et Barlier utilisant les données du satellite Cactus n'a jamais été publié.

La raison de ce manque est principalement dans une erreur faite au près traitement et qui a limité arbitrairement la précision à 10m/s<sup>2</sup>. La précision réelle étant au moins dix fois meilleure.

Les accéléromètres ont progressé grâce aux travaux de l'ONERA, l'ANAE a récompensé ce développement.

Il y a de nouveau des possibilités de lancement et de mise en orbite de petits satellites en particulier dans les bandes tropicales, il faut examiner bien sûr la précision de l'ensemble du système et la couverture en albedo qu'on pourrait obtenir.

Commentaire de François Barlier : il s'agit d'un capteur sphérique qui mesure à la fois le flux descendant et le flux ascendant, donc, il mesure synoptiquement la différence entre les deux flux, à l'altitude du satellite, de nuit comme de jour. Cette possibilité sera à re-discuter lors de la prochaine réunion en bénéficiant de la présence de Jean Pailleux et de Yves Fouquart. Le but serait de bien formuler cette idée et de la transmettre pour un colloque de prospective du CNES.

### **Site web du Club**

La FAQ sur climat et météo de Jean Pailleux a suscité beaucoup d'intérêt de la part des Argonautes qui accueillent favorablement et à l'unanimité les dernières retouches selon la suite tracée par Jean dans son dernier message.

Le site web des Argonautes comporte des ordres de grandeur relatifs aux océans (superficie, volume, contenu en sel etc...). Le tableau publié par Bernard Pouyaud sur des données analogues concernant le cycle de l'eau dans l'ouvrage sur le climat pourrait y figurer aussi. Et pourquoi pas des ordres de grandeur pour l'atmosphère ? La proposition est acceptée. Elle implique quelques modifications dans l'organisation des pages web de notre site, ce à quoi Madeleine Zaharia réfléchira.

Madeleine fait le point en décembre sur les statistiques des visites. Notre site obtient un bon classement pour le taux de visites. Le site du club présente en accès limité des statistiques sur la fréquentation du site. Pour les consulter, aller à accès réservé et s'identifier par « vieduclub » avec comme mot de passe « argo ».

L'ordre du jour étant épuisé, la réunion ne se poursuit pas l'après midi.

## Une Planète et des Hommes.doc

Revue

par François Spite

L'Astronomie N°47, Février 2012, p. 66

Climat

Une planète et des hommes

Edition recherche-midi 2011

Ce livre est particulièrement bienvenu : il réunit, sur un problème d'actualité d'importance évidente, des explications claires données par des spécialistes des différents aspects scientifiques du problème. Sur ce sujet complexe, qui soulève des controverses, le livre s'attache soigneusement aux faits observés. En commençant par des choses simples (les dates des vendanges par exemple). En passant ensuite à des points plus abstraits, mais les exposés sont clairs et aisément compréhensibles par tout lecteur ayant le niveau du bac : il n'y a pas une seule formule ! Il n'y a presque pas d'images et de graphiques, par souci de simplicité. Le livre pourrait effrayer par son épaisseur (plus de 300 courtes pages), mais à tort : la typographie est très aérée, les caractères sont gros, aisément lisibles dans le train ou le métro. Le texte aide le lecteur, simplement et progressivement, à comprendre les points litigieux.

Le livre traite du changement du climat qui se manifeste notamment par un réchauffement global. Les mesures montrent que, en gros depuis un siècle, la température globale et le niveau des océans ont augmenté, de façon plus ou moins régulière. Mais cette augmentation va-t-elle continuer ? est-ce un caprice inexplicable et momentané de la nature ? Le livre expose les arguments qui font que la seule explication solide capable actuellement d'expliquer les observations, est l'émission anthropique de gaz à effet de serre qui s'ajoute aux effets naturels. Il est montré comment ce petit supplément suffit à dérégler l'ensemble : ce qui paraît surprenant à première vue. Pourtant les alternances des glaciations et des périodes interglaciaires, qui jalonnent le passé lointain de notre planète, montrent que le système du climat terrestre est instable: il bascule facilement.

Le livre explique le problème (souvent mal compris) des "modèles" : le climat est un ensemble d'interactions complexes, et on ne peut pas simuler en laboratoire (même immense !) les glaciers, les vents, les océans, les courants... Il faut donc nécessairement simuler le système complexe à partir des lois de la physique (les lois de la nature). Et bien des gens ont une méfiance instinctive des calculs par ordinateurs. Pourtant nos voitures, nos avions, nos fusées, nos satellites ... sont conçus sur ordinateurs; et nous nous en accommodons fort bien. Les astronomes ne peuvent étudier les étoiles ni les explosions cosmiques en laboratoire : leurs recherches se font essentiellement à partir de simulations (modèles) basées sur les lois de la physique. Certes, nos connaissances des lois de la nature sont encore imparfaites. Mais on commence à connaître en détail les climats du passé. Les différents modèles de climat, construits indépendamment par des équipes différentes, commencent à représenter fidèlement les faits du passé et du présent : leurs prédictions de l'avenir sont donc à prendre au sérieux.

Ces prédictions nous disent que les changements observés vont très probablement continuer, et qu'il convient de prendre dès maintenant des mesures adéquates pour éviter nombre d'effets néfastes. Il faut donc diminuer les émissions de gaz à effet de serre. Et atténuer leurs effets (réserves d'eau contre les sécheresses par exemple). Il faut envisager de diminuer l'échauffement global (par exemple en rendant l'atmosphère terrestre réfléchissante : mais cette géoingénierie pourrait se révéler dangereuse, il faudrait être très prudent). Le livre donne au lecteur les éléments de base nécessaires pour former son jugement. Or, face à ce problème crucial, il faut éviter de se fier à de simples impressions personnelles.

A mon avis, les notions de rétroactions sont définies de façon rigoureuses, mais cette notion capitale dans le problème du climat aurait gagné à être encore mieux explicitée, de façon concrète. Par exemple (en simplifiant) lorsque la température augmente, la quantité de CO<sub>2</sub> augmente (perte de solubilité des océans), ce qui fait monter la température (par effet de serre) alors le CO<sub>2</sub> augmente de nouveau, donc la température etc : les médias traduisent généralement cet enchaînement par "augmentation exponentielle"

terme incorrect mais imagé : évoquant une spirale infernale. C'est bien cet enchaînement qui est capable de rendre un effet additionnel mineur (augmentation anthropique de gaz à effet de serre) en déclencheur d'un changement important et auto-accélérateur. Un autre exemple est l'enchaînement décrit par Milankovitch (dans sa théorie astronomique du climat) : une diminution de surface des glaces réfléchissantes réchauffe l'Arctique ce qui fait fondre les glaces qui diminuent leur surface, qui fait réchauffer etc.

Ce livre est basé sur les données les plus récentes : mais vu les délais d'impression, des faits nouveaux sont apparus. Par exemple la montée de la température globale continentale a été recalculée indépendamment par un groupe de physiciens (projet Berkeley Earth Surface Temperature); ils se méfiaient des méthodes statistiques des climatologues: les résultats de ce projet en diffèrent à peine (les climatologues avaient pourtant été violemment critiqués à l'époque par les sceptiques). Notons que, depuis une dizaine d'années, la montée du niveau moyen de la mer observée par altimétrie satellitaire s'explique plus par la fonte des glaces continentales (60%) que par le réchauffement de l'océan avec son expansion thermique associée (40%). Ce rapport peut changer et doit être observée de façon pérenne par toutes sortes de mesures et toutes sortes de satellites. Ainsi, c'est bien le satellite GRACE qui montre que la masse des glaces de l'Antarctique et du Groenland est en diminution et cela à partir de la mesure des variations du champ de gravité de la Terre.

Bien entendu, de nombreuses autres études sont en cours sur d'autres phénomènes : (aérosols, formation des nuages, courants marins etc).

Dans quelque temps, il faudra une mise à jour de ce travail collectif.

## Annexe 2

The first International Polar Year (1882–1883): French measurements of carbon dioxide concentrations in the atmosphere at Bahia Orange, Hoste Island, Tierra del Fuego

F.W.G. Baker

La Combe de Sauve, Venterol, 26110, France

*Received November 2008*

**ABSTRACT.** During the first International Polar Year (1882–1883) the French expedition to Bahia Orange, Hoste Island, Tierra del Fuego carried out a series of 39 measurements of concentrations of carbon dioxide in the atmosphere. These were supplemented by 6 measurements during the return voyage to Cherbourg. In addition 20 similar measurements were made at 4 stations in the northern hemisphere and 17 at 3 stations in the southern hemisphere that were participating in the transit of Venus observations.

Contents

Introduction

Measurements during the 19th century

First IPY measurements

Conclusion

Acknowledgement

References

Introduction

Although the series of measurements of the concentrations of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) begun by C.D. Keeling in the International Geophysical Year (1957–1958) is well known, the series made 75 years previously in 1882–1883 by the French first International Polar Year (IPY) expedition is not. In this, the fourth International Polar Year, and when measurements of CO<sub>2</sub> levels in the atmosphere are commonplace, it is appropriate to draw attention to the series made by P. Hyades at Bahia Orange, Hardy Peninsula, Hoste Island, Tierra del Fuego (70°20' 47"W, 55°31'26"S) in 1882–1883. As early as 1869, several French scientists had put forward the idea that the effects of the industrial revolution might be increasing the concentration of CO<sub>2</sub> in the atmosphere. For example Bolin and others (1986) indicated that in 1896 the famous Swedish chemist Svante August Arrhenius had pointed out that the burning of fossil fuels might cause an increase in atmospheric CO<sub>2</sub>.

Several attempts were made to develop a method to measure the concentrations of this gas in a reproducible manner, until one was developed in 1881. Using this method A. Muntz and E. Aubin (1881a) measured the concentrations of CO<sub>2</sub> in Paris and in the countryside near the city. After improvements had been made in the technique, J.B. Dumas (1882) suggested to the organisers of the French first IPY expedition to Bahia Orange that a series of measurements be made of the CO<sub>2</sub> concentrations at that locality. The suggestion was adopted and the French expedition made a series of 39 measurements at Bahia Orange with a mean result of 256ppm and 6 measurements with a mean result of 268ppm during their return journey to Cherbourg.

G.S. Golitsyn (1985) gives concentrations of 260ppm to 280ppm for the first half of the 19th century and the French measurements fit within this range. However, Duplessy and Morel (1990: 215), give 280ppm to 290ppm based on measurements of the concentrations obtained from air bubbles in Arctic ice cores, and suggest that the higher levels might be caused by CO<sub>2</sub> from northern hemisphere industries.

Measurements during the 19th century

The method used for measuring the concentrations of CO<sub>2</sub> in the atmosphere at Bahia Orange is given in detail in articles by A. Muntz and E. Aubin (1882b, 1884c) and by Dumas (1882). The description of the method is as follows:

A measured volume of air, of about 160 litres, was drawn at Bahia Orange from an inlet tube at a height of 4 meters above ground and at an altitude of 29 meters and away from possible sources of contamination, into a glass tube with pointed ends containing pumice stone impregnated with a measured solution of potassium hydroxide, free of carbon dioxide. The ends of the tube are cut immediately before the sample is taken and after the sample has been taken the ends of the tube are resealed. The tubes can then either be transported to the laboratory where the carbon dioxide is extracted and the concentration is measured or, since the tubes are enclosed in metal boxes, the tubes and their contents can be kept more or less indefinitely and the concentrations of carbon dioxide measured later. For each measurement two samples are taken. The 160 litres of air contained some 90 ml of CO<sub>2</sub>. Two samples were taken each day and because of the time taken to carry out the sampling, there was an interval between the taking of the two samples, as indicated in the tables of results. The question naturally arises concerning where the analyses were performed. It is certain that those taken on board the vessel were taken to Paris for analysis as were all the samples taken at the stations participating in the transit of Venus observations. It is evident from some of the descriptions of earlier sampling by Muntz and Aubin that those samples were also taken to Paris for analysis. The glass tubes containing the samples were put in metal cases and the samples once introduced and sealed into the tubes could be analysed at any time. It is certain that some of the samples were analysed at the Conservatoire des Arts et Métiers, Paris and there may be some samples that were never analysed.

Muntz and Aubin published (1881b) an article entitled 'Sur la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air' (On the concentrations of carbon dioxide in the atmosphere) in which they presented the results of three measurements made on 1 April 1881 which gave 273ppm, 290ppm, and 299ppm. They indicated that the increase was associated with a darkening of the sky.

The concentrations of CO<sub>2</sub> in the atmosphere made in 1869, 1870 and 1871 at Rostock, northern Germany, by F. Schultze (Dumas 1882) gave 287ppm, 290ppm, and 301ppm while the 193 measurements made by J. Reiset in 1872, 1873 and 1879 on the sea shore, in the countryside, at ground level, in crops, in woods and in Paris varied from 294ppm to 310ppm. Following these measurements, J.B. Dumas (1882) put forward the idea that the industrial revolution might be increasing the concentrations of CO<sub>2</sub> in the atmosphere and several attempts were made to verify this. For example, Muntz and Aubin (1881c) made observations in the 'high' atmosphere (although measurements with similar results had already been made from a balloon in 1875) at

2877m at the top of the Pic du Midi from 9 to 14 August 1881 with concentrations in the range 276ppm to 301ppm and at lower levels on 5 to 7 August at Pierrefitte (507 m) where the results were 279ppm to 300ppm, and at Luz (730 m) with a result of 269ppm. From these, they deduced that CO<sub>2</sub> is uniformly distributed in the atmosphere.

#### First IPY measurements

J.B. Dumas (1882) suggested to a meeting of the French academy on 6 March 1882 that advantage be taken of the French first IPY expedition to Bahia Orange and of other expeditions making observations of the transit of Venus to take place on 6 December 1882, to make measurements of CO<sub>2</sub> concentrations in the atmosphere; and that if the measurements proved effective, to organise annual observations at well selected stations in different parts of the globe. Fortunately the first suggestion was adopted but unfortunately the second was not.

Almost at the last minute, the organisers of the French IPY expedition being transported in the vessel *Romanche* agreed to carry out such measurements in the more pristine environment of Bahia Orange so that these could be compared with the measurements made earlier in France, where it was thought the effects of pollution would be more apparent. Muntz and Aubin (1882b) prepared the necessary equipment and instructed P. Hyades, the ship's medical doctor, concerning how to use it. *Romanche* left Cherbourg on 17 July 1882 and arrived at Bahia Orange on 6 September 1882.

The measurements began on 31 October 1882 and would seem to be the first long series of measurements of concentrations of CO<sub>2</sub> to be made in the southern hemisphere. The 39 measurements made at the Bahia Orange station covered the period up to 1 July 1883. In addition six measurements were made between 20 September and 21 October 1883 on board *Romanche* during the return voyage to Cherbourg. The individual measurements are set out in Tables 1 and 2. The average of the readings at Bahia Orange was 256ppm and for the observations made on board *Romanche* the average was 268ppm which the authors indicate as being approximately the mean of the observation made in France and those made at Bahia Orange. The maximum and minimum concentrations recorded at Bahia Orange were 285ppm and 231ppm and on *Romanche* 277ppm and 247ppm. The official report (Martial 1885–1891) giving all the observations was published between 1885 and 1891. The CO<sub>2</sub> measurements made at Bahia Orange were published by Muntz and Aubin in 1886 but this is essentially a copy of the paper they presented earlier to the French academy of sciences (Muntz and Aubin 1884c).

Muntz and Aubin (1884a) also made a preliminary presentation to the French academy of the results of the measurements made at stations participating in observations of the transit of Venus in Chile, Haiti, Florida, Martinique, Mexico: and in Patagonia at Chubut and Santa Cruz.

#### Conclusion

In view of the interest of several eminent French scientists in the concentrations of CO<sub>2</sub> in the atmosphere and of the proposal of J.B. Dumas (1882) to continue annual observations at a number of stations throughout the world if those made at Bahia Orange were successful, it seems strange that neither French nor other scientists, seem to have been very interested in the results obtained by the French first IPY expedition nor of those made by the transit of Venus stations. The existence of the former has already been noted in *Polar Record* (Baker 1982). It would be interesting today to repeat some of the measurements using the same technique in order to compare the measurements made at the end of the 19th century with those of today. In any case, if one plots the 19th century measurements on the curve given by Duplessy and Morel (1990) we see that they are slightly below those obtained from the analysis of the gas contained in bubbles of air from Arctic ice cores. This may be due to the difference in measuring techniques or because of the increase in CO<sub>2</sub> concentrations caused by northern hemisphere industries, as they suggest.

#### Acknowledgement

Thanks are due to the archivist and the staff of the Archives de l'Académie des Sciences, Paris for their help in finding documentary material.

Table 1. Observations of Carbon Dioxide Concentrations at Bahia Orange, French IPY Station (70°20' 47"W, 55°31'26" S).

Dates Time Air Temperature

°C

Barometric

Pressure mm

Concentrations of  
carbon dioxide ppm

1882

31 Oct. 13.40 & 18.10 +4.2 737.0 250

10 Nov. 15.11 & 18.20 9.0 740.5 252

20 Nov. 10.02 & 12.53 6.5 742.4 268

01 Dec. 19.20 & 22.47 9.3 752.5 251

14 Dec. 16.37 & 20.07 8.8 750.0 251

20/21 Dec. 22.50 & 02.55 6.0 743.7 257

1883

01 Jan. 05.11 & 08.00 9.6 749.6 257

10 Jan. 13.52 & 16.20 6.0 750.5 265

20 Jan. 23.10 & 01.43 6.0 728.2 243

01 Feb. 06.03 & 08.23 6.8 754.0 266

10 Feb. 14.22 & 16.33 3.0 737.3 276

20 Feb. 22.45 & 01.36 8.0 741.4 272

01 Mar. 07.32 & 10.03 9.0 735.0 261

06 Mar 00.45 & 03.08 2.0 729.6 261

10 Mar 01.43 & 04.33 8.5 751.8 254

20 Mar 22.33 & 01.12 6.0 735.6 247

31 Mar 06.40 & 09.25 3.5 752.9 254

01 Apr 06.27 & 08.50 5.5 745.7 250  
 10 Apr 22.35 & 01.05 11.0 739.8 260  
 20 Apr 22.05 & 00.35 4.0 741.2 252  
 10 May 15.04 & 17.35 5.0 752.0 262  
 10 May 20.21 & 23.04 3.0 749.3 265  
 20 May 23.31 & 03.18 6.0 751.2 285  
 01 June 09.00 & 11.54 6.2 746.2 263  
 09 June 21.33 & 01.03 0.0 738.9 255  
 10 June 11.57 & 15.10 1.0 740.0 247  
 10 June 21.29 & 00.10 2.0 738.0 238  
 16 June 10.23 & 13.55 1.5 752.7 231  
 16 June 20.03 & 23.31 2.6 753.9 232  
 17 June 20.19 & 23.59 3.0 753.5 259  
 18 June 20.09 & 23.35 0.0 761.6 255  
 21 June 10.34 & 13.39 4.0 758.9 251  
 27 June 11.52 & 15.27 2.4 750.9 258  
 27 June 20.25 & 23.40 2.0 750.2 260  
 28 June 20.18 & 23.59 4.5 752.8 260  
 29 June 20.26 & 00.05 2.0 753.9 250  
 30 June 20.04 & 23.33 3.8 741.4 244  
 01 July 04.27 & 07.42 2.0 737.5 275

Table 2. Observations made on board *Romanche*.

Dates Time Air temperature

°C

Barometric

Pressure mm

Concentrations of  
carbon dioxide ppm

1883

20 Sept. 14.35 & 17.15 10,0 765.2 274

28 Sept. 14.04 & 16.30 20,5 766.5 277

01 Oct. 09.30 & 11.35 21,0 766.1 272

04 Oct 14.34 & 17.04 21,0 765.7 270

16 Oct 12.36 & 14.48 26,0 761.1 249

21 Oct 12.27 & 14.46 27,0 761.3 270

Notes to the tables.

1. The tables given in Muntz and Aubin (1884b, 1884c and 1886) also include weather, wind speed and direction, hygrometry, volume of air analysed and the concentration of CO<sub>2</sub> calculated for 0°C and 760 mm pressure.

Since these do not modify the concentrations of CO<sub>2</sub> they have been omitted for simplicity's sake.

2. The coordinates are as stated by Muntz and Aubin in the final report. However, several sets of coordinates for the station (possibly for different buildings) are given in different sources. That used for taking the CO<sub>2</sub> samples was 35 m from the nearest inhabited building on the base.