



GINKGOéditeur



Une histoire des sciences de l'atmosphère, de l'océan et du climat depuis l'espace



Racontée par ses acteurs français, européens et leurs partenaires

Une longue gestation...

- Peu avant la publication en 2016 d'un ouvrage intitulé « **L'Observation spatiale de la Terre optique et radar – la France et l'Europe pionnières** », le projet d'un deuxième volume consacré à l'observation de la Terre a été lancé en mai 2015 par l'IFHE qui m'en a confié la responsabilité.
- Les thèmes à couvrir étaient **l'atmosphère, l'océan et la météorologie**.
- J'ai constitué un **Comité éditorial** composé initialement de Marie-Lise Chanin, Jean-Claude André, Alain Ratier, Philippe Waldteufel, Jean-François Minster, Pascale Delecluse (CNRS/INSU, qui s'en est retirée très tôt), Guy Duchossois et Jean-Jacques Dechezelles
- Le Comité éditorial n'a pas retenu l'idée de **Volume 2** : le livre traiterait de thèmes scientifiques et non de techniques d'observation. Le plan de travail visait un manuscrit achevé à la **fin 2017**.

Au résultat, un champ allégé et étendu

- Au fil du temps, il s'est avéré impossible de couvrir à la fois les domaines scientifiques (atmosphère, océan) et celui de la météorologie, qui pourrait occuper un gros volume à lui seul
- En revanche, il s'est imposé de compléter le champ couvert par l'ouvrage en y ajoutant la question du **climat**, qui est l'aboutissement de décennies d'observation et de recherches portant sur l'atmosphère et l'océan
- Le Comité éditorial s'est séparé de Jean-Jacques Dechezelles, qui avait la responsabilité de la partie consacrée à la météorologie opérationnelle, et malgré l'appui de Gérard Brachet et d'Alain Ratier, s'est avoué dans l'incapacité de compléter cette partie dans un délai raisonnable, en raison de problèmes de santé et du décès de nombreux contributeurs sur qui il comptait...
- Ce remaniement a été proposé à la mi-2023 au CA de l'IFHE qui l'a approuvé.

Le Comité éditorial



Jean-Claude ANDRÉ
(Météo France, CERFACS)

Marie-Lise CHANIN
(CNRS)

Guy DUCHOSSOIS
(ESA)

Jean-Louis FELLOUS
(CNES, IFREMER, COSPAR)

Jean-François MINSTER
(CNRS, IFREMER, Total)

Alain RATIER
(CNES, Météo France, Eumetsat)

Philippe WALDTEUFEL
(CNRS, IPG, MESR, LATMOS)

La table des matières

- **Avant-propos** par Jean-Louis Fellous et les membres du Comité éditorial
- **Préface** du Professeur Pierre Morel[†]
- **Première Partie : Les premiers pas** (Coordinateurs : Jean-Claude André et Philippe Waldteufel)
- **Deuxième Partie : L'étude spatiale de l'atmosphère** (Marie-Lise Chanin)
- **Troisième Partie : L'océanographie spatiale** (Jean-Louis Fellous et Jean-François Minster)
- **Quatrième Partie : L'étude et la surveillance du climat et du système Terre** (Jean-Louis Fellous et Robert Kandel[†])
- **Cinquième Partie : Conclusions et Perspectives** (Josef Aschbacher et Philippe Baptiste)
- **Acronymes et Glossaire**

Les contenus en chiffres

- 143 auteurs et contributeurs – dont 18 décédés entre 2016 et 2024
- 736 pages
- 34 chapitres
- Plus de 200 figures et photos, dont une bonne moitié en quadrichromie (cahier hors-texte)
- Plus de 200 000 mots
- 1 143 000 caractères espaces non compris
- 1 347 000 caractères, espaces compris

Les auteurs et contributeurs

- 143 auteurs et contributeurs dont 117 hommes et 26 femmes (18,2%)
 - 92 auteurs français
 - 29 auteurs européens, dont :
 - 12 auteurs « européens » (ESA, Eumetsat, ECMWF, de diverses nationalités)
 - 8 auteurs allemands
 - 6 auteurs britanniques
 - 1 auteur italien
 - 1 auteur néerlandais
 - 1 auteur suisse
 - 21 auteurs américains
 - 1 auteur canadien

La Préface du Professeur Pierre Morel

- Pierre Morel est décédé le 14 octobre 2024.
- Rédigée en 2016, peu après le lancement du projet, cette préface est probablement le dernier texte scientifique écrit par Pierre Morel. Dans ce texte, il révèle le caractère visionnaire de son œuvre en tant que l'un des premiers dirigeants du CNES, en tant que promoteur vigoureux de la recherche climatique au niveau mondial, et aussi bien en tant que physicien, une discipline dont il était profondément pénétré et qu'il enseignait avec une fougue dont ceux qui ont été ses élèves se souviennent.



Première partie : Les premiers pas

Coordonnée par Jean-Claude André et Philippe Waldteufel

Chapitre 1. La météorologie, l'aéronomie et l'océanographie avant les satellites, par Jean-Claude André, Philippe Waldteufel, Jean-François Minster, Marie-Lise Chanin et Jean-Louis Fellous

Chapitre 2. Les services météorologiques avant les satellites, par Jean-Pierre Javelle et Michel Rochas, et des contributions de Jean-Claude André

Chapitre 3. Les débuts de l'ère spatiale aux États-Unis et en URSS – Premiers regards vers la Terre, par Philippe Waldteufel, Jean-Louis Fellous et Jean-Jacques Dechezelles, et les témoignages de Claude Font† et Denis Lambergeon

Chapitre 4. La France et l'Europe entrent en scène, par Jean-Jacques Dechezelles, Jean-Louis Fellous et Jacques-Émile Blamont†, et les témoignages de Michel Chognott†, Jack Mullert†, Lucien Abadiet† et Roger Imbert†



Le météorographe avec parachute de Teisserenc de Bort, 1898

Deuxième Partie : L'étude spatiale de l'atmosphère (coordonnée par Marie-Lise Chanin)

- **Chapitre 5.** De la naissance à la maturité
- **Chapitre 6.** La montée en puissance de l'aéronomie
- **Chapitre 7.** L'activité variable du soleil. Éclairement solaire total et spectral, et flux de particules. Leur rôle pour l'atmosphère et le climat de la Terre
- **Chapitre 8.** L'environnement ionisé de la Terre : de FR1 aux satellites magnétosphériques GEOS et Cluster
- **Chapitre 9.** Dynamique de l'atmosphère moyenne
- **Chapitre 10.** Le Lidar en orbite : de LASE, LEANDRE à ALISSA, Calipso et Aeolus
- **Chapitre 11.** Le programme Ballons – Dynamique, chimie de l'atmosphère
- **Chapitre 12.** Chimie de la stratosphère et de l'ozone stratosphérique à partir des satellites
- **Chapitre 13.** Les sondeurs embarqués pour la surveillance de la composition de la troposphère
- **Chapitre 14.** POLDER
- **Chapitre 15.** Satellites opérationnels et sondeurs verticaux : TIROS, TOVS, ATOVS – Préhistoire ? Histoire ? Éclaireurs ?
- **Chapitre 16.** Les observations microondes passives depuis les satellites, pour la météorologie
- **Chapitre 17.** L'étude de la composition de l'atmosphère par ERS-1, ERS-2 et Envisat

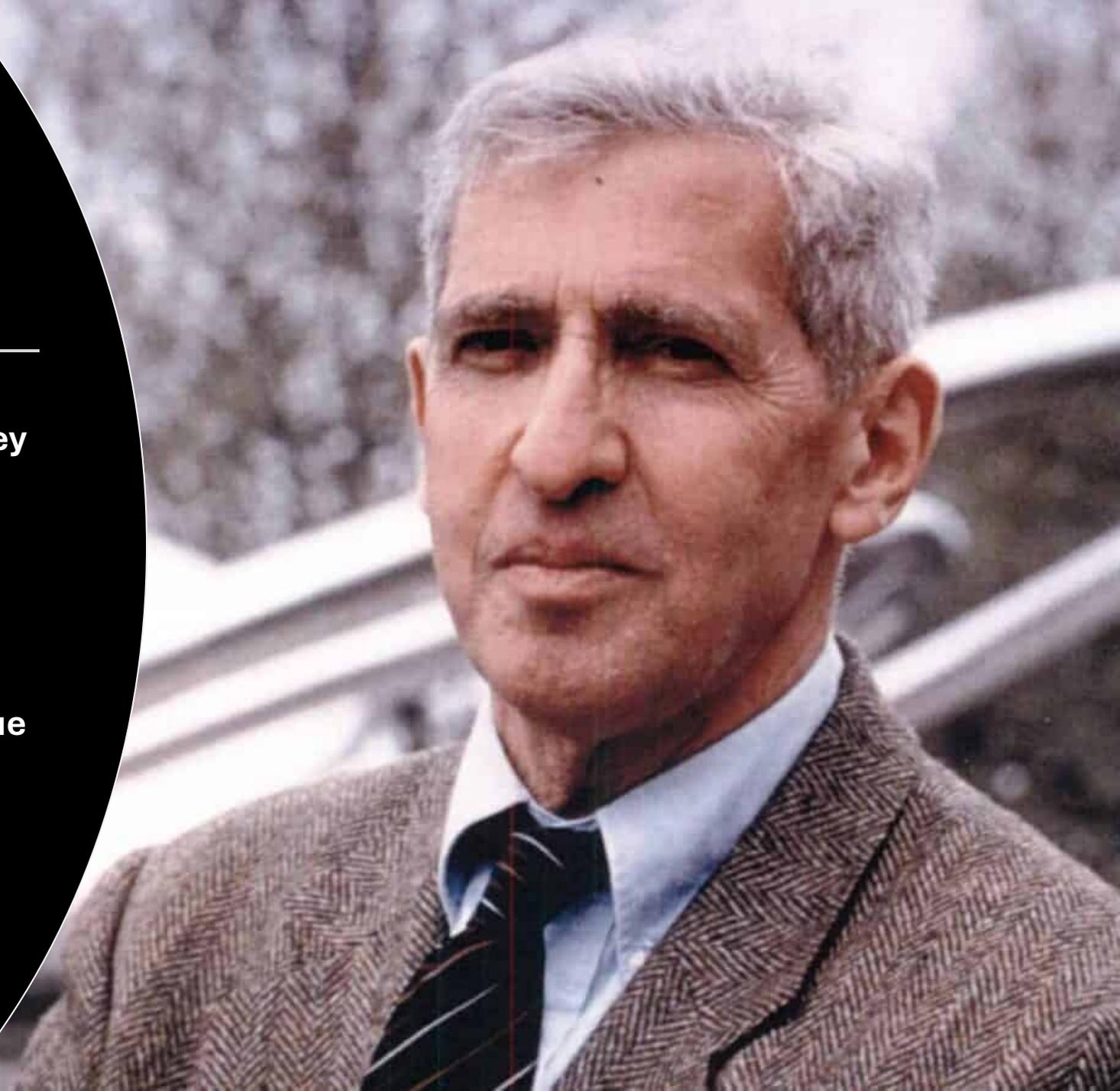
Chapitre 5. De la naissance à la maturité (Jacques-Émile Blamont, 1926-2020)

Blamont développe en France une nouvelle discipline, l'aéronomie, un terme créé par Sydney Chapman en 1954.

Dans la troposphère, l'énergie provient du rayonnement terrestre. Au dessus, dans la stratosphère et de la mésosphère, l'énergie solaire domine et crée un milieu chimiquement actif.

En 1957, il propose d'utiliser les fusées Véronique AGI pour éjecter du sodium au crépuscule, s'inspirant des travaux de Kastler et Bricard qui mesurèrent la température à 90 km grâce à la résonance optique.

Le Service d'Aéronomie introduit rapidement en France des outils innovants : fusées-sondes, satellites, ballons et lidars.

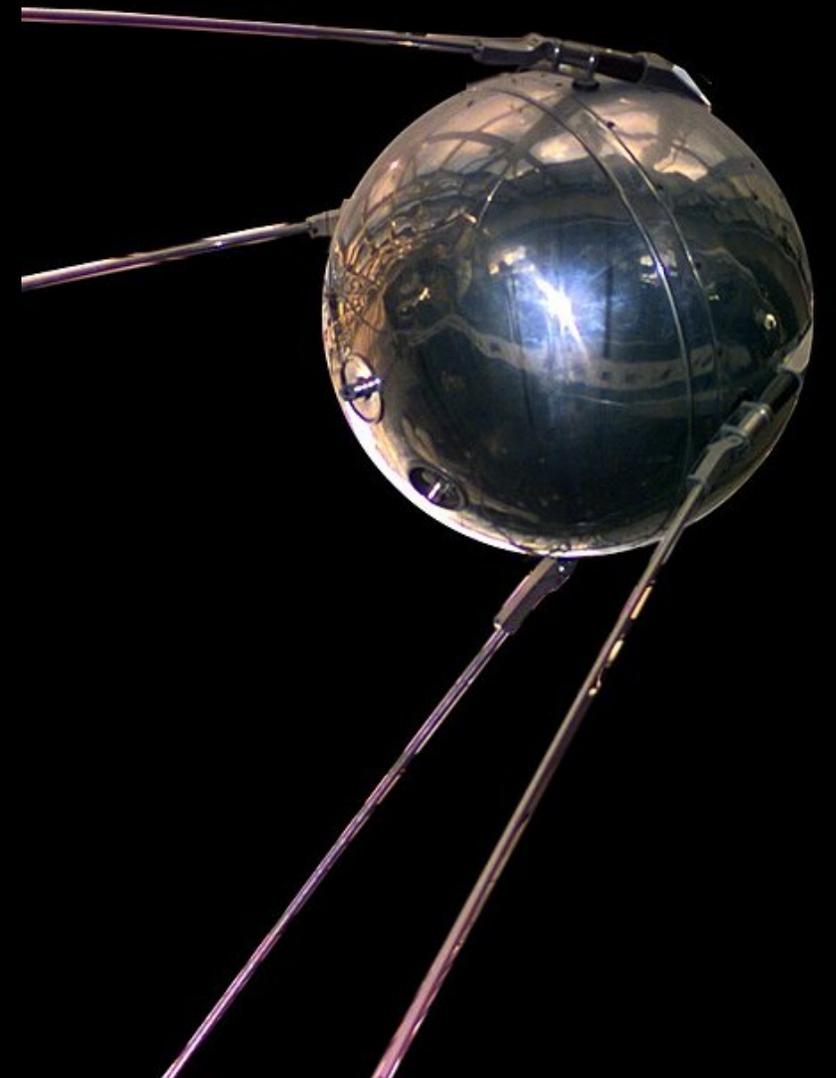


Chapitre 6. La montée en puissance de l'aéronomie (Marie-Lise Chanin)

En 1957-1958, la mise en orbite de Spoutnik marque le lancement de l'époque spatiale.

L'Année Géophysique Internationale (1957-1959) structure les premiers grands programmes, tandis que les mesures de CO₂ débutent à Mauna Loa.

L'instrument Dobson commence peu après les relevés systématiques de l'ozone stratosphérique.

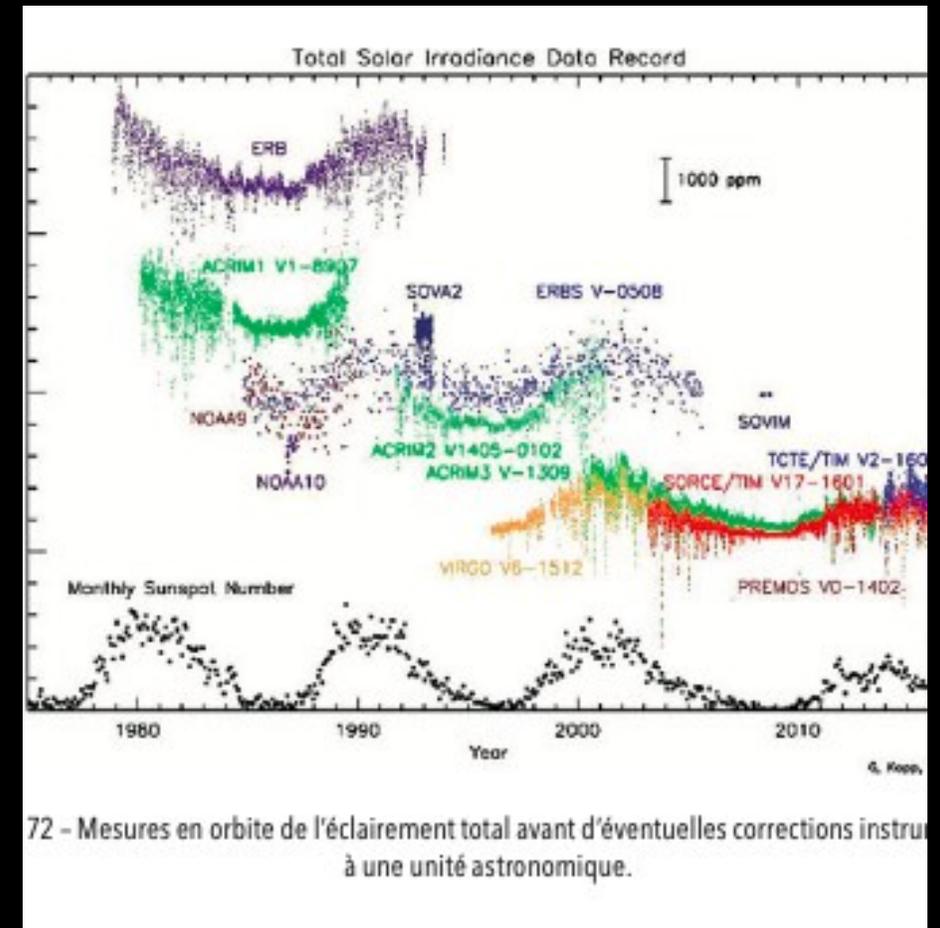


Chapitre 7. L'activité variable du soleil. Éclairement solaire total et spectral, et flux de particules. Leur rôle pour l'atmosphère et le climat de la terre (Gérard Thuillier et des contributions de Sébastien Bourdarie, Claus Fröhlich†, A.I. Shapiro, Gerhard Schmidtke, Sabatino Sofia, et Thomas Woods)

Le soleil, malgré son apparente stabilité, est une étoile variable dont les émissions de photons et de particules fluctuent sur des cycles de plusieurs siècles, influençant le climat terrestre.

Ces variations, bien que faibles (0,1 % pour le TSI), ont des effets mesurables sur le climat, amplifiés par des mécanismes comme les cycles de Milankovitch, dont on a pu voir l'impact sur les célèbres mesures de température et de CO₂ réalisées en Antarctique.

L'éclairement solaire absolu est mesuré dans le spectre visible et infrarouge, mais les longueurs d'onde UV et EUV, bien qu'énergétiquement faibles, ont un impact significatif sur l'atmosphère.



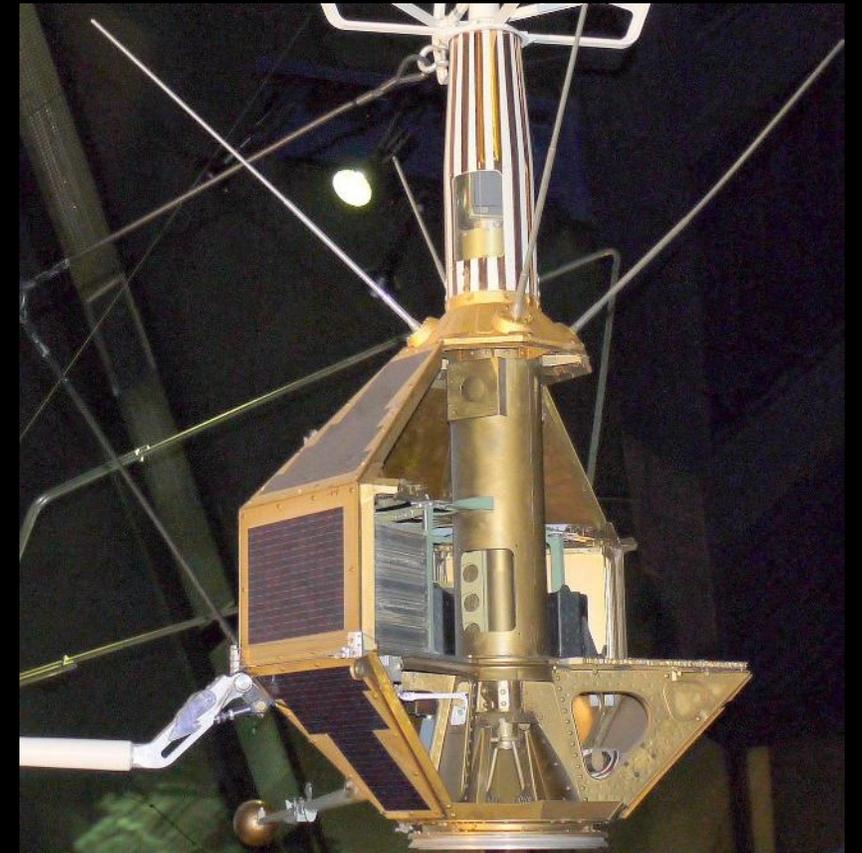
Chapitre 8. L'environnement ionisé de la Terre : de FR1 aux satellites magnétosphériques *GEOS* et *Cluster* (Pierre Bauer et Jean-Jacques Berthelier, et une contribution d'Alain Giraud-Ruby)

En France, Gustave Ferrié encadre les communications dès 1914, tandis qu'Edward Appleton reçoit le Nobel en 1946 pour ses recherches ; mais l'ionosphère supérieure reste peu explorée jusqu'aux travaux d'Owen Storey en 1953, qui résout l'énigme des sifflements.

Au CNET François du Castel développe les recherches fondamentales et prépare l'arrivée des sondeurs ionosphériques.

Owen Storey conçoit à St-Santin un sondeur à diffusion incohérente, combinant un émetteur puissant et le radiotélescope de Nançay pour analyser le plasma ionosphérique.

Owen Storey est aussi à l'origine du satellite français FR1, lancé le 6 décembre 1965 et resté opérationnel jusqu'en 1969, ouvrant la voie à l'étude des ondes dans les plasmas spatiaux.

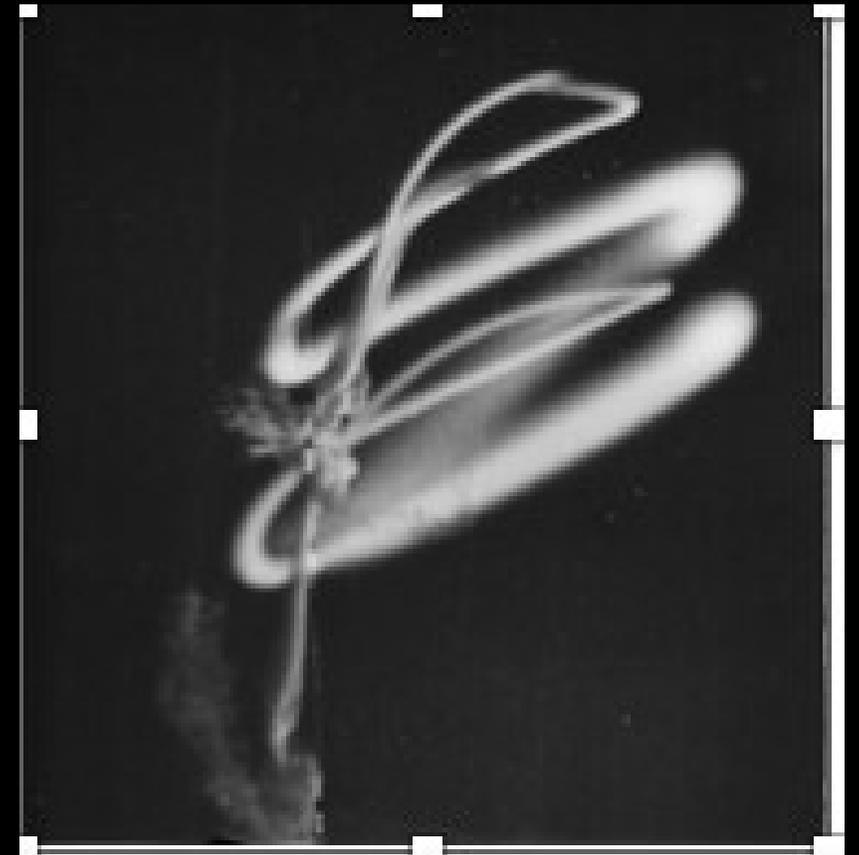


Chapitre 9. Dynamique de l'atmosphère moyenne (Alain Hauchecorne, avec les contributions de Marie-Lise Chanin, Chantal Claudt, Philippe Keckhut, Albert Hertzog et Francis Dalaudier)

Les interactions atmosphériques concernent deux zones clés : la stratosphère (12–50 km), où la température augmente du fait de l'ozone, et la mésosphère (50–90 km), marquée par un refroidissement radiatif.

Dans la stratosphère, les ondes de Rossby et la circulation de Brewer-Dobson modifient vents, température et répartition de l'ozone.

Les travaux du SA et du LATMOS ont permis d'affiner les modèles climatiques et de mieux anticiper les effets des variations du climat.

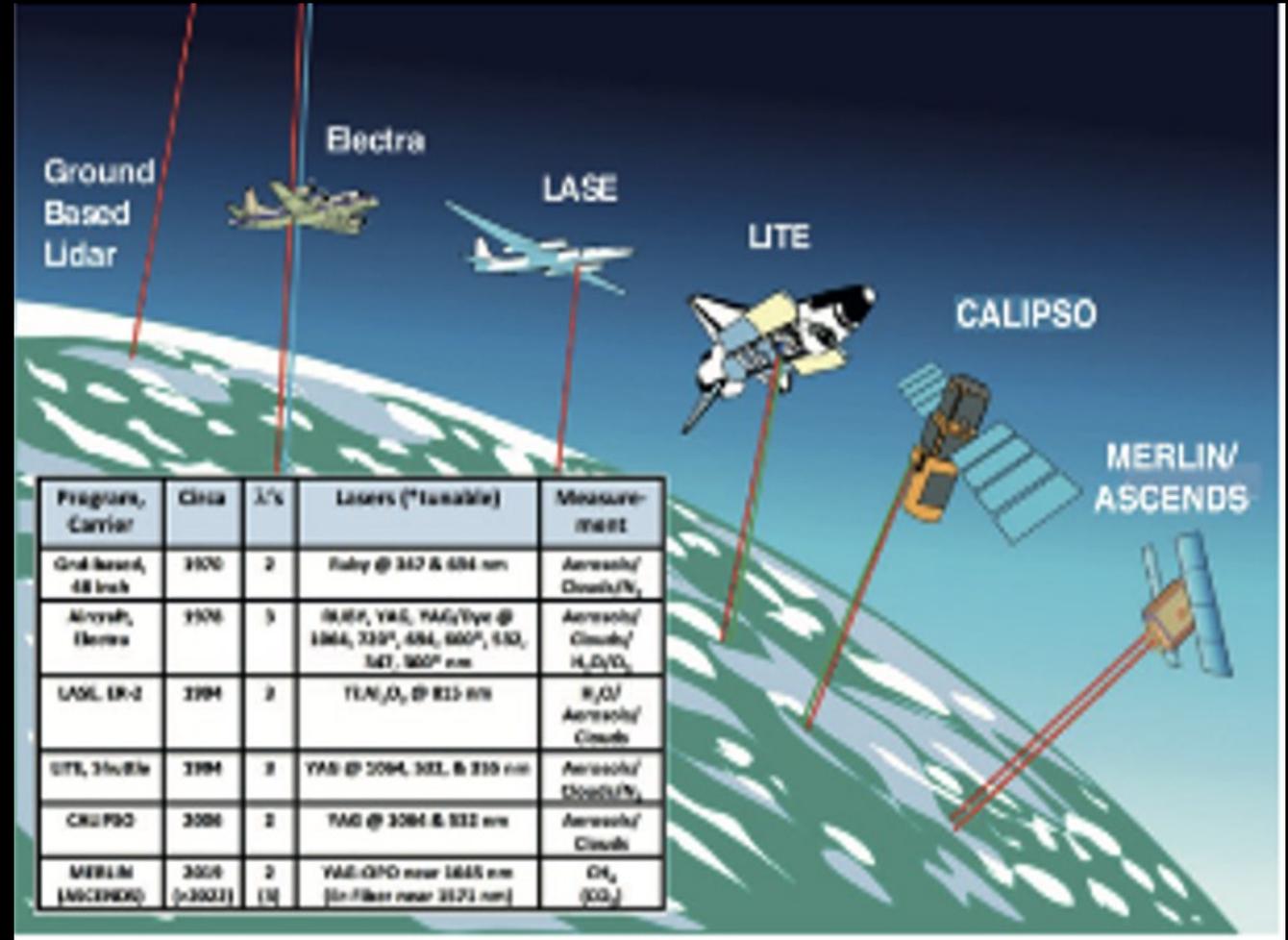


Chapitre 10. Le Lidar en orbite : de Lase, Leandre à Alissa, Calipso et Aeolus... (Pierre Flamant† et Marie-Lise Chanin, et des contributions d'Ed Browell, Pat McCormick, Florence Rabier et Jean-Claude André)

Le Service d'Aéronomie en France fut le leader dans ce domaine, vite suivi par la NASA, mais en gardant souvent une avance.

Sous pression, le premier lidar embarqué voit le jour avec LITE, lancé en 1994 sur la navette Discovery, marquant le début de l'observation de la Terre par lidar. Il sera suivi par ALISSA, déployé sur la station MIR.

Le dernier grand succès a été la mesure du vent qui a fait l'objet d'une licence du Service d'aéronomie et a volé sur un satellite de l'ESA baptisé AEOLUS.



Chapitre 11. Le programme ballons – dynamique, chimie de l'atmosphère (Jean-Pierre Pommereaut, avec des contributions de Nicole Papineau, Michel Rougeron, Jacqueline Lenoble, Colette Brogniez, Daniel Cadet, Claude Basdevant et Jean-Philippe Duvel)

Créé par Blamont, le programme est confié au CNES en 1961 et installé à Aire-sur-l'Adour, où il reste actif aujourd'hui.

Les ballons jouent un rôle clé dans la surveillance de la stratosphère, en validant les données satellites sur les gaz à effet de serre et leur impact.

En France, les vols de ballons ont été limités par le "Principe de Précaution", freinant leur utilisation par rapport à d'autres pays.

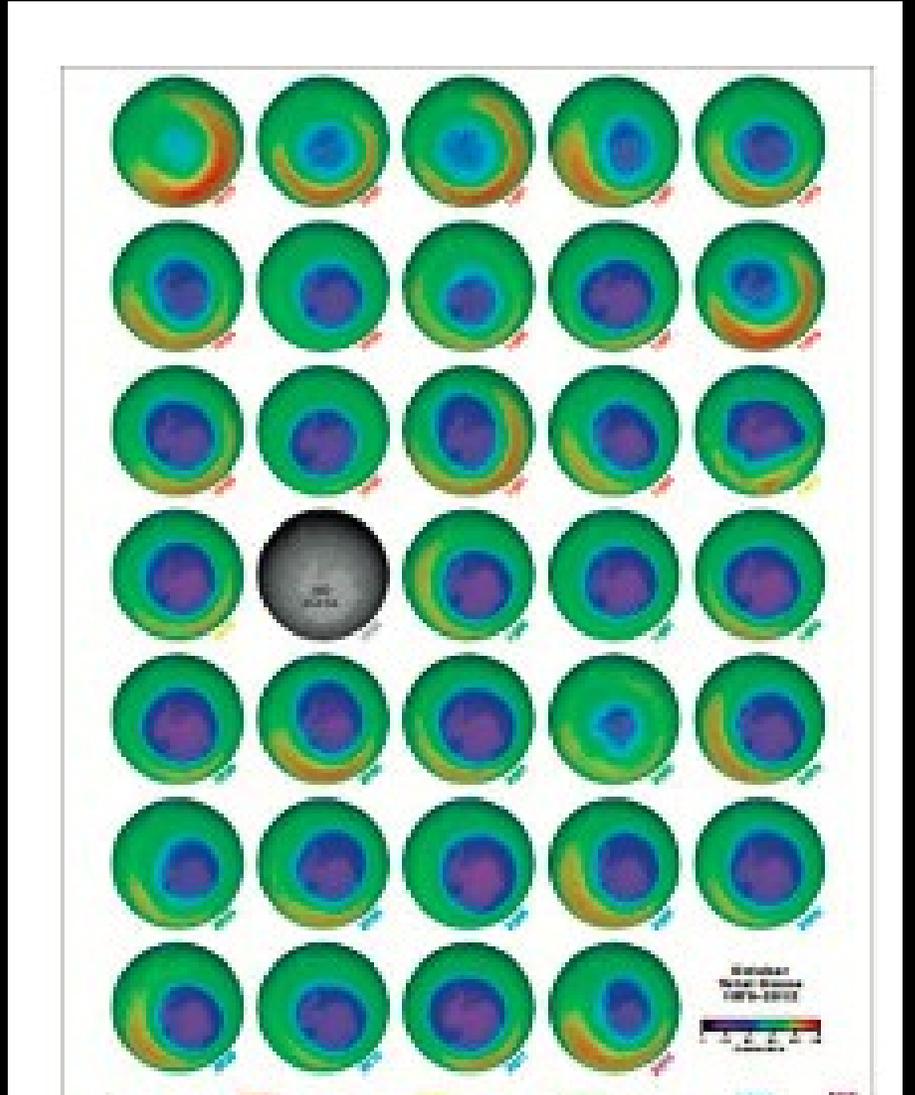


Chapitre 12. Chimie de la stratosphère et de l’ozone stratosphérique à partir des satellites (Sophie Godin-Beckmann, avec des contributions de Jean-Pierre Pommereau†, Alain Hauchecorne et Jean-Loup Bertaux, et le témoignage de Richard Stolarski†)

Le trou d’ozone a été découvert grâce à des mesures au sol et par ballons, mais les satellites ont été essentiels pour révéler son ampleur et populariser le terme « trou d’ozone ».

Les contributions européennes (GOME) et françaises (IASI) ont porté sur la mesure des profils d’ozone, d’espèces traces et d’aérosols, via des instruments comme SAGE II, ODIN, et ceux d’Envisat, avec validation au sol.

Il est à noter que l’explication du trou d’ozone n’a pas été obtenue grâce aux satellites, mais aux mesures spectroscopiques à partir du sol en Antarctique par Susan Solomon.

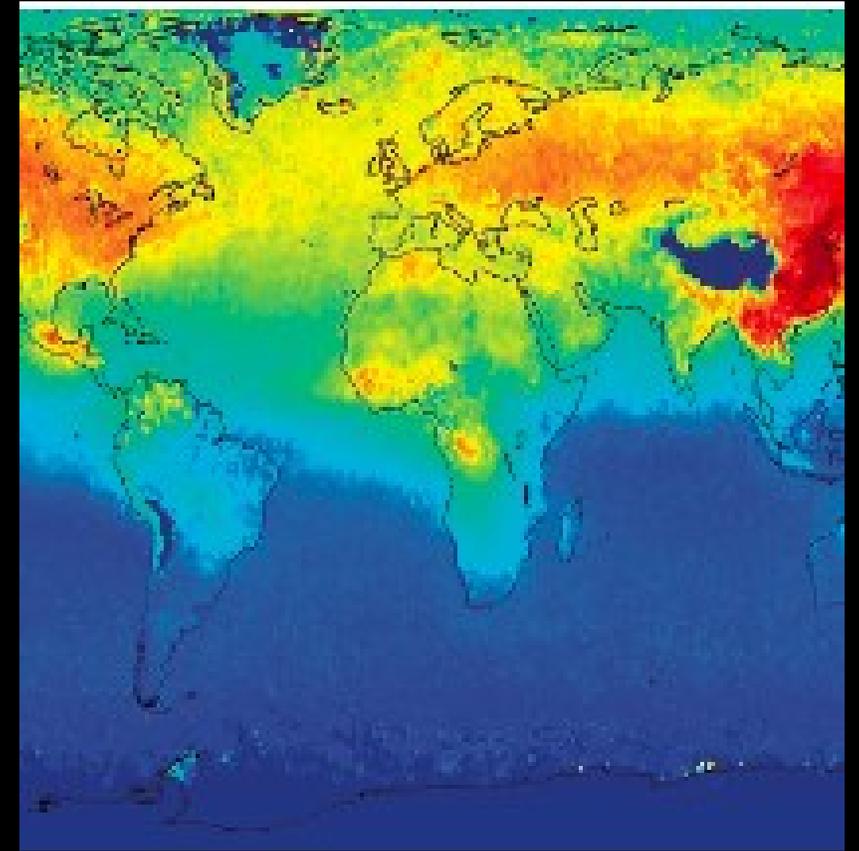


Chapitre 13. Les sondeurs embarqués pour la surveillance de la composition de la troposphère (Cathy Clerboux avec les contributions de Claude Camy-Peyret, Kelly Chance, Alain Chédin, Jim Drummond, David Edwards, Maya George, John Gille, Pieter Levelt, Alain Ratier, Andreas Richter, Noëlle Scott et Valérie Thouret)

Les sondeurs passifs utilisent la télédétection pour analyser l'interaction entre le rayonnement et les gaz atmosphériques.

Les propriétés spectroscopiques des gaz sont analysées par des algorithmes spécifiques pour extraire les données atmosphériques.

Les travaux ont conduit au programme IASI, développé par les labos français et le CNES, qui surveille en temps réel une trentaine de composants atmosphériques et assure un suivi à long terme via l'ESA.



Chapitre 14. Polder (Didier Tanré, Maurice Herman† et Frédéric Parol)

Des mesures de polarisation en orbite ont été possibles grâce à deux missions Pioneer Vénus de la NASA, soutenues par le CNES. Il n'existait pas à l'époque d'observations de la Terre en lumière polarisée à l'échelle globale.

L'instrument POLDER développé par le LOA de Lille fit l'objet d'une première coopération avec l'Agence spatiale japonaise sur les satellites ADEOS. Il fut le premier, et le seul à ce jour, instrument spatial à large champ à mesurer en lumière polarisée et sous différents angles de vue la luminance réfléchiée par le système Terre-atmosphère dans le domaine visible.

POLDER, en complément des instruments de l'A-train, a ouvert la voie à l'observation de la Terre par polarisation.



Chapitre 15. Satellites opérationnels et sondeurs verticaux : Tiros, Tofs, Atovs (Nicole Scott et Alain Chédin avec la collaboration de Janine et Pierre Connes et Larry McMillin)

Ces instruments visent à détecter les espèces atmosphériques via la spectroscopie par transformée de Fourier, une technique développée par des chercheurs français.

Pierre Connes a introduit cette méthode en partageant son expérience.

En France, l'aventure des sondeurs débute avec Météosat-1 grâce à Alain Chédin, Noëlle Scott et l'équipe du Centre de météorologie spatiale de Lannion. Leur travail a permis d'exploiter la transformée de Fourier pour établir une climatologie de la basse atmosphère, portée par le groupe ARA du LMD.



METEOSAT-1

FIRST IMAGE: 9 DEC 1977
COPYRIGHT ESA

Chapitre 16. Les observations microondes passives depuis les satellites pour la météorologie (Catherine Prigent, avec les contributions de Tom Wilheit, Michel Desbois, Roger Saunders, Gérard Beaudin, Maurice Gheudin, Nigel Atkinson, Nicolas Viltard et Laurence Eymard)

Les premières observations micro-ondes de la Terre par satellite proviennent des missions américaines Nimbus.

À ces fréquences (en dessous de 200 GHz, c'est-à-dire pour des longueurs d'onde supérieures à 1,5 mm), les nuages sont en partie transparents. Plus la fréquence est basse (plus la longueur d'onde est grande), plus les nuages sont transparents.

Dès les années 1985, l'Observatoire de Paris adapte ses instruments en radiométrie micro-ondes, initialement conçus pour l'astrophysique, à l'observation de la Terre et des planètes.



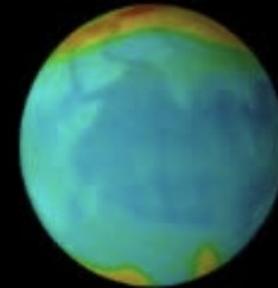
Chapitre 17. L'étude de la composition de l'atmosphère par ERS-1, ERS-2 et Envisat (Guy Duchossois avec les contributions de Jean-Loup Bertaux – GOMOS, Herbert Fischer – MIPAS et John Burrows – SCIAMACHY).

La mission ERS-1 était essentiellement dédiée à l'océan, à l'exception du radiomètre hyperfréquences ATSR/M du CRPE (destiné à la correction des mesures altimétriques).

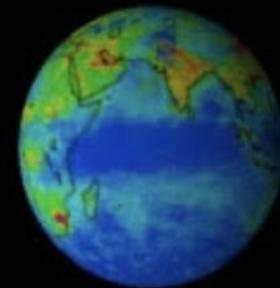
ERS-2 est la première mission de l'ESA embarquant un instrument dédié à l'atmosphère.

Décidée en 1988, ERS-2 a emporté l'instrument GOME, un spectromètre optique destiné à mesurer les profils d'ozone atmosphérique et d'autres gaz dans l'atmosphère, tels que les composés halogénés CLO, OCLO et BRO.

GOME DATA PRODUCTS



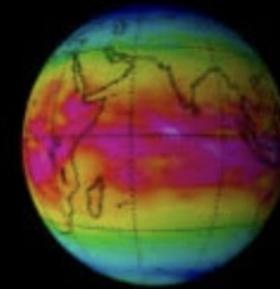
O₃



NO₂



SO₂



UV

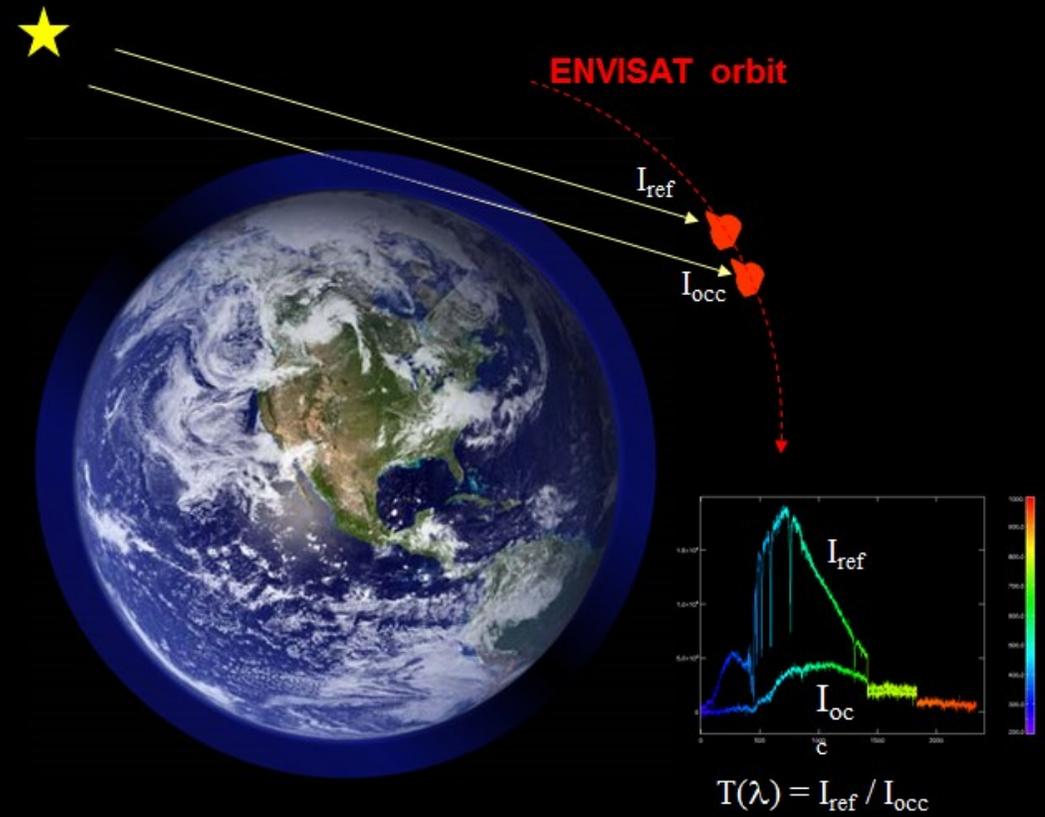
Chapitre 17 (suite). L'étude de la composition de l'atmosphère par ERS-1, ERS-2 et Envisat (Guy Duchossois avec les contributions de Jean-Loup Bertaux – GOMOS, Herbert Fischer – MIPAS et John Burrows – SCIAMACHY).

GOME fut suivi par une version améliorée GOME-2 fournissant une continuité à long terme

Les instruments majeurs complémentaires destinés à l'étude de la chimie de l'atmosphère ont été choisis en réponse à l'Appel à proposition lancé par l'ESA en 1988. Il s'agissait de GOMOS, MIPAS et SCIAMACHY.

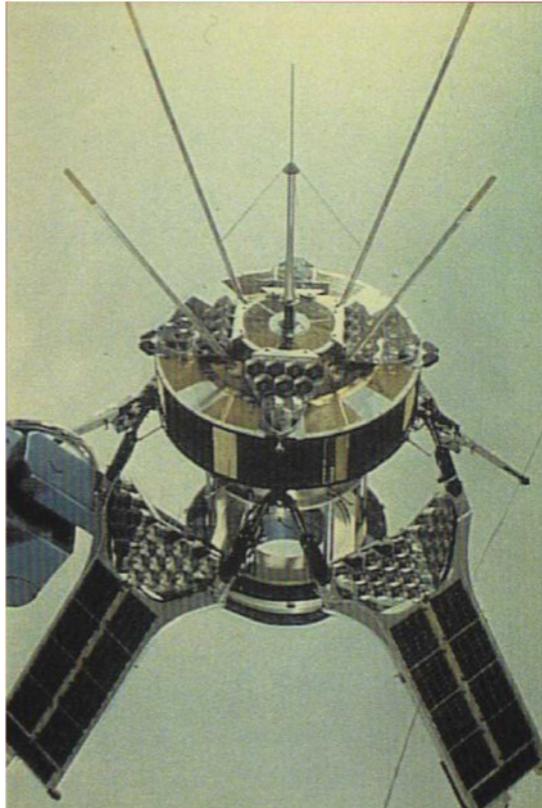
Ces projets ont été des grands succès et le futur est déjà prévu dans le cadre de Météosat de 3^{ème} génération dans le cadre du programme européen Copernicus.

Le futur est donc assuré !



Troisième partie : L'océanographie spatiale

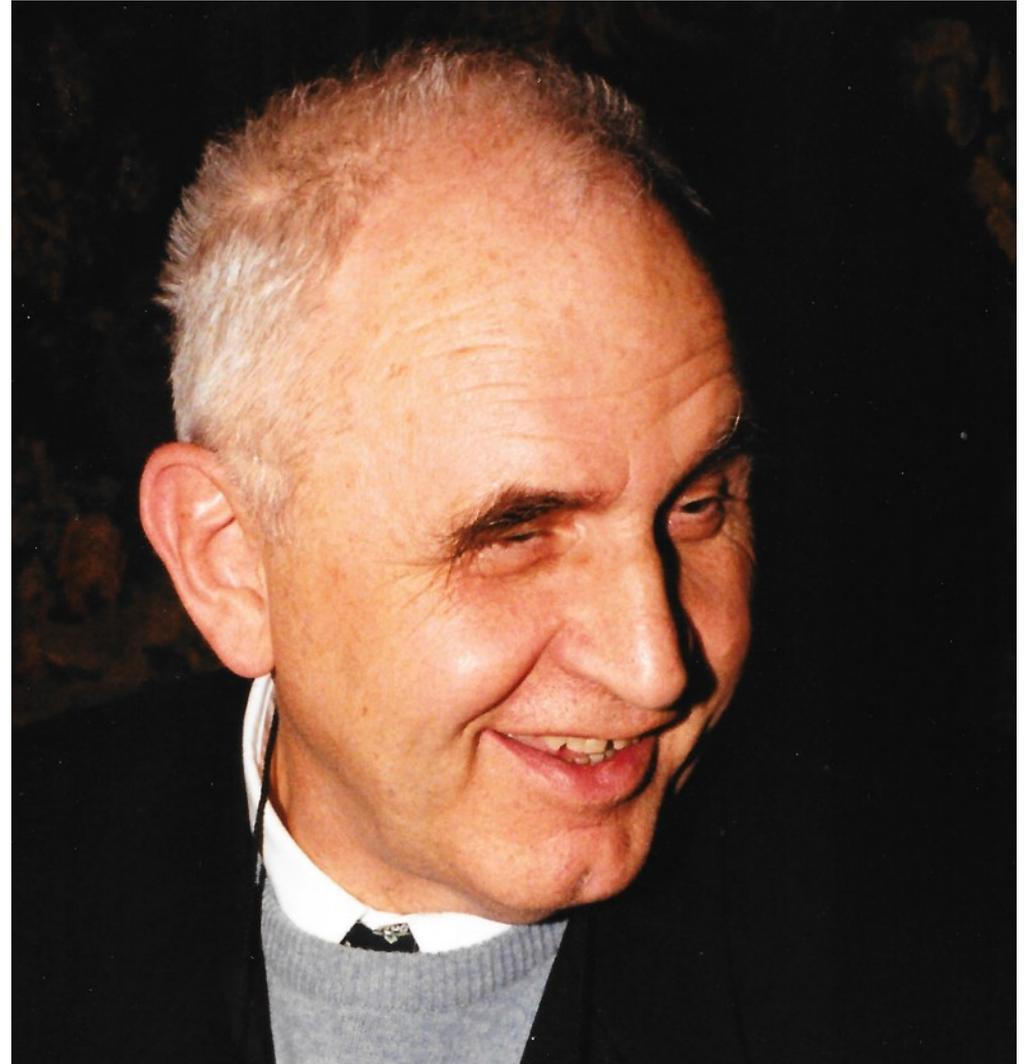
- **Chapitre 18.** Introduction (Jean-François Minster)
- **Chapitre 19.** Géodésie et océanographie spatiales, leur histoire commune (François Barlier, Guy Duchossois et Michel Lefebvre)
- **Chapitre 20.** Océanographie et localisation précise (Albert Auriol, Pierre-Yves Le Traon et Christophe Vassal)
- **Chapitre 21.** L'ESA et l'océanographie spatiale : un long chemin ! (Guy Duchossois et de nombreux ingénieurs de l'ESA)



Satellites géodésiques
DIADEME et STARLETTE

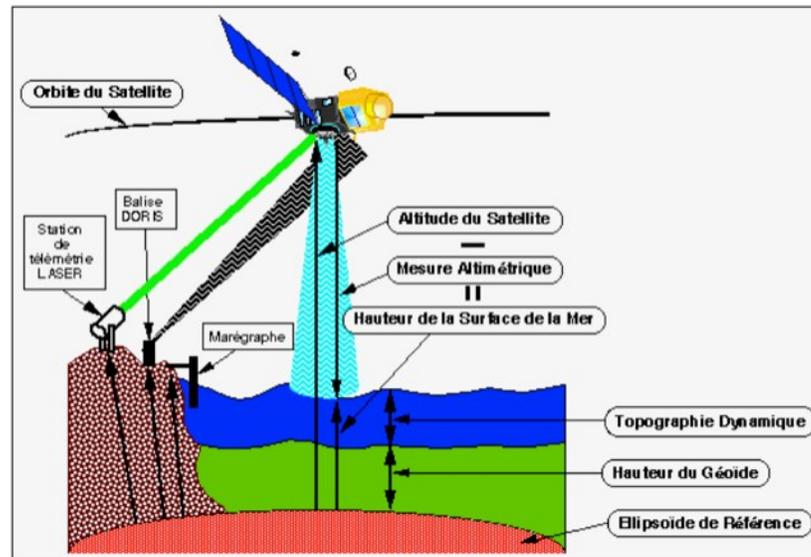
Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitre 19. Océanographie et géodésie spatiale, leur histoire commune, par François Barlier, Michel Lefebvre, le père de l'altimétrie et de l'océanographie spatiale au CNES, Guy Duchossois, avec un témoignage de Gérard Brachet, ancien DG du CNES



Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitre 22. L'altimétrie satellitale



- L'histoire de **TOPEX-Poséidon**, satellite altimétrique franco-américain de précision, avec des contributions de W. Stanley Wilson, D. James Baker, Payson R. Stevens, Robert Stewart, Carl Wunsch, Jean-Louis Fellous, Louis Laidet, Bill Townsend, Jean-François Minster, Sabine Arnault, Jacques Merlet et Guy Duchossois
- La série **Jason**, avec les contributions de Sophie Coutin-Faye et Gérard Brachet
- Le satellite franco-indien **SARAL-Altika**, par Éric Thouvenot
- **SWOT** avec des contributions de Jérôme Benveniste et Philippa Berry et de Nelly Mognard

Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitre 22.

TOPEX-Poséidon, une coopération qui a connu des débuts difficiles et un succès phénoménal

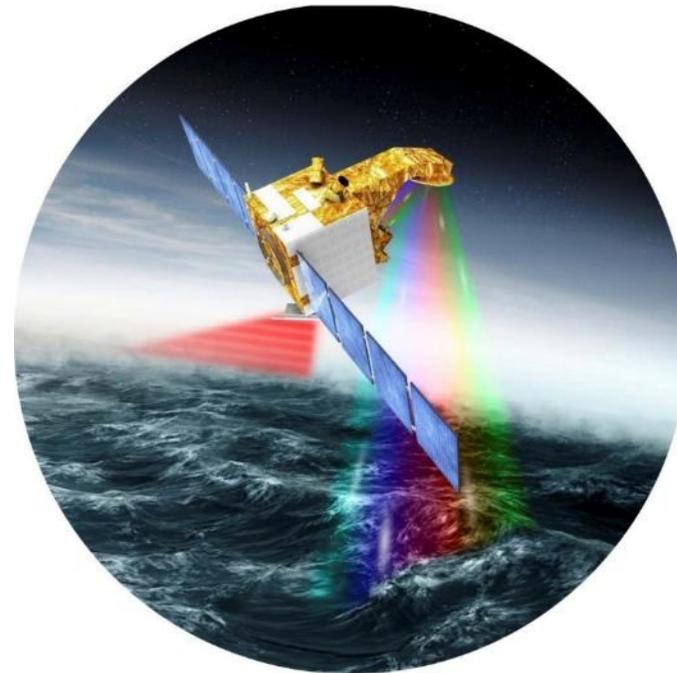
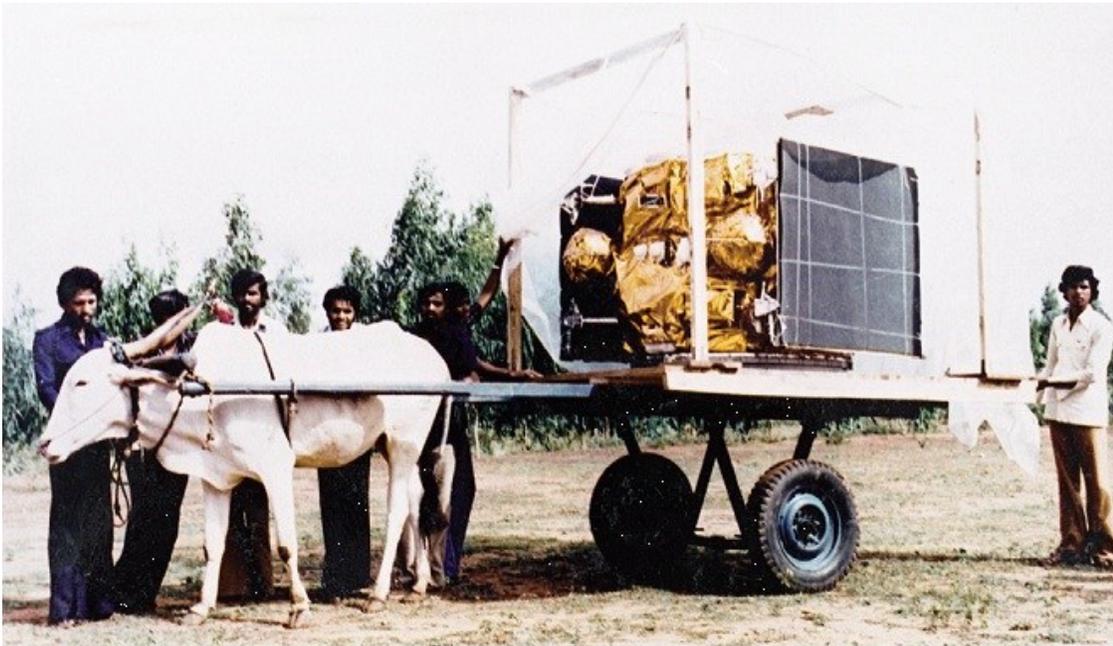


Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitres 22 et 23.

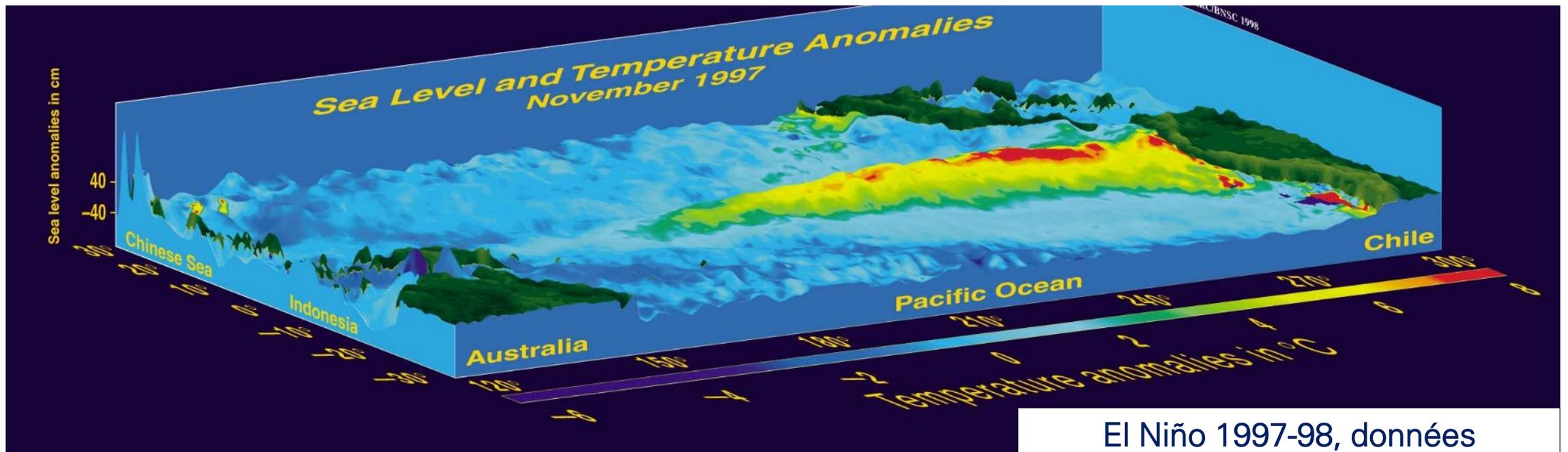
Des coopérations largement ouvertes sur le monde : SARAL-Altika avec l'ISRO, CFOSAT avec la Chine

Chapitre 23. Contributions de Guy Duchossois, Danièle Hauser et Daniel Vidal-Madjar



Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

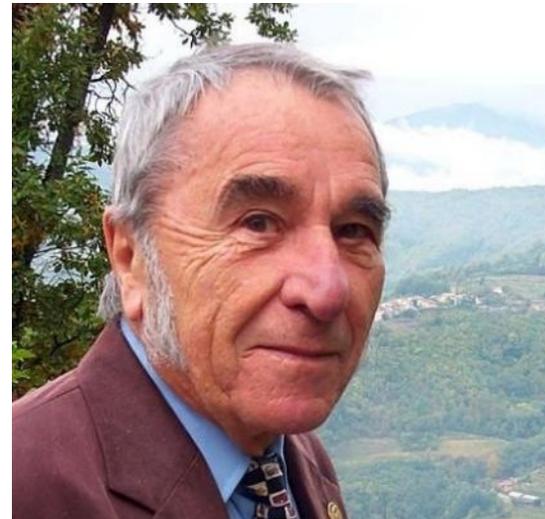
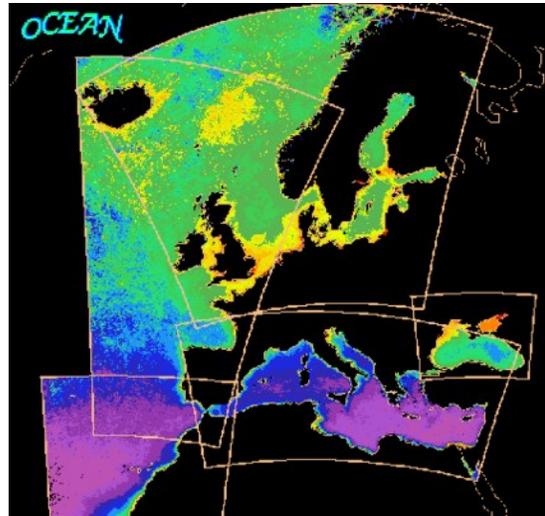
- Chapitre 24. La température de surface de la mer rassemble océanographes et météorologues – contributions de Guy Duchossois et Pierre Le Borgne



El Niño 1997-98, données combinées d'altimétrie et de température de surface de la mer

Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitre 25. Océanographie
biologique (Guy Duchossois
et Vittoria Barale)



André Morel



Roberto Frassetto

OCEAN COLOUR AND OTHER STORIES ...

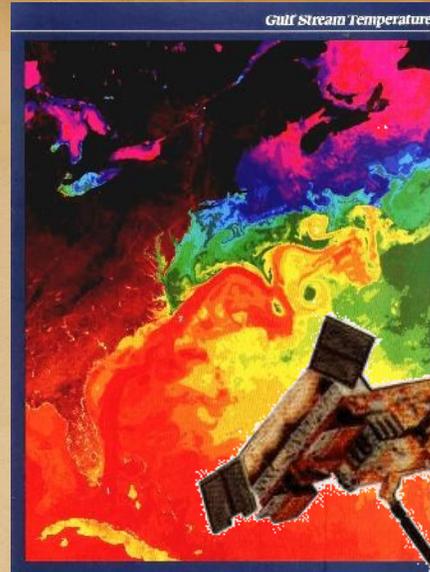


VITTORIO BARALE

(RET.) JOINT RESEARCH CENTRE, EUROPEAN COMMISSION, ISPRA (I) (PRES.) TETHYS RESEARCH INSTITUTE, MILAN (I)

50 YEARS OF MARINE RS

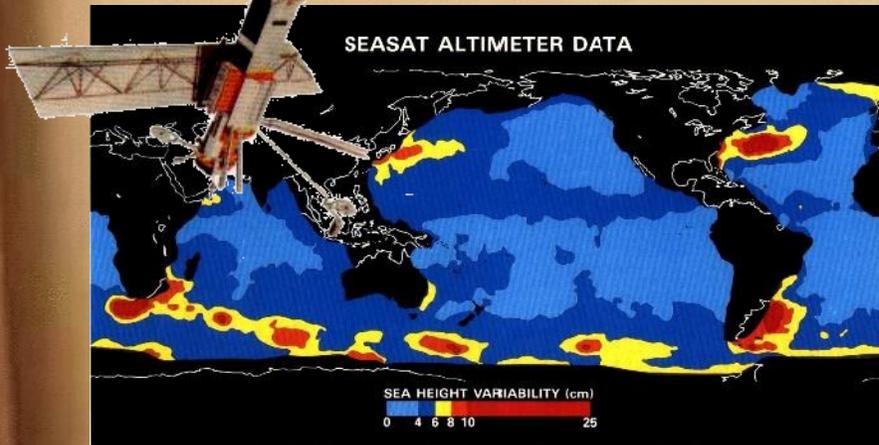
1978



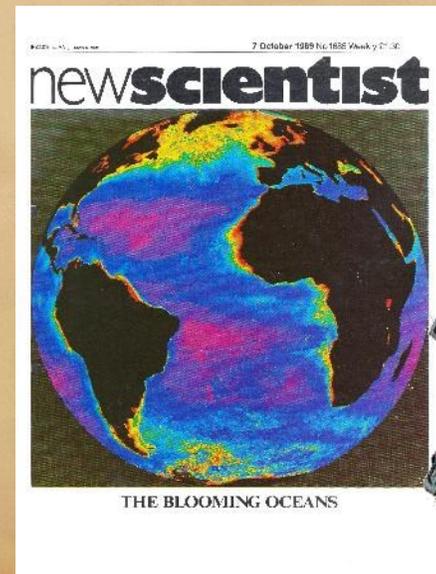
TIR RADIOMETER
(AVHRR)
NOAA-12



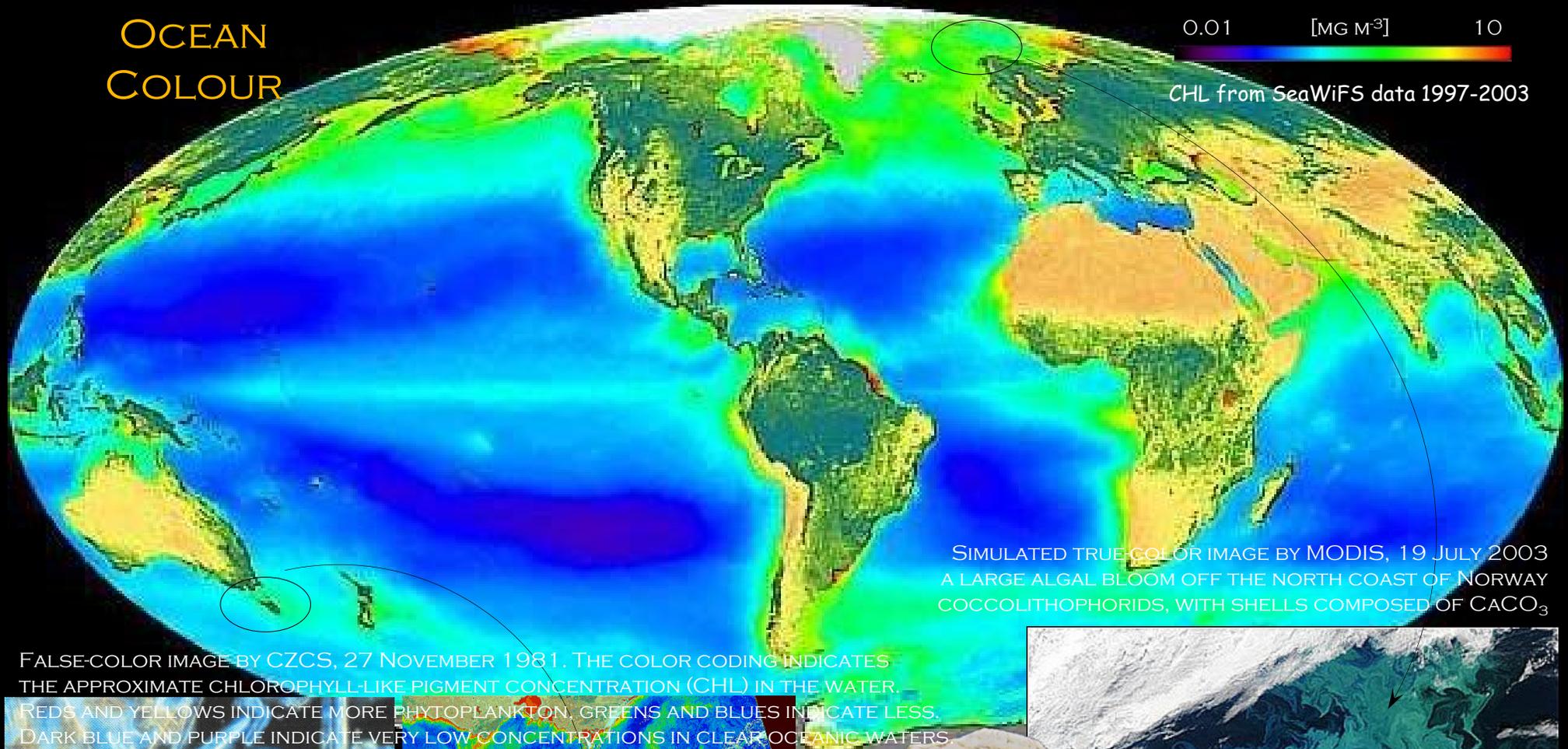
VIS RADIOMETER
(CZCS)
NIMBUS-7



MW RADIOMETER, RADARS
SEASAT



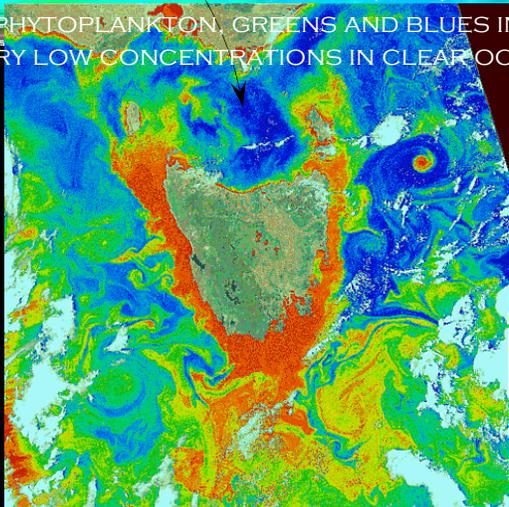
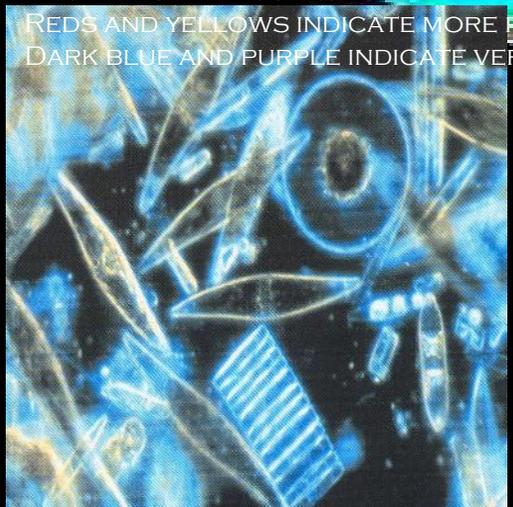
OCEAN COLOUR



0.01 [MG M⁻³] 10
CHL from SeaWiFS data 1997-2003

SIMULATED TRUE-COLOR IMAGE BY MODIS, 19 JULY 2003
A LARGE ALGAL BLOOM OFF THE NORTH COAST OF NORWAY
COCCOLITHOPHORIDS, WITH SHELLS COMPOSED OF CaCO_3

FALSE-COLOR IMAGE BY CZCS, 27 NOVEMBER 1981. THE COLOR CODING INDICATES THE APPROXIMATE CHLOROPHYLL-LIKE PIGMENT CONCENTRATION (CHL) IN THE WATER. REDS AND YELLOWS INDICATE MORE PHYTOPLANKTON, GREENS AND BLUES INDICATE LESS. DARK BLUE AND PURPLE INDICATE VERY LOW CONCENTRATIONS IN CLEAR OCEANIC WATERS.

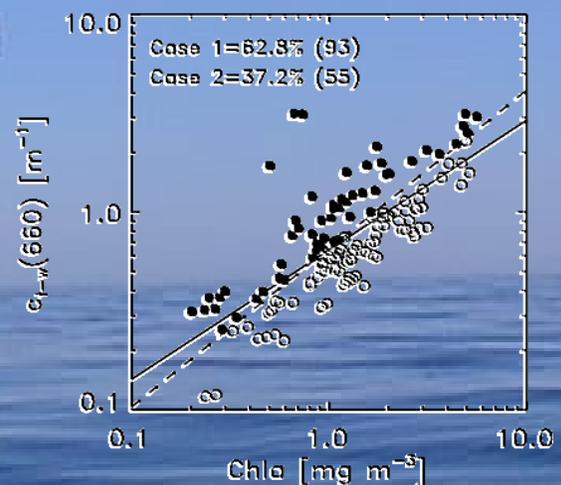
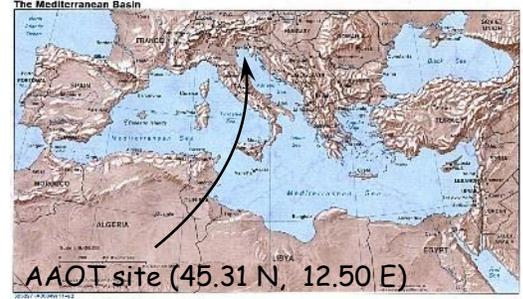
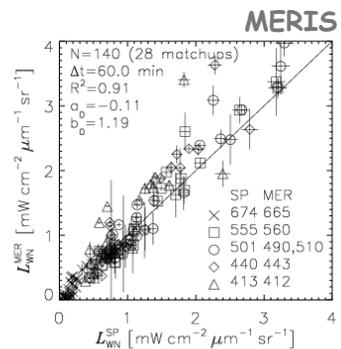
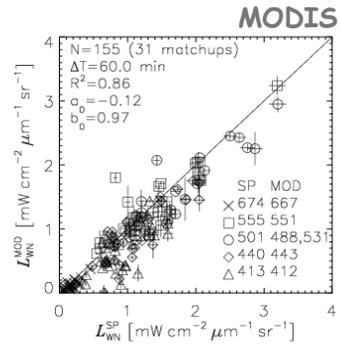
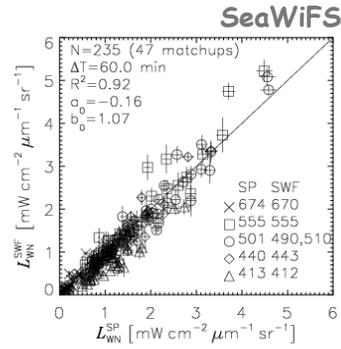


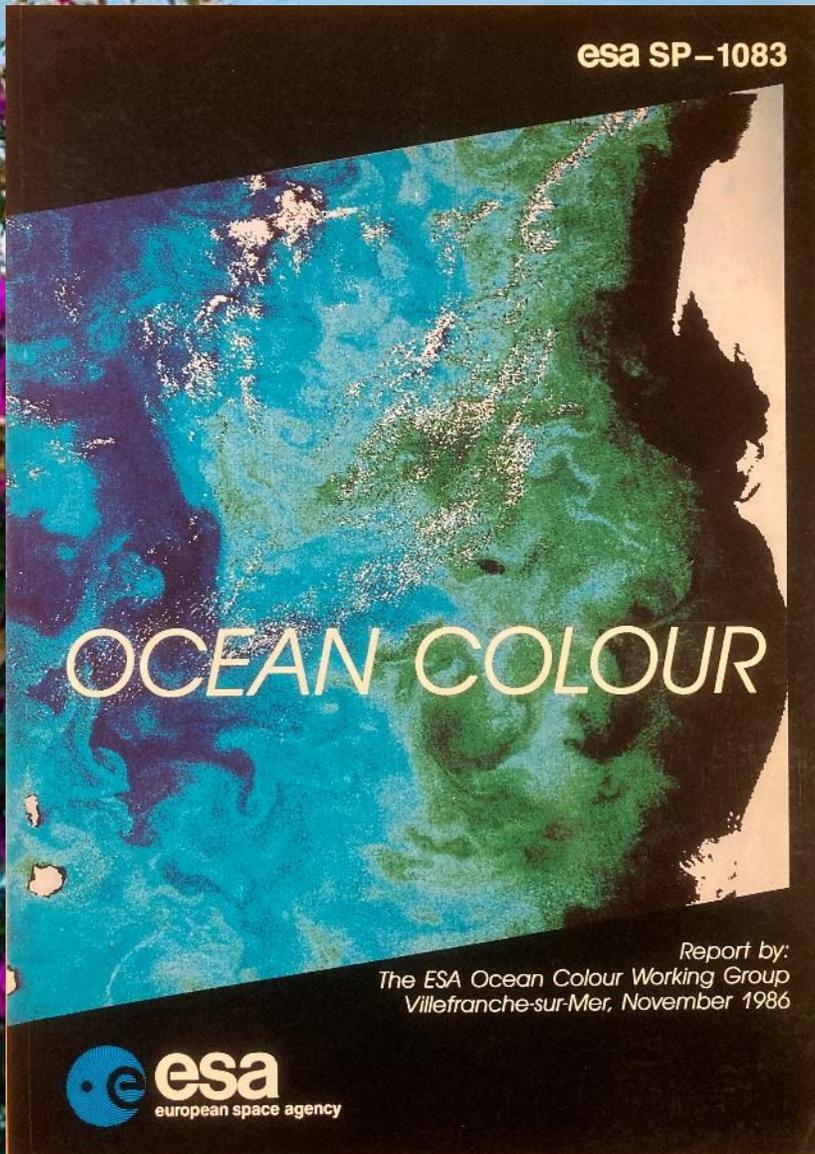
A SCANNING ELECTRON MICROGRAPH OF THE COCCOLITHOPHORID *EMILIANA HUXLEYI*, A SPECIES WHICH COMMONLY FORMS PHYTOPLANKTON BLOOMS.



“Acqua Alta” Oceanographic Tower (AAOT)

data from AAOT site, May 2002 - May 2003, 3x3 pixels, $\theta_0 < 70$, $\Delta T = 60$ min, $L_{WN} > 0$





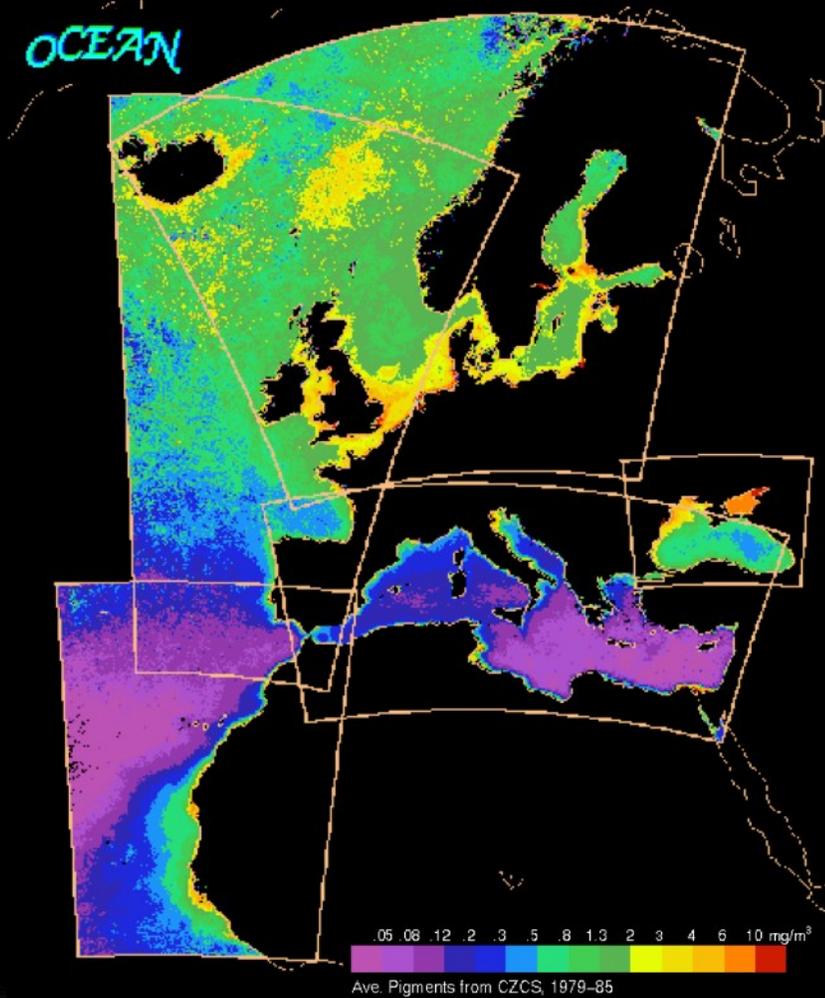
OCEAN Project

1990-1995

EC & ESA partnership
CZCS European data set



Data archeology
Standard pre-processing
Special regional algorithms
Data distribution to research



Ocean Color European Archive Network

OCEAN Project
1990-1995
 EC & ESA partnership
 CZCS European data set



- Data archeology
- Standard pre-processing
- Special regional algorithms
- Data distribution to research

OCEAN Project

The Ocean Colour European Archive Network (OCEAN) Project, was established in 1990 as a co-operation between the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission (EC), with the support of the EC Directorate General XI, and the European Space Agency (ESA). The aim of the project was to generate a data base of CZCS data for the European seas, and to set up the scientific tools needed for its exploitation. In it's 5 years of activity, the OCEAN Project has processed about 15,000 CZCS images at level_1 (original top-of-the atmosphere radiances, archived in standard format), 7,000 images at level_2 (surface reflectances and derived geophysical parameters) and 3,500 images at level_3 (remapped, composited statistical products) of the major European basins. The Project has generated an archive of 180 GB worth of level_1 data products, 160 GB of level_2 data products, and 60 GB of level_3 data products, and has distributed thousands of data products and dedicated software to more than 40 user groups in Europe and beyond, as part of an Application Demonstration Programme. The derived images are presented here.

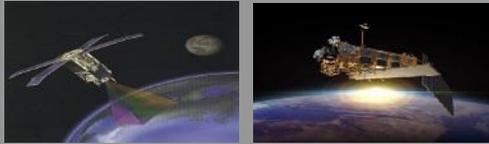
Ave. Pigments from CZCS, Annual 1979

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg
0.40	0.37	0.46	0.51	0.32	0.24	0.08	0.15	0.11	0.18	0.70	0.12	0.30

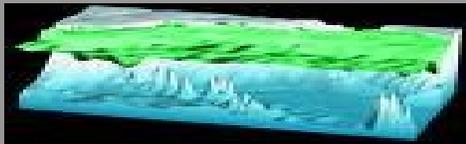
Ocean Color European Archive Network

1995-2000 : prototyping satellite data online access systems

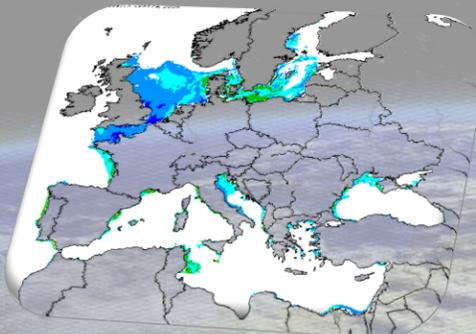
satellite-derived data



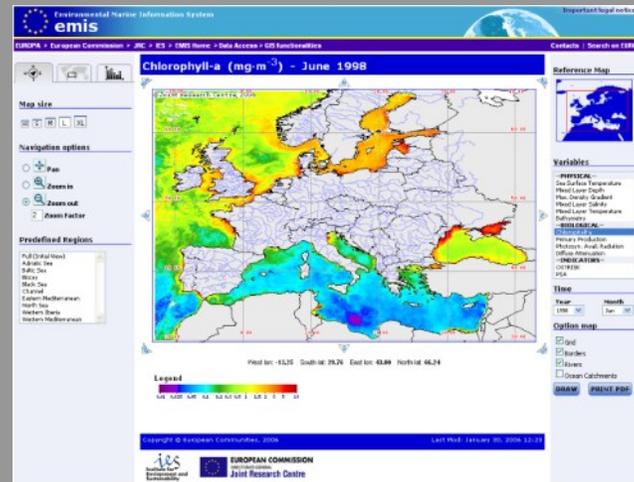
numerical models data



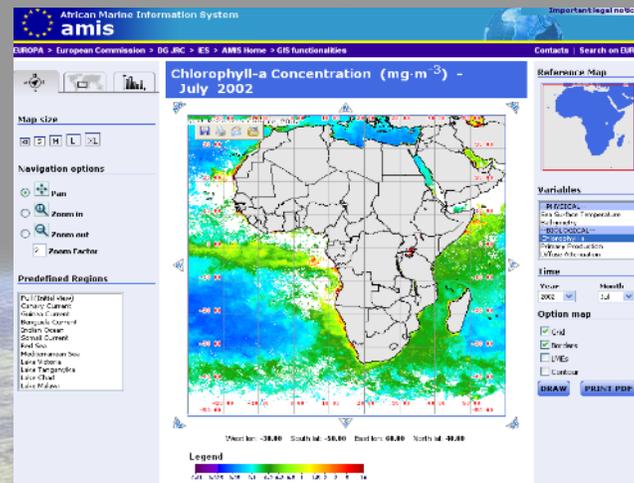
environmental marine indicators PSA / OXYRISK



GIS websites

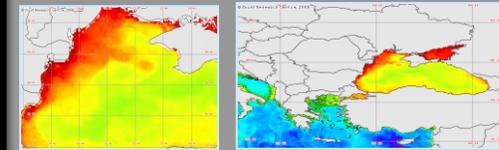


<http://emis.jrc.ec.europa.eu>

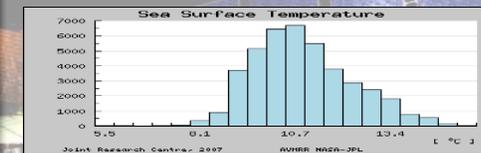


<http://amis.jrc.ec.europa.eu>

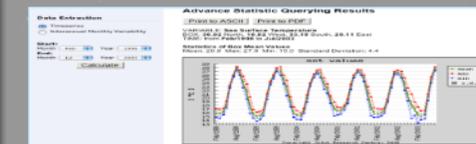
parameter maps



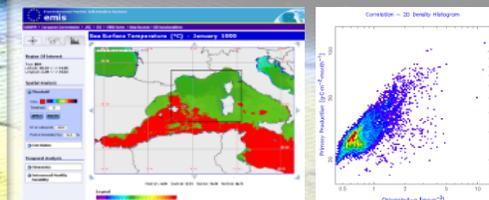
basic statistics



time series



threshold analysis multivariate analysis



FULL, FREE AND OPEN
ACCESS TO DATA



-  ATMOSPHERE MONITORING
-  MARINE ENVIRONMENT MONITORING
-  LAND MONITORING
-  CLIMATE CHANGE
-  EMERGENCY MANAGEMENT
-  SECURITY

 **opernicus**
Europe's eyes on Earth



"Look again at that dot. That's here. That's home. That's us."
"a mote of dust suspended in a sunbeam".

Carl Sagan, 1994, *Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space*

Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitre 26. Les Sentinelles et les missions Earth Explorer

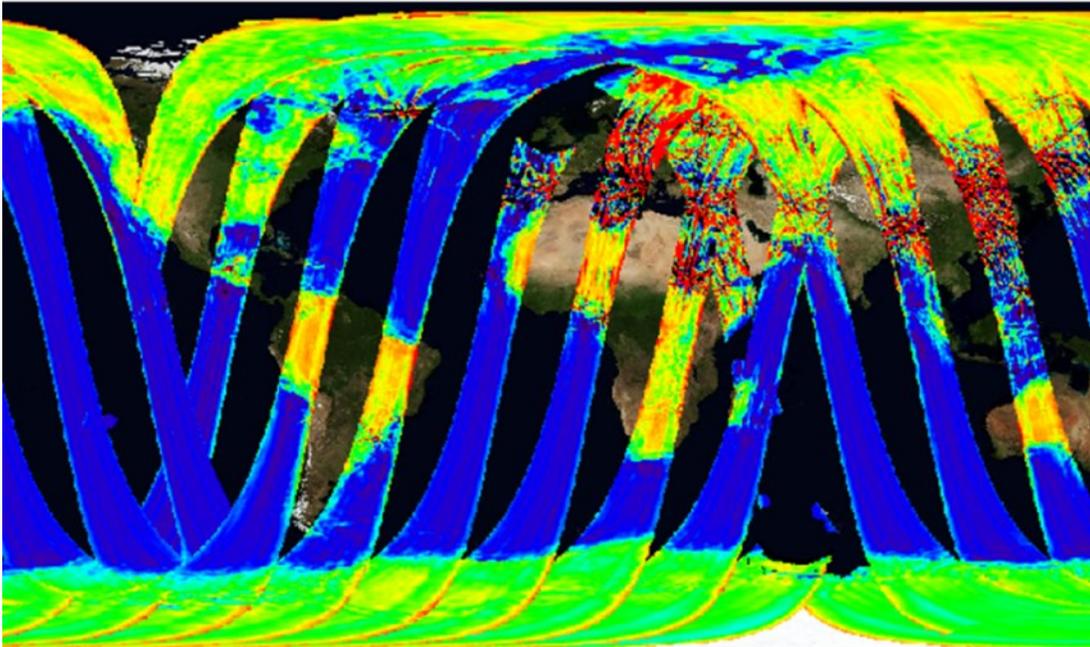
- Introduction de Guy Duchossois
- Interview de **Roger-Maurice Bonnet** par Guy Duchossois et Jean-Louis Fellous)
- **SMOS**, avec des contributions de Yann Kerr, Achim Hahne, Philippe Waldteufel, Jean-Michel Martinuzzi
- **CryoSat**, Guy Duchossois à partir de textes de Tommaso Parrinello, A. Shepherd, J. Bouffard, S. Badessi, T. Casal, M. Davidson, M. Fornari, E. Maestroni et M. Scagliola.



Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

SMOS, une mission révolutionnaire d'observation de la salinité superficielle de l'océan et de l'humidité des sols

Acquired the first day after MIRAS switch ON (17-11-2009), without calibration



Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

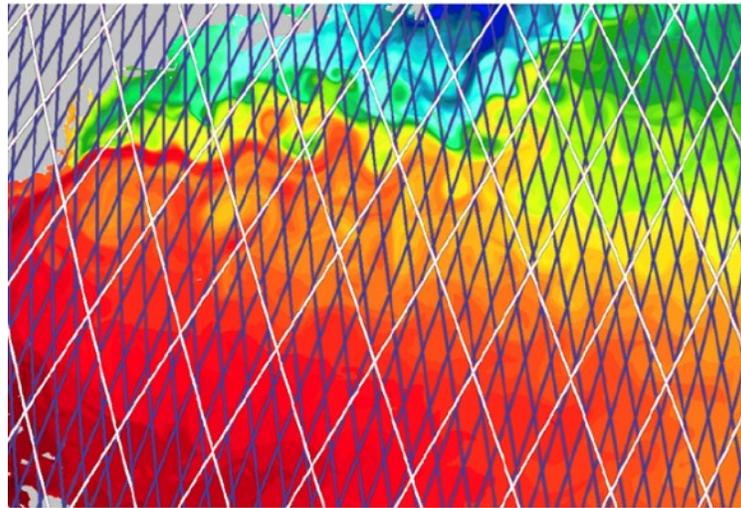
Chapitre 28. GMES – La
genèse de COPERNICUS,
par José Achache



Troisième partie : L'océanographie spatiale (suite)

Chapitre 29. La transition vers l'océanographie opérationnelle – GMES/Copernicus et le Marine Service, par Alain Ratier

Michael Freilich



Quatrième partie : L'étude et la surveillance du climat et du système Terre

- Chapitre 30. Introduction (Robert Kandelt)
- Chapitre 31. L'émergence de la question climatique (Robert Kandelt)





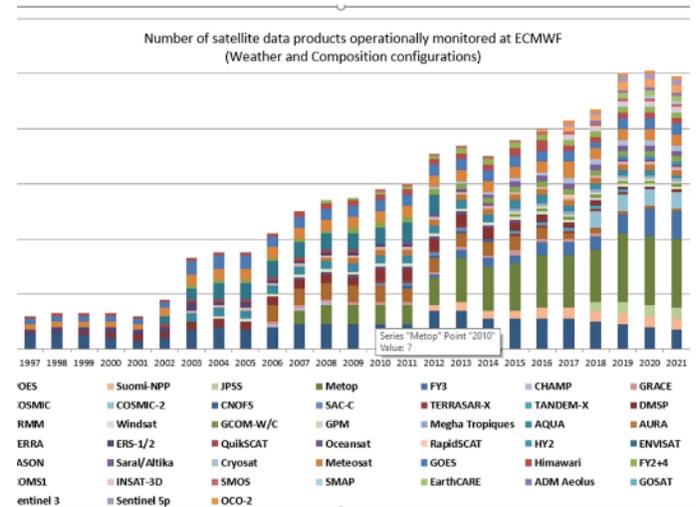
Quatrième partie : L'étude et la surveillance du climat et du système Terre (suite)

Chapitre 32. Les programmes internationaux de recherche sur le climat, avec des contributions de Jean-Louis Fellous, de Jean-Claude Duplessy et Marie-Lise Chanin, et les témoignages de Marie-Antoinette Mélières, Jean Jouzel, Hervé Le Treut et Nicolas Bériot

Quatrième partie : L'étude et la surveillance du climat et du système Terre (fin)

Chapitre 33. Les programmes mondiaux d'observation et le climat, avec des contributions de Stephan Bojinski, Stephen Briggs et Pascal Lecomte, et un témoignage de Jean-Louis Fellous

Chapitre 34. La contribution des observations spatiales à la modélisation du climat, avec des contributions d'Yves Fouquart, Jean-Noël Thépaut, Jean-Claude André, Anny Cazenave et Jérôme Benveniste



Cinquième partie : Conclusions et perspectives

- Observation de la Terre depuis l'espace : stratégie et perspectives de l'ESA, par **Josef Aschbacher**, DG de l'ESA

- La vision du CNES, par **Philippe Baptiste**, PDG du CNES (ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche depuis le 24 décembre 2024)



Merci de votre attention !