

---

# RAPPORT DE CONJONCTURE

DU COMITÉ NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## ÉDITION 2014

---

Extrait



**CNRS ÉDITIONS**

15, rue Malebranche – 75005 Paris



## SECTION 19

---

# SYSTÈME TERRE : ENVELOPPES SUPERFICIELLES

*Extrait de la déclaration adoptée par le Comité national de la recherche scientifique réuni en session plénière extraordinaire le 11 juin 2014*

La recherche est indispensable au développement des connaissances, au dynamisme économique ainsi qu'à l'entretien de l'esprit critique et démocratique. La pérennité des emplois scientifiques est indispensable à la liberté et la fécondité de la recherche. Le Comité national de la recherche scientifique rassemble tous les personnels de la recherche publique (chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs et techniciens). Ses membres, réunis en session plénière extraordinaire, demandent de toute urgence un plan pluriannuel ambitieux pour l'emploi scientifique. Ils affirment que la réduction continue de l'emploi scientifique est le résultat de choix politiques et non une conséquence de la conjoncture économique.

### **L'emploi scientifique est l'investissement d'avenir par excellence**

Conserver en l'état le budget de l'enseignement supérieur et de la recherche revient à prolonger son déclin. Stabiliser les effectifs ne suffirait pas non plus à redynamiser la recherche : il faut envoyer un signe fort aux jeunes qui intègrent aujourd'hui l'enseignement supérieur en leur donnant les moyens et l'envie de faire de la recherche. On ne peut pas sacrifier les milliers de jeunes sans statut qui font la recherche d'aujourd'hui. Il faut de toute urgence résorber la précarité. Cela suppose la création, sur plusieurs années, de plusieurs milliers de postes supplémentaires dans le service public ainsi qu'une vraie politique d'incitation à l'emploi des docteurs dans le secteur privé, notamment industriel.

### **Composition de la section**

Nadine CHAUMERLIAC (présidente de section); Guillaume LAPEYRE (secrétaire scientifique); Stéphane ALFARO; Brice BARRET; Slimane BEKKI; Olivier BOUCHER; Pascale BRACONNOT; Nicole COLAS; Fleur COUVREUX; Philippe FRAUNIE; Véronique GARCON; Annie HUYGUE; Gerhard KRINNER; Alain MARHIC; Brivaëla MORICEAU; Pascal RANNOU; Gilles REVERDIN; Claude ROY; Pierre SABATIER; Benoît SAUTOUR; Sophie SZOPA.

## Résumé

Ce rapport de conjoncture de la section 19 s'appuie en partie sur les prospectives scientifiques Océan-Atmosphère de l'INSU établies à Grenoble en mars 2011 par l'ensemble de la communauté du CNRS, des Universités et des organismes partenaires. Il décrit les grandes avancées scientifiques dans le domaine des enveloppes superficielles terrestres et planétaires et leurs retombées socio-économiques. Ces avancées scientifiques ont été réalisées dans un contexte de programmation et de coordination de la recherche en pleine mutation suite à la montée en puissance de l'ANR et des Alliances et aux réformes du CNRS et de l'enseignement supérieur et de la recherche. Le rapport fait également état de l'évolution des ressources humaines avec un vieillissement des chercheurs rattachés à la section 19 lié à un recrutement plus faible et à un âge supérieur, une nette augmentation du personnel contractuel (chercheurs et ITAs) depuis le dernier rapport de conjoncture et un fort rétrécissement du vivier des candidats à une thèse.

## Introduction

Ce rapport de conjoncture de la section 19 s'appuie en partie sur les prospectives scientifiques Océan-Atmosphère de l'INSU établies à Grenoble en Mars 2011 par l'ensemble de la communauté du CNRS, des Universités et des organismes partenaires. Il décrit les grandes avancées scientifiques dans le domaine du climat des atmosphères terrestre et planétaires et leurs retombées socio-économiques. Il se place dans un contexte d'évolution de la recherche actuellement inquiétant aussi bien en termes de structures, que de moyens d'accompagnement.

## I. Ressources humaines

### A. Unités

Pour les unités rattachées à la section 19, les chiffres ont été obtenus suite à l'évaluation des chercheurs et en consultant la base Labintel.

Au 1er janvier 2014, 25 unités de recherche (22 UMR, 1 URA et 2 UMI) étaient rattachées principalement à la section 19, au lieu de 24 en 2010. En 2012 on peut noter la création du M.I.O. à Marseille regroupant le LSEET (Laboratoire de Sondages Électromagnétiques de l'Environnement Terrestre), le LOPB (Laboratoire d'Océanographie Physique et Biogéochimique) et le LMGEM (Laboratoire de Microbiologie Géochimie et Écologie Marine), en 2013 le regroupement au sein du LGGE d'une partie du LTHE et du LEGI (Laboratoire des Écoulements Géophysiques et Industriels). La situation est donc très stable avec très peu de petits laboratoires et donc relativement peu d'évolution à envisager à court terme. Presque toutes ces unités sont rattachées comme section secondaire à l'INEE, mais aussi 3 à l'INSB, 2 à l'INSIS, 1 à l'INSHS et 1 à l'INC. Il faut également ajouter une douzaine d'unités supplémentaires pour lesquelles la section 19 est section secondaire. Aux UMR on peut rajouter 18 UMS, 14 OSU, 1 UPS (CIRMED) et 1 Fédération de Recherche (IPSL).

**Tableau 1 :** Liste des laboratoires relevant de la section 19 comme section principale (en bleu comme section secondaire).

Sigle Unité	Intitulé	Institut(s)	Ville(s)
CEREGE	Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement	INSU INEE INSHS	AIX

Sigle Unité	Intitulé	Institut(s)	Ville(s)
CEFREM	Centre de formation et de recherche sur les environnements méditerranéens	INSU INEE	PERPIGNAN
CERFACS	Sciences de l'Univers au CERFACS	INSU INEE	Toulouse
EPOC	Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux	INSU INC INEE INSB	BORDEAUX
GAME	Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique	INSU INEE	TOULOUSE
IDES	Interactions et dynamique de surface	INSU INEE	ORSAY
LA	Laboratoire d'aérodynamique	INSU INEE	TOULOUSE
LACy	Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones	INSU INEE	La Réunion
LAMP	Laboratoire de météorologie physique	INSU INEE	CLERMONT
LATMOS	Laboratoire « Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales »	INSU INEE INSIS	GUYAN-COURT
LEGOS	Laboratoire d'études en Géophysique et océanographie spatiales	INSU INEE	TOULOUSE
LGGE	Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement	INSU INEE INSIS	GRENOBLE

Sigle Unité	Intitulé	Institut(s)	Ville(s)
LISA	Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques	INSU INEE	CRETEIL
LMD	Laboratoire de météorologie dynamique	INSU INEE	PARIS
LOA	Laboratoire d'optique atmosphérique	INSU INEE	LILLE
LOMIC	Laboratoire d'océanographie Microbienne	INSU INEE	BANYULS
LOCEAN	Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques	INSU INEE	PARIS
LOG	Laboratoire d'océanologie et de géosciences	INSU INEE	WIMEREUX
LOV	Laboratoire d'océanographie de Villefranche	INSU INEE INSB	VILLE-FRANCHE sur MER
LPO	Laboratoire de physique des océans	INSU INEE	BREST
LSCE	Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement	INSU INEE	Gif/Yvette
LTHE	Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement	INSU INEE INSB	GRENOBLE
MIO	Institut Méditerranéen d'Océanographie	INSU	MARSEILLE

Sigle Unité	Intitulé	Institut(s)	Ville(s)
TPE	Laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes et environnement	INSU INSB	LYON
IFAECI	Institut Franco-Argentin d'études sur le climat et ses impacts	INSU INEE	Buenos Aires
TAKUVIK	TAKUVIK	INSU INEE	Québec
AD2M	Adaptation et diversité en milieu marin	INEE INSB INSU	ROSCOFF
Biogéosciences	Biogéosciences	INEE INSHS INSU	DIJON
GET	Géosciences Environnement Toulouse	INSU INEE	TOULOUSE
GSMA	Groupe de spectrométrie moléculaire et atmosphérique	INP INEE INSU	REIMS
IPREM	Institut des Sciences Analytiques et de Physico-chimie pour l'Environnement et les Matériaux	INC INEE	PAU
IRCELYON	Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon	INC INEE	LYON
IRPHE	Institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre	INSIS INP INSU	MARSEILLE
ISEM	Institut des sciences de l'évolution de Montpellier	INSB INSU	MONTPELLIER

Sigle Unité	Intitulé	Institut(s)	Ville(s)
LEGI	Laboratoire des Écoulements Géophysiques et Industriels	INSIS INSU	GRENOBLE
LEMAR	Laboratoire des sciences de l'environnement marin	INSU INEE INSB	BREST
LPC2E	Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'Espace	INSU INEE	ORLÉANS

Le nombre total de personnels rattachés principalement à la section 19 est 2252 (37 % chercheurs permanents, 33 % personnels d'accompagnement, 22 % chercheurs non-permanents, 33 % ITA temporaires) dont 33 % en Île-de-France (en comptant le personnel des stations marines dépendant de l'Université Pierre et Marie Curie).

## B. Chercheurs

### 1. Personnel permanent

259 chercheurs CNRS sont présents dans les unités. En comparaison avec le rapport de conjoncture du CNRS de 2010, la section 19 subit un vieillissement lié à un recrutement de moins de chercheurs et d'âge > 30 ans.

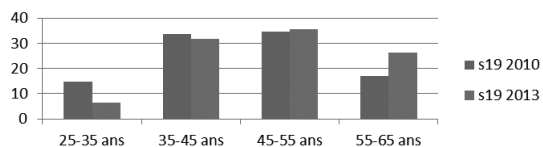
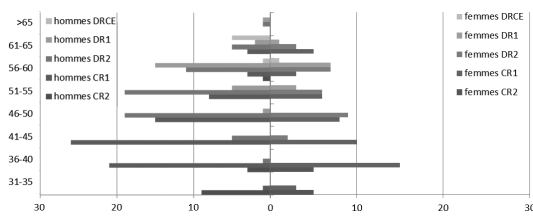


Figure 1 : Évolution de l'âge des chercheurs relevant de la section 19 de 2010 à 2013.

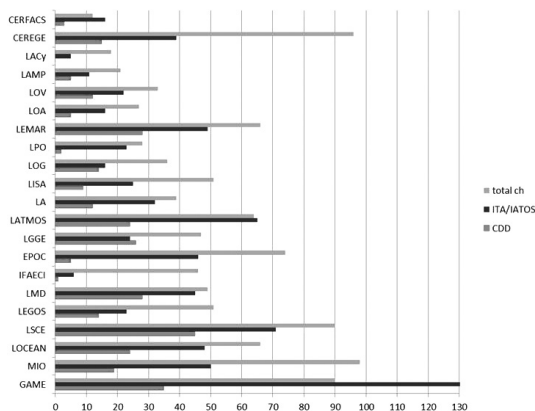
On constate que l'âge moyen des candidats Chargé de Recherche 2<sup>e</sup> classe (CR2) du concours

CNRS est de 32 ans et du concours Chargé de Recherche 1<sup>re</sup> classe (CR1) est de 37 ans. Un tiers des candidats sont des femmes. Fréquemment les recrutés ont effectué entre 4 et 6 ans de post-doctorat. Cet état de fait est susceptible d'avoir des conséquences négatives en particulier pour les femmes car cela est préjudiciable à la vie privée. De façon plus détaillée, plus d'hommes que de femmes ont été recrutés en section 19. Ils ont également été promus Directeurs de Recherche plus vite et plus jeunes que les femmes. Une réflexion sur ce sujet est en cours dans le cadre du comité de la parité au CNRS.

À l'heure actuelle, en section 19, 5 chercheurs sont Directeurs de Recherche de Classe Exceptionnelle, 14 % Directeurs de recherche de 1<sup>re</sup> classe (soit 32 chercheurs), 35 % de 2<sup>e</sup> classe (soit 78 chercheurs), 42 % sont CR1 et 7 % CR2.



**Figure 2 : Répartition hommes/femmes selon les grades et les corps de chercheurs.**



**Figure 3 : Nombre de personnels (chercheurs, ITA/IATOS, CDD) dans les laboratoires relevant principalement de la section 19.**

Dans les unités, il faut noter le poids important des chercheurs d'autres organismes :

- en premier lieu viennent les enseignants-chercheurs (EC) : environ 321 EC sont rattachés aux laboratoires relevant de la section 19 ;

- le poids de l'IRD (une soixantaine de chercheurs) confirme son importance croissante dans beaucoup d'unités par rapport à 2010 ;

- l'apport de Météo-France se fait presque exclusivement au travers du GAME et du CERFACS à Toulouse (74 chercheurs), celui du CEA (31 chercheurs) *via* le LSCE à Saclay et celui de l'IFREMER à Brest dans les unités de l'IUEM (20 chercheurs).

## 2. Personnel non-permanent

Une bonne partie de la recherche est menée par les personnels non permanents. En effet, parmi le personnel de type chercheur travaillant dans des laboratoires du CNRS, on retrouve 23 % de doctorants et 12 % de post-doctorants. La création de l'ANR a multiplié les contrats CDD et la pénurie de postes entraîne des jeunes chercheurs à continuer de travailler sur des contrats courts. La nouvelle loi, dite « Sauvadet », pour résorber l'emploi précaire est en train de bouleverser cet état de fait puisque le CNRS n'embauchera des contractuels que pour une durée de 3 ans et maximale de 6 ans, même si le jeune chercheur travaille dans plusieurs laboratoires successifs.

## C. Ingénieurs, techniciens et administratifs

Une évaluation des personnels ITAs et CDDs a été réalisée sur la base des données labintel et zento. Peu d'informations sont disponibles pour les non-permanents.

### 1. Personnel permanent

Les personnels permanents des unités sont pour un peu plus de la moitié non CNRS

(54%). Ceci est lié au nombre important d'ITA ayant le statut Météo-France au CNRM (131 ITA), au CEA (43), à l'IRD (32), à l'Université de Bordeaux (26) et à l'Université Pierre et Marie Curie (20). L'université contribue à 130 postes ITA (toutes universités confondues) alors que le CNRS contribue à hauteur de 420. Au total, pour les laboratoires OA, on recense à ce jour 615 IT pour environ 839 chercheurs tous organismes confondus. D'un point de vue parité homme/femme, on constate un grand déséquilibre avec 24 % de femmes en BAP E, 11 % en BAP C et 93 % en BAP J.

Les ITA permanents sont essentiellement en BAP E (Calcul Scientifique), BAP C (Instrumentation) et BAP J (gestion administrative). Dans cette dernière BAP, il y a à l'heure actuelle autant de personnel CNRS que non CNRS. Depuis ces dernières années, on constate une désaffection du CNRS pour maintenir le nombre de personnels gestionnaires alors que les structures administratives sont devenues plus nombreuses et plus complexes (par exemple, avec l'apparition des Labex, IDEX, etc.) et que les règles administratives sont différentes pour chaque tutelle de laboratoire (CNRS, université, EPST).

Les activités collectives prises en charge par les IT participent à l'évolution de leurs compétences, mais ne sont pas suffisamment prises en compte dans l'évolution de leur carrière, beaucoup d'activités annexes les éloignent de leur cœur de métier, les IT semblent donc être pénalisés par leur polyvalence. Les IT sont généralement trop peu associés à la valorisation des résultats scientifiques (cosignataires de publications).

## 2. Personnel non permanent

Il y a environ 301 personnels techniques non permanents en Océan-Atmosphère, soit 33 % du personnel technique des laboratoires. Ce chiffre est en nette augmentation depuis le dernier rapport de conjoncture (20 %) et illustre le manque manifeste de personnels techniques permanents dans les laboratoires. De plus en plus de CDD sont recrutés pour des activités de gestion et d'administration des laboratoires à

cause de la redistribution des postes faite par les instituts vers les corps techniques et ingénieurs. Cette précarité met en danger la mise en œuvre des procédures de recherche, le maintien et la transmission des connaissances, le fonctionnement des équipes et des laboratoires. La loi Sauvadet prévue pour aider les contractuels s'est révélée inadaptée à la situation des non-permanents, ce qui s'est traduit par un recrutement insignifiant de CDI. De plus, les EPST ont modifié leur règle de gestion des CDD afin de la rendre obsolète en octroyant des contrats de courte durée. Le manque de concours réservés au CDD, le manque de CDI-sation et la pénurie générale de postes entraînent une certaine morosité chez les CDD.

---

## II. Rapport avec les organismes de recherche

---

La réforme du CNRS en 2009 avec la mise en place de l'INEE, la montée en puissance de l'ANR et des Alliances ont profondément modifié le paysage de la programmation et de la coordination de la recherche au niveau national. Dans le périmètre scientifique de la section 19, ces réformes se sont traduites par une modification sensible du positionnement de l'INSU. L'alliance ALLEVI et l'ANR à travers de ses programmes et de ses financements sont aujourd'hui des acteurs majeurs de la programmation scientifique nationale. Ces éléments étaient déjà en grande partie mentionnés dans le précédent rapport de conjoncture de la section 19 et on peut aujourd'hui mesurer quelques effets de ces réformes. Si l'INSU a par le passé fortement contribué à structurer la communauté scientifique nationale océan-atmosphère-cryosphère en privilégiant, dans ses actions de coordination, de programmation et de prospective, avec une démarche pluri-organismes, il est aujourd'hui indéniable que ce rôle d'acteur national est amoindri dans le



nouveau paysage de la recherche. À ce jour, la programmation de l'ANR ne s'appuie que sur les prescriptions des Alliances et semble ignorer les recommandations issues des communautés scientifiques structurées autour de l'INSU à l'occasion notamment des exercices de prospectives ou celles élaborées par les programmes nationaux. Dans le domaine de l'environnement, la contribution d'ALLIENVIS à la programmation et coordination de la stratégie scientifique environnementale française reste peu lisible pour la communauté alors que cette alliance aurait pu, par exemple, contribuer à mieux articuler les défis posés par les enjeux sociétaux avec les prospectives issues de la communauté scientifique et de ses programmes. On peut faire le constat que ces nouvelles instances de coordination de la recherche n'ont pas contribué à une plus grande efficacité de la programmation et du fonctionnement de celle-ci. Elles ont opacifié la programmation de la recherche sans acquiescer la capacité à se substituer à l'INSU.

La réduction drastique des budgets alloués de façon pérenne à la recherche et des recrutements statutaires de chercheurs et ITA sont des éléments nouveaux qui impactent et vont impacter fortement la communauté scientifique. Cette baisse de moyens pérennes s'accompagne d'un repli des organismes sur leurs missions de base qui pourrait mettre un frein à la coopération inter-organismes. Concernant l'ANR, les éléments du précédent rapport de conjoncture restent en majeure partie d'actualité : orientation marquée des appels d'offres vers les impacts socio-économiques, durée des programmes trop limitée pour avoir un effet structurant à long terme, multiplication des CDD sans vision sur le futur, etc. La diminution du budget global de l'ANR et en particulier celui des programmes blancs sans report de ces budgets vers les organismes de recherche sont des éléments nouveaux particulièrement préoccupants et notamment la question du financement de la recherche amont que ni les organismes ni l'ANR ne semblent aujourd'hui en mesure d'assurer. Dans le même temps, les programmes nationaux pilotés par le CNRS (appels d'offres LEFE, EC2CO, moyens mi-lourds) qui ont structuré les communautés

relevant de la section 19 n'ont pratiquement plus de fonds propres.

Pourtant, plusieurs solutions existent pour pallier ce manque de vision d'ensemble. Tout d'abord, un choc de simplification et une harmonisation du rôle des différents acteurs et des modalités de programmation et de pilotage de la recherche nationale sont nécessaires. Il est important aussi que les organismes mettent en place une politique, cohérente, coordonnée et à long terme, prenant en compte les évolutions des modalités de financement de la recherche et les contraintes de gestion qu'elles impliquent. Enfin, cette politique doit s'accompagner d'un soutien aux UMR et aux programmes et chantiers nationaux de l'INSU.

---

### III. Grandes avancées scientifiques

---

La communauté scientifique de la section 19 a pour objectif d'améliorer notre compréhension et notre capacité de prédire l'évolution du fonctionnement de l'océan, de l'atmosphère et de la cryosphère et de leurs interactions. Elle a aussi dans son périmètre la partie des sciences planétaires ayant trait à l'atmosphère, au climat et de plus en plus aux mers et océans des autres corps. À toutes les échelles de temps, ces systèmes, individuellement ou pris ensemble, jouent un rôle déterminant dans le climat des atmosphères terrestre et planétaires. Les travaux participent aux grands projets internationaux portés notamment par le WCRP ou IGBP/Future Earth. Les grandes infrastructures de recherche nécessaires aux campagnes en mer ou aéroportées, aux forages polaires marins et terrestres, à l'observation satellitaire ou au calcul intensif offrent le support technique et les capacités d'innovation scientifiques indispensables aux aspects multidisciplinaires du domaine. Les principaux résultats des dernières années ont été relayés dans le 5<sup>e</sup> rapport du GIEC auquel plusieurs

chercheurs de la section ont participé en tant qu'auteurs ou contributeurs. Il faut souligner de manière plus générale que plusieurs chercheurs de la section jouent un rôle majeur à l'échelle nationale ou internationale dans la structuration des grandes campagnes d'observations que ce soit à partir de mesures *in situ* (campagnes de terrain ou réseaux d'observations) ou d'observations satellitaires.

De nombreuses recherches s'appuient sur les services d'observation et l'effort de surveillance de l'environnement commence à fournir des séries de données longues et homogènes indispensables aux avancées scientifiques. La modélisation de plus en plus présente couvre des aspects allant de la représentation des processus individuels à leur intégration dans des modèles couplant les différents compartiments du système climatique (océan, atmosphère, glace de mer, surfaces continentales) sous leurs aspects physiques, chimiques et géochimiques, voir écosystémiques. Au-delà du développement de modèles et faisant écho à la théorie, l'expérimentation numérique s'est fortement développée pour étudier les variations et les changements de climat. Les moyens de calcul, de stockage et la capacité à traiter les gros jeux de données en conditionnent les avancées. L'expérimentation en laboratoire est toujours aussi importante pour l'étude de la réponse des organismes marins à différents facteurs (lumière, température, salinité, carbone...), ou pour l'étude de la formation des aérosols, par exemple. On peut noter qu'elle est aussi utilisée pour mettre au point des capteurs physiques ou biogéochimiques.

Plusieurs domaines abordés par la section 19 ont été marqués par des évolutions rapides voire des ruptures sur les quatre dernières années. Une inflexion majeure dans tous les sujets concerne l'étude des processus et des interactions d'échelle. Cette évolution résulte de nouvelles méthodes de travail qui, en combinant plusieurs sources d'information (multi-capteurs pour les données satellites, multi-échelles, multi-proxies pour l'étude des paléoclimats...), offrent des visions plus intégrées des systèmes et une exploitation optimale des sources d'information individuelles. Ainsi,

l'étude de la sous-mésoéchelle de surface et subsurface de l'océan révolutionne la vision que l'on a de l'océan en montrant le rôle qu'elle joue dans les transports de chaleur, sur les écosystèmes ou les flux biogéochimiques associés. Les progrès en océanographie bénéficient aussi de l'intégration des outils issus de la biologie (génomique par exemple) dans les études écosystémiques et biogéochimiques. De nouvelles problématiques ayant trait à l'acidification des océans, aux changements d'oxygénation ou aux co-limitations de la biosphère marine se sont développées pour comprendre les changements observés. En glaciologie, le pendant est une nouvelle vision et compréhension ayant émergé de l'étude de l'évolution des systèmes à partir des processus à fine échelle faisant intervenir les interactions lit rocheux-glace ou les couplages glace-océan. Les missions spatiales comme Megha-Tropiques ou A-Train offrent une forte synergie de différents moyens de télédétection. Ces mesures associées à de nouvelles capacités analytiques donnent une vision plus complète des aérosols (concernant notamment les aérosols organiques) et améliorent la compréhension des interactions entre l'aérosol, les nuages et le rayonnement. En modélisation des progrès notoires dans les paramétrisations sont issus d'approches faisant l'aller-retour entre les observations (cas d'étude issus de campagnes) et des simulations LES (« Large eddy simulations ») ou CRM (« cloud resolving models »). Ce type d'approches a aussi été déployé pour étudier les variations climatiques et les processus de plus fine échelle (cycle diurne, mousson africaine, couplage nuages-circulation de grande échelle, rétroactions nuageuses). Le chantier Méditerranée a été l'un des cadres dans lesquels se sont développées de fortes synergies entre l'étude des différents milieux. Il permet d'aborder le fonctionnement et le devenir de systèmes marins fortement anthropisés et soumis à des pressions très variées, ainsi que des pollutions régionales atmosphériques spécifiques.

Afin de mieux appréhender le rôle des perturbations anthropiques sur le climat et les cycles biogéochimiques, l'étude de la variabilité naturelle du climat et des interactions fon-

damentales entre les différents phénomènes et milieux reste une forte priorité. De nouveaux indicateurs paléoclimatiques et l'analyse à haute résolution des archives climatiques ont permis de caractériser les séquences entre l'évolution des glaces, du cycle du carbone et des températures lors de grandes transitions climatiques. Les nouvelles variables comme la salinité observée depuis l'espace ou le lancement du programme d'envergure de flotteurs dérivants ARGO améliorent la compréhension du rôle de l'océan dans le cycle hydrologique. Le développement de simulateurs d'observations spatiales permet une meilleure utilisation des données satellitales pour l'évaluation des modèles. L'assimilation de données, traditionnellement utilisées pour retracer les variations des variables climatiques et océaniques, a fortement évolué grâce aux collaborations avec les mathématiques appliquées. La période est marquée par la diffusion des méthodes d'assimilation de données en dehors des disciplines pionnières pour l'étude du cycle de carbone, de la chimie atmosphérique, ou encore la glaciologie et la biosphère marine. Cette évolution est liée à la généralisation des approches en régimes de temps et des méthodes d'analyse statistiques dédiées aux extrêmes.

En ce qui concerne les changements climatiques, un fort accent a été porté sur la sensibilité climatique, les événements extrêmes ou les couplages entre le climat, la biosphère et le cycle du carbone. L'évolution des moyens de calcul et de stockage permet une plus forte diffusion des méthodes d'ensembles, mais cette évolution rapide impose également de fortes contraintes sur la refonte des gros codes de calcul et leur environnement qui induit la nécessité d'une bonne structuration de la communauté dans tous les domaines. Les chercheurs de la section 19 ont aussi contribué aux progrès rapides de l'étude de l'acidification et de la désoxygénation de l'océan, l'étude des couplages entre les Océans Indien et Pacifique et leur effet sur les différentes formes du phénomène El Niño et de l'Oscillation Australe ou des couplages océan-atmosphère sur les cyclones. Les résultats alimentent de nombreuses études multidisciplinaires et les nouvelles questions concernant

les impacts du changement climatique ou l'adaptation au changement climatique. Le développement du concept de services climatiques renforce cette tendance.

Concernant les sciences planétaires, les missions en cours comme Mars-Express, Venus-Express, Cassini, ainsi que le rover MSL, sont de grands succès dans lesquels la communauté française a joué un rôle moteur. Notons que la communauté française occupe le deuxième rang mondial après les États-Unis (<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/9481-gp-le-succes-de-la-planetologie-francaise.php>) et assez loin devant le Royaume Uni et l'Allemagne.

Quelques points saillants peuvent être retenus des résultats récents : la caractérisation et l'étude de l'habitabilité du cratère Gale sur Mars (détection d'argiles révélant la présence d'eau pérenne dans le passé), l'étude approfondie du climat de Saturne et Titan et les changements rapides après le passage de l'équinoxe (août 2009), la découverte des geysers d'eau salée d'Encelade dus à un océan interne en contact avec un cœur silicaté. Le futur sera sans nul doute marqué par la mission JUICE (systèmes jovien et de Ganymède) et la poursuite des missions martiennes (Exomars). Enfin notons la thématique exoplanète en plein essor grâce aux observations de plus en plus détaillées (spectres atmosphériques, propriétés physiques), et la découverte de planètes aux caractéristiques analogues à celles de la terre (taille, éloignement à l'étoile). L'étude des exoplanètes est de plus en plus abordée avec les outils classiques de la planétologie et de la physique de l'atmosphère terrestre (transfert radiatif, modèles couplés, GCM).

---

## IV. Contours et liens avec les autres sections et CID

---

La première mission de la communauté scientifique concernée par les thématiques de recherche couvertes par la section 19 du Comité National est d'observer, comprendre et modéliser le fonctionnement de l'océan, de l'atmosphère et de la cryosphère. Au travers de leur couplage, il s'agit d'étudier le fonctionnement du système climatique et des cycles biogéochimiques ainsi que leur évolution à différentes échelles de temps et d'espace. La recherche menée sur ces thématiques océan-cryosphère-atmosphère relevant de la section 19 est très fortement structurée par l'INSU. Dans le domaine de la Planétologie, l'étude de la physique, de la dynamique et de la chimie des atmosphères planétaires fait également partie intégrante du champ de recherche de la communauté de la section 19.

L'objectif de cerner et modéliser le fonctionnement de la planète, en particulier de son climat, de sa dynamique naturelle (cycles climatiques, événements extrêmes, etc.) et surtout son évolution future sous l'effet des changements anthropiques ne peut évidemment pas être atteint en traitant séparément les différents compartiments du système terrestre. L'intégration des surfaces continentales, des surfaces englacées et des cycles biogéochimiques et éventuellement de la biodiversité qui les sous-tend est absolument indispensable. Plus généralement, la difficile question de la description des milieux de transition que représentent les interfaces air/mer, continent/atmosphère, milieux côtiers, bassins versants nécessite une attention spécifique. Dans un contexte de raréfaction générale des postes, il est important de veiller à maintenir dans le champ de la section 19 les compétences nécessaires à la résolution de ces questions cruciales.

Enfin, l'évolution prévue de notre environnement aura des conséquences majeures sur les conditions de vie des populations tant sur

le plan de la santé publique (épisodes de pollution, période de canicule, tempêtes, etc.) qu'en termes économiques (évolution des zones climatiques, comme l'Arctique) avec des impacts sur l'exploitation des écosystèmes (ressources vivantes et agricultures), la consommation d'énergie, le tourisme, etc. Les scientifiques ont donc également la responsabilité d'élaborer des outils opérationnels de diagnostic en couplant les modèles « physiques » avec des modèles socio-économiques permettant une quantification fiable des risques et des coûts, au service de politiques environnementales raisonnées. Le caractère nécessairement très interdisciplinaire de ces recherches met en évidence les liens fragilisés par la réforme du CNRS qui doivent être maintenus entre la section 19 et les autres sections (17, 18, 30) et les CID (52).

---

## V. Formation

---

Le système universitaire national a connu des réformes importantes avec la mise en place du dispositif Licence, Master, Doctorat (LMD) à partir de 2003. Il connaît actuellement une restructuration régionale déterminante par l'instauration des COMUE (Communauté d'universités et établissements), la mise en place des mentions de Master et le nouveau cadrage des Licences (avec notamment moins d'enseignement disciplinaire).

Dans le même temps, une perte d'attractivité des emplois scientifiques et d'enseignement concernant les filières universitaires académiques et un attrait pour les filières « courtes » à objectifs professionnalisant clairement identifiés a induit une diminution notable des effectifs en Master. Cette perte d'attractivité est accompagnée d'une désaffection des matières scientifiques « dures » (mathématiques, physique, chimie, biologie, géologie) pour une réorientation des étudiants vers des filières professionnalisées identifiées, notamment en Sciences de l'Ingénieur et en Environnement pour ce qui concerne les disciplines et théma-

tiques associées à la section 19 du CNRS et 36 et 37 du CNU.

Cependant, les postes d'enseignants notamment en 37<sup>e</sup> section pourraient se retrouver réorienter vers des filières de l'ingénierie vers des problématiques environnementales (éco-conception, productions propres, bilan carbone) et en «Énergies renouvelables», sujet très porteur, et dans lesquelles ont été réintroduits le climat (énergies fossiles, aérosols et effet de serre) et les potentiels éoliens (météorologie locale) et marins (océanographie locale).

Les effectifs enseignants des UMR rattachés à la 19 restent très importants. Par contre, l'intervention de chercheurs CNRS ou d'autres organismes dans les filières universitaires est en forte diminution pour raison de refonte et regroupement des maquettes. Il conviendra dans les années futures de suivre très attentivement l'évolution des effectifs enseignants-chercheurs dont la justification des renouvellements dépend directement des effectifs étudiants dans un contexte de redéploiement thématique accéléré et de redéfinition des cursus attractifs à l'université. Le CNRS devra éventuellement jouer un rôle de rééquilibrage déterminant pour le maintien du potentiel humain dans le domaine.

Certaines universités proposent encore des Masters ciblés très bien adaptés à la formation souhaitée pour nos disciplines (sites de Brest, Toulouse, Grenoble...) tandis que pour d'autres, les formations Master – Doctorat sont devenues soit pluridisciplinaires, soit plus généralistes, notamment en Sciences de l'Environnement ou Géosciences (UPMC, UVSQ, Orsay, Bordeaux, Grenoble, Lille, la Rochelle, Marseille...), soit en sciences de l'Ingénieur (PARISTech, Toulon...) avec de plus en plus souvent des Master mixtes : Recherche/Professionnel afin de maintenir l'attractivité du diplôme de Master.

Les formations thématiques propres à la section 19 ont cependant été particulièrement dynamiques dans l'organisation de Masters internationaux, notamment Européens (UPMC...) ou de formations mutualisées

(Écoles d'été, formations doctorales) permettant de pallier la faiblesse des effectifs étudiants. Le rôle des UMR sur la base de leur renommée scientifique dans l'organisation et l'animation de ces structures a été déterminant. On note cependant un fort rétrécissement du vivier des candidats à une thèse, qui est devenu le facteur limitant de l'encadrement doctoral et qui est probablement pour partie lié à la diminution des postes dans l'enseignement supérieur et la recherche et/ou pour partie à une baisse de l'image des conditions actuelles d'exercice du métier.

---

## VI. Implications sociales, économiques et culturelles

---

Les thèmes de recherche développés dans la section 19 recouvrent un certain nombre de préoccupations sociétales (qualité de l'air, couche d'ozone, changement climatique, acidification et désoxygénation des océans, ressources en eau, extrêmes météorologiques, risques aéronautiques associés aux panaches volcaniques, nuages radioactifs, géo-ingénierie de l'environnement...). De nombreuses recherches réalisées par les chercheurs et enseignants-chercheurs relevant de la section 19 répondent à ces demandes sociétales et trouvent ainsi des applications directes ou indirectes en météorologie opérationnelle, prévision de la qualité de l'air et de l'eau et prévisions météorologiques, océanographiques et climatiques. C'est le cas par exemple des services européens Copernicus dans les domaines de l'atmosphère, de l'océan et du climat auxquels les laboratoires de recherche sont très actifs en relation avec d'autres organismes institutionnels français (IFREMER, Météo-France, IPEV, Ineris, Mercator Océan) et européens (CEPMMT). Plusieurs bases de données (Coriolis, ECCAD, IAGOS, GEISA...) et codes informatiques (comme les modèles CHIMERE et NEMO) sont maintenant distribués très largement auprès de la communauté inter-

nationale avec des applications opérationnelles multiples. Ces services bénéficient notamment de l'activité des pôles Atmosphère Océan et des services d'observations.

Les chercheurs et enseignants-chercheurs relevant de la section ont été particulièrement actifs dans des actions, comités scientifiques et rapports d'évaluation associés à des grands traités internationaux de protection de l'environnement (par ex. en lien avec la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique). La communauté française s'est également fortement investie dans la rédaction du 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et du dernier rapport d'évaluation de l'Organisation Mondiale de la Météorologie sur l'état de la couche d'ozone, ainsi que dans les activités de communication qui s'en sont suivies.

Les efforts de communication vers le grand public se sont d'ailleurs multipliés et prennent diverses formes : ouvrages personnels ou collectifs pour les non-spécialistes (par exemple « Le climat à découvert »), sites internet de type Foire aux Questions/FAQ (<http://www.climat-en-questions.fr/>) ou autres, interviews auprès des journalistes, conférences dites « grand public », journées portes ouvertes... Il existe aussi des revues spécialisées en langue fran-

çaise de grande qualité (telles que Pollution Atmosphérique, La Météorologie, Revue de l'atmosphère et du climat) aux côtés de revues commerciales (comme les Dossiers pour la Science) qui permettent de relayer l'information vers un public plus spécialisé.

On a vu se renforcer au cours des dernières années des liens avec des PME françaises qui interagissent avec les laboratoires de recherche, notamment sur les sujets de l'instrumentation (par ex. Environnement-SA, Novimet, Cimel, NKE, etc.), la télédétection spatiale (ACRI, Noveltis, Hygeos, Estellus, CLS, etc.), la prévision de la qualité de l'air (ARIA Technologies), ou encore les services climatiques. Les interactions avec les grandes entreprises existent aussi dans le cadre de bourses ou contrats industriels et même des contrats-cadres (Airbus, EDF, Total, AREVA, Veolia...). Par ailleurs, des partenariats avec les collectivités territoriales sont également développés dans le cadre de la prévention des aléas climatiques (inondation, submersion, risques glaciaires...) et de l'impact du changement climatique sur les ressources. Ces interactions multiples sont bien sûr à encourager. Néanmoins, il convient de préserver la liberté de la recherche publique et de garder un équilibre entre les activités de recherche plus fondamentales et celles qui sont plus appliquées.

---

## Annexe

---

Liste de sigles et des abréviations.

ALLENVI : Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement

ANR : Agence Nationale de la Recherche

BAP : Branche d'Activité Professionnelle

CDD : Contrat à Durée Déterminée

CDI : Contrat à Durée Indéterminée

CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives

CEPMET : Centre Européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme

CID : Commission InterDisciplinaire

CIRMED : Comité interrégional Méditerranée

CLS : Collecte Localisation Satellites

CNES : Centre national d'études spatiales	INSU : Institut National des Sciences de l'Univers
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique	IPEV : Institut polaire français Paul-Émile Victor
CNU : Conseil National des Universités	IRD : Institut de Recherche pour le Développement
EC2CO : Écosphère continentale et côtière	ITA : Ingénieurs techniciens administratifs
ECCAD : Emissions of atmospheric Compounds & Compilation of Ancillary Data	IUEM : Institut Universitaire Européen de la Mer
EPST : Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique	Labex : Laboratoire d'Excellence
GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	LEFE : Les enveloppes fluides et l'environnement
IGBP : International Geosphere-Biosphere Programme	NEMO : Nucleus for European Modelling of the Ocean
INC Institut de Chimie	OA : division Océan-Atmosphère de l'INSU
IDEX : Initiative d'Excellence	PME : Petites et Moyennes Entreprises
Ineris Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques	UMI : Unité Mixte Internationale
INEE : Institut National Environnement et Écologie	UMR : Unité Mixte de Recherche
IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer	UMS : Unité Mixte de Service
INSIS : Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes	UPS : Unité Propre de Service
INSB : Institut des Sciences Biologiques	UPMC : Université Pierre et Marie Curie
	URA : Unité de Recherche Associée
	OSU : Observatoire des Sciences de l'Univers
	WCRP : World Climate Research Program

Comité national de la recherche scientifique. « Section 19- Système Terre : enveloppes superficielles ». *Rapport de conjoncture 2014*, [édition PDF en ligne]. ISBN : 978-2-271-08746-1. Disponible sur : <http://rapports-du-comite-national.cnrs.fr/>