



HAL
open science

Le pôle Icare : son historique, son fonctionnement, ses réalisations

Didier Tanré, Anne Lifermann, Jacques Descloîtres

► To cite this version:

Didier Tanré, Anne Lifermann, Jacques Descloîtres. Le pôle Icare : son historique, son fonctionnement, ses réalisations. *La Météorologie*, 2018, 102, pp.31. <10.4267/2042/68210>. <hal-04864250>

HAL Id: hal-04864250

<https://hal.science/hal-04864250v1>

Submitted on 5 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Le pôle Icare : son historique, son fonctionnement, ses réalisations

Didier Tanré¹, Anne Lifermann², Jacques Descloitres³

1. Laboratoire d'optique atmosphérique, Université de Lille / CNRS, Villeneuve d'Ascq
2. Centre national d'études spatiales, Toulouse
3. Icare Data and Services Centre, Université de Lille / CNRS / Cnes, Villeneuve d'Ascq

Résumé

Au moment où l'organisation de la communauté scientifique concernée par les observations des différents composants atmosphériques (gaz, aérosols, nuages, précipitations) est en pleine évolution, il n'est pas inutile de décrire comment le Centre de données et services Icare a su trouver sa place dans le paysage français. Son historique au cours de ces quinze dernières années illustre parfaitement les bénéfices que peuvent tirer les chercheurs d'une politique claire et assumée de mutualisation des moyens.

Abstract

The ICARE centre: history, organization and achievements

As the organization of the scientific community involved in observations of atmospheric components (gas, aerosols, clouds, precipitation) is evolving, it is worthwhile to explain how the ICARE Data and Services Centre has established itself within the French scientific community. Since it was created 15 years ago, the ICARE centre has demonstrated the benefits that scientists can draw from a clear policy of pooling means and sharing resources.

Au cours des années 1990, les scientifiques du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (Giec) confirmaient que le réchauffement global observé au cours du XX^e siècle sortait des limites de la variabilité naturelle et insistaient sur la nécessité de mettre en convergence les observations nécessaires et les simulations numériques pour appuyer leurs conclusions (IPCC, 2001). Dans les différents documents, il était noté que parmi les sources d'incertitude dans ces projections climatiques figurait le rôle radiatif des nuages et des aérosols.

Guidées par les mêmes impératifs scientifiques et grâce à un investissement particulièrement important des agences spatiales, plusieurs missions spatiales internationales ont été retenues en l'espace de quelques années : *Adeos I* et *II*, *EOS-Terra* et *Aqua*, *Envisat*, *Calipso*, *Parasol* et *Megha-Tropiques*. La problématique des interactions entre les aérosols, les nuages, l'eau atmosphérique et le rayonnement a été en effet identifiée au niveau mondial comme un champ d'investigation prioritaire pour les observations spatiales. Dans le domaine de recherche que constitue l'étude du système climatique, ce type d'observations est en effet bien adapté, car il permet de couvrir la totalité de la planète de façon quasi quotidienne et de construire de longues séries temporelles assimilables par les agences météorologiques. De plus, les données acquises depuis la surface par des services nationaux d'observation (SNO) sur de longues périodes ou celles acquises sur une période limitée

lors de campagnes de terrain avec des moyens plus importants, aéroportés par exemple, mais sur une période limitée, sont complémentaires à ces observations spatiales et doivent être facilement accessibles. Notons que dans ce cas différents acteurs (organismes, laboratoires de recherche, etc.) sont impliqués et que si la mise en commun de ces multiples jeux de données est indispensable, elle ne peut se faire qu'à travers une démarche institutionnelle.

En France, à cette époque, le Cnes (Centre national d'études spatiales) et l'Insu (Institut national des sciences de l'Univers du CNRS) mandatent un groupe de travail afin de définir un schéma directeur à moyen terme (cinq à dix ans) concernant la gestion des données pour les géosciences. Le rapport de ce groupe de travail présidé par Philippe Waldteufel est publié en octobre 1999¹. Parmi les conclusions et recommandations de ce groupe figuraient :

- la nécessité d'une coordination entre les institutions nationales de recherche pour les données spatiales, avec un besoin d'une forte coopération entre le Cnes et les organismes scientifiques utilisateurs, au premier rang desquels figure l'Insu ;
- la nécessité de mettre en place des pôles de compétence thématique à l'échelle européenne prenant en compte en particulier les autres acteurs

1. Rapport dit « rapport Waldteufel » : Les bases de données pour les géosciences / Éléments pour un schéma directeur et annexes. Réf : DPI/OT-99/21. <http://www.insu.cnrs.fr/publications/archives-de-documents-scientifiques>

européens du domaine et, si possible, faisant l'objet de montages en coopération.

La communauté scientifique se voyait ainsi proposer la mise en place de plusieurs pôles pour les différents compartiments du système Terre (atmosphère, océan, surfaces terrestres, terre interne) afin d'optimiser et valoriser au plan national comme au plan international les investissements consentis par les agences ou organismes en matière d'observation. La création d'un pôle reposait de fait sur plusieurs idées fortes :

- la nécessité de mettre en commun les données issues de différents instruments de mesures, et ce à toutes les échelles ;

- la nécessité d'offrir à la communauté scientifique des services et des outils d'analyse permettant de tirer le meilleur parti de ce volume impressionnant d'informations complémentaires ;

- et, en ce qui concerne spécifiquement les données spatiales, la nécessité de resserrer la boucle entre les segments « sol »² des agences et les scientifiques. En effet, lors de la conception d'un algorithme utilisant des données de capteurs de nouvelle génération, il est nécessaire d'en confronter les premiers résultats avec des données de validation acquises par ailleurs. Cette phase de mise au point nécessite d'ajuster certains paramètres utilisés dans l'algorithme et requiert donc plusieurs allers-retours entre les concepteurs et le service en charge de l'exploitation des données. Une excellente communication entre les différents intervenants et une grande réactivité sont donc essentielles, ce que ne permet pas toujours le schéma classique de la sous-traitance industrielle utilisée par les agences spatiales pour le codage des algorithmes.

Pour répondre à ces objectifs, il était suggéré qu'un pôle soit organisé autour de deux entités :

- un centre d'expertise scientifique : des laboratoires ou organismes de recherche impliqués dans la thématique notamment au travers de leur participation à la définition de missions spatiales, à la conception et à la validation de produits géophysiques qui en sont dérivés ainsi qu'à leur utilisation, par exemple pour la mise en œuvre de modélisations ou la réalisation de climatologies ;
- un Centre de gestion et de traitement de données (CGTD)³ dont la mission

consiste à fournir un ensemble de prestations techniques et de services mutualisés permettant à la communauté utilisatrice d'exploiter au mieux les données et produits des missions spatiales relevant de la thématique. Ce centre de données, créé spécifiquement, prend en charge des activités de développement (consolidation et opérationnalisation du traitement scientifique et des logiciels d'analyse des données pour répondre notamment aux besoins des centres d'expertise) et des activités d'exploitation des données (génération, archivage et diffusion des produits dérivés à destination des centres d'expertise ou des utilisateurs au sens large). L'équipe de développement, avec ses ingénieurs « thématiques » au sein même de la structure, permet de faire le lien avec les scientifiques des laboratoires, lesquels peuvent bénéficier de l'expérience acquise par l'équipe sur les autres projets.

La création du pôle Icare

Pour l'atmosphère dite « météorologique »⁴, deux centres d'expertise scientifique se sont organisés autour des laboratoires de l'Institut Pierre-Simon Laplace en région parisienne et du Laboratoire d'optique d'atmosphérique de Lille, qui étaient porteurs de plusieurs missions spatiales dévolues à l'étude des interactions entre les aérosols, les nuages, le rayonnement et le cycle de l'eau. On peut citer la constellation de satellites *A-Train* sur laquelle se trouvaient impliqués les deux laboratoires avec respectivement les missions *Calipso* et *Parasol*. Un centre d'expertise scientifique pour une mission spatiale élabore des algorithmes permettant l'exploitation des données acquises depuis l'espace et conduit la réalisation d'études préparatoires, à partir de simulateurs aéroportés par exemple. Sur la mission proprement dite, un centre d'expertise s'assure également de la mise en place des différents outils de validation des paramètres géophysiques dérivés des observations.

En ce qui concerne le Centre de gestion et de traitement de données, le rapport Waldteufel identifiait également certains critères d'implantation et parmi ceux-ci figuraient un engagement financier à long terme et le besoin d'une taille critique en moyens

matériels et humains, avec bien évidemment des conséquences en matière d'investissement. Le soutien de la Région Nord-Pas-de-Calais dans le cadre du XI^e Plan État-Région a ainsi été déterminant pour la localisation du CGTD. Le projet prenait appui sur l'opportunité offerte par la mise sur orbite d'une mission spatiale issue du LOA (capteurs Polder sur *Adeos-I* et *II* en 1996 et 2002, et *Parasol* en 2004) et avait pour objectif la constitution à Lille d'un pôle national d'études de l'atmosphère en relation avec l'environnement global et le climat⁵. Il permettait de consolider le noyau de compétences techniques en instrumentation de télédétection et en analyse du signal spatial en région. Bernard Frimat, alors vice-président du Conseil régional du Nord-Pas-de-Calais, envoyait à ce propos le 6 mars 2002 un courrier à Gérard Mégie, président du CNRS, dans lequel on pouvait lire : « Dans ce contexte, je tiens par la présente à vous souligner que l'Institution a d'ores et déjà identifié au titre de sa programmation budgétaire pluriannuelle le projet de pôle thématique « nuages, aérosols et rayonnement » et qu'elle sera au regard de l'ambition du projet et de sa structuration en un pôle visible et structuré particulièrement attentive à vous assurer les meilleures conditions de partenariat et de développement. »

Le pôle de compétence thématique Icare (Interaction between cloud, aerosols, radiation, etc.) était ainsi mis en place le 24 octobre 2003 *via* la signature d'une convention par le Cnes, le CNRS, l'Insu et l'université des sciences et technologies de Lille (USTL), avec le soutien de la Région Nord-Pas-de-Calais et de l'Union européenne. Deux ans plus tard, la structuration du Centre de gestion et de traitement des données (CGTD) Icare était institutionnalisée par le biais de la création d'une unité mixte de service (UMS) sous cotutelle CNRS/Insu,

2. Entité dont les tâches consistent à contrôler et surveiller le satellite et à exploiter le ou les instrument(s) d'observation.

3. Le CGTD est maintenant appelé CDS pour « Centre de données et services ».

4. Dans le sens où l'observation des paramètres physiques (pression, vent, température, humidité, nuages, précipitations, aérosols, bilan radiatif) est en lien avec la météorologie et la physique de l'atmosphère.

5. Parmi les critères de localisation, les relations de travail entre les laboratoires de la région parisienne et ceux de la région Nord-Pas-de-Calais et dans une moindre mesure la proximité géographique ont aussi été des arguments avancés pour une implantation en région lilloise.

Cnes et université des sciences et technologies de Lille avec Jacques Descloitres comme directeur. L'UMS 2877 Icare était ainsi créée à compter du 1^{er} janvier 2006 pour une durée de 4 ans renouvelable après évaluation positive du comité directeur, ce qui contribuait à garantir une stabilisation des moyens et à pérenniser l'action conduite en région.

Le savoir-faire d'abord acquis par le CGTD Icare dans les différentes étapes du traitement de données spatiales pour Polder/Parasol (Tanré *et al.*, 2011) a ensuite été avantageusement valorisé lorsqu'il a fallu traiter les données des deux missions que la communauté française avait retenues, les missions *Calipso* (Pelon *et al.*, 2011) et *Megha-Tropiques* (Desbois *et al.*, 2007). C'est ainsi que le CGTD Icare a pu assurer la fonction de « segment sol scientifique » en charge du traitement des données de ces deux nouvelles missions spatiales qui relevaient elles aussi de la thématique « aérosols, nuages, rayonnement, eau », et ce en concertation avec les segments sol partenaires de la National Aeronautics and Space Administration (Nasa) pour *Calipso* et de l'Indian Space Research Organisation (ISRO) pour *Megha-Tropiques*.

Organisation, gouvernance et fonctionnement du pôle Icare

L'organisation du pôle est reportée sur la figure 1. En termes d'instances opérationnelles, on retrouve bien entendu les deux entités décrites précédemment : (i) les centres d'expertise scientifique (CES) que constituent les laboratoires de recherche et (ii) le Centre de gestion et de traitement de données (CGTD) créé spécifiquement pour les besoins du pôle. Le responsable scientifique du pôle suit les activités scientifiques et les développements associés qui sont conduits dans le pôle et s'assure de leurs rendus auprès des instances de suivi du pôle.

En termes d'instances décisionnelles, le pôle s'appuie sur un comité directeur et un comité utilisateurs. Le comité directeur est composé des représentants des partenaires du pôle Icare (CNRS/Insu, le Conseil régional Nord-Pas-de-Calais, l'université des sciences et techniques de Lille et le Cnes). Il

attribue les moyens et évalue les activités de l'ensemble du pôle. Le comité des utilisateurs est composé de représentants des communautés utilisatrices des produits et services d'Icare et conseille le comité directeur sur les orientations et priorités à prendre en compte pour satisfaire les besoins de la collectivité. Le comité des utilisateurs joue un rôle différent de celui d'un comité scientifique classique, car si son cahier des charges comprend l'évaluation de la qualité scientifique des propositions, il doit aussi s'assurer de l'adéquation des moyens et du calendrier des réalisations qui lui sont demandées, et ce en accord avec le directeur du CGTD. Les demandes des projets spatiaux ne sont pas soumises à l'évaluation du comité des utilisateurs⁶, qui est cependant tenu informé à travers le plan de travail du pôle et les comptes rendus d'activités.

Les centres fournisseurs de données sont les agences spatiales (Cnes, Nasa, ISRO, etc.) ou les agences météorologiques pour les satellites géostationnaires, en particulier ceux de la série *Meteosat*. Les données des services nationaux d'observations ont aussi vocation à être diffusées par Icare. L'utilisation en synergie des données des réseaux pertinents pour la thématique est ainsi facilitée. On peut par exemple citer les données du réseau Aeronet/Photons (Holben *et al.*, 1998) quant à la caractérisation des aérosols à l'aide de mesures photométriques réalisées depuis la surface.

La capacité du CGTD à couvrir à la fois les activités de développement et d'exploitation, comme suggéré dans le rapport Waldteufel, lui permet de répondre à la mission qui lui est

confiée : fournir un ensemble de prestations techniques et de services mutualisés permettant à la communauté utilisatrice d'exploiter au mieux les données et produits des observations (missions spatiales comprises) relevant de la thématique « Icare ». Le bureau, entité non identifiée au début du projet, s'est révélé indispensable pour évaluer plus fréquemment, 7 à 8 fois par an, le plan de charge du CGTD.

Le fonctionnement du CGTD

En support au travail d'analyse et de développement qui est de la responsabilité des laboratoires identifiés comme centres d'expertise, le soutien technique nécessaire pour finaliser les codes et les algorithmes, développer les interfaces, assurer la mise en production et gérer les bases de données est du ressort du CGTD.

Vu son cahier des charges, un CGTD assure deux fonctions :

- collecter, archiver, gérer et rendre accessible l'ensemble des données spatiales et des données préparatoires. Une bibliothèque de logiciels permettant de traiter les données doit aussi être disponible. Ce service assure le traitement systématique des données reçues pour la génération de produits élaborés ; il permet en outre de réaliser des retraitements à la demande. Il met également à disposition les données « sol » pertinentes acquises par les SNO. Il assure un rôle technique de

6. Les priorités concernant les demandes des Principal Investigators (PI) des projets spatiaux sont examinées en bureau.

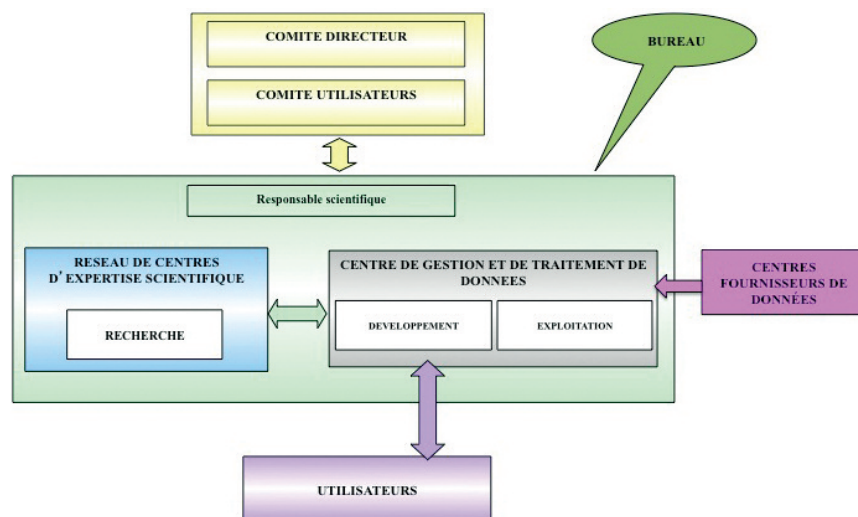


Figure 1. Schéma de l'organisation du pôle Icare.

production, d'archivage, de diffusion et de support aux utilisateurs ;

– offrir les moyens permettant de développer, valider et maintenir des chaînes de traitement des différentes données, et assurer un rôle d'expertise dans les développements informatiques. La proximité entre les laboratoires et les ingénieurs du CGTD, bien que situés dans des entités différentes, est ainsi assurée au sein de cette équipe de développement. Les laboratoires centre d'expertise ont par ailleurs accès à une machine « utilisateurs » sur laquelle ils peuvent mettre au point leurs algorithmes sur des jeux de données limités.

C'est ce fonctionnement en « boucle courte » (proximité entre les scientifiques et les ingénieurs informaticiens du CGTD, interactions fréquentes et faciles) associé à un suivi des projets, une évaluation des moyens nécessaires avec une revisite fréquente du plan de charge par le bureau qui a fait le succès du pôle Icare.

En quelques chiffres, le pôle Icare, c'est une unité d'une douzaine de personnes⁷ dont une moitié des personnels statutaires (CNRS ou université de Lille) ou en CDI. Au

1^{er} janvier 2018, Icare, c'est 100 millions de fichiers et plus de 1 000 jeux de données référencés qui composent une archive de près de 3 500 téraoctets (To) avec une forte montée en puissance des capacités de stockage correspondantes ces cinq dernières années (figure 2) ; Icare, c'est un parc de 129 serveurs et 1 500 cœurs de calcul ; enfin, Icare, c'est la visite de près de 13 000 utilisateurs distincts par mois pour les services web et 2 750 utilisateurs enregistrés pour l'accès aux données (dont 21 % d'utilisateurs français et 79 % d'étrangers), avec un incrément d'environ 300 nouveaux utilisateurs chaque année depuis 2014 (figure 3). Le budget d'Icare, indépendamment du soutien de ses tutelles (Cnes, CNRS, université), provient de contrats européens (FP7 puis H2020, ESA, Eumetsat), nationaux (AllEnvi, MEDD puis MTES, Ademe, Insu, etc.) et régionaux (Hauts-de-France et Feder).

Les réalisations

Comme signalé précédemment, le CGTD a la charge de plusieurs missions spatiales du Cnes en tant que composante scientifique du segment

sol et a vocation à fournir un soutien à la communauté scientifique travaillant sur la thématique « aérosols, nuages, rayonnement, eau » (accès aux bases de données, développement d'outils graphiques, algorithmes d'extraction dans le cas de campagnes de terrain, synergie instrumentale, etc.). Au cours des années, le CGTD a été de plus en plus impliqué dans un certain nombre de propositions de recherche par l'intermédiaire des scientifiques des centres d'expertise, ce qui lui a permis d'accroître sa visibilité nationale et internationale. Nous allons illustrer, de façon non exhaustive, quelques réalisations marquantes dites « communautaires ». En ce qui concerne les projets dits « utilisateurs », ils ont été nombreux et on se connectera sur le site www.icare.univ-lille1.fr pour plus d'informations. Ces réalisations ont conduit à de nombreuses publications dont on trouvera la liste sur le site du pôle Icare.

Les projets nationaux

Le programme d'activités du pôle a d'abord été tourné vers les activités de développement et d'exploitation des missions spatiales pertinentes pour la thématique Icare et sur lesquelles le Cnes était engagé : *Parasol/Polder* lancée en 2004, *Calipso* en 2006 et *Megha-Tropiques* en 2011.

Il est intéressant de noter que ces missions couvrent un domaine spectral très large (visible, infrarouge thermique, micro-ondes) et des techniques d'observation multiples (radiomètre, radiomètre imageur, radiomètre imageur polariseur, lidar), en hébergeant l'ensemble de ces données et en fournissant les outils capables de les combiner, offre une occasion unique d'exploiter pleinement la synergie instrumentale de ces différents satellites pour observer et comprendre des systèmes atmosphériques complexes comme illustré dans le cas de l'ouragan *Ileana* sur le Pacifique en 2006 (figure 4). Le CGTD a dans ce domaine répondu aux attentes des tutelles avec une meilleure valorisation des ressources existantes et aussi à celles des scientifiques avec une mise en synergie de l'ensemble des observations.

En ce qui concerne les observations acquises depuis la surface, les données *in situ*, etc., plus d'une dizaine de laboratoires ont par exemple

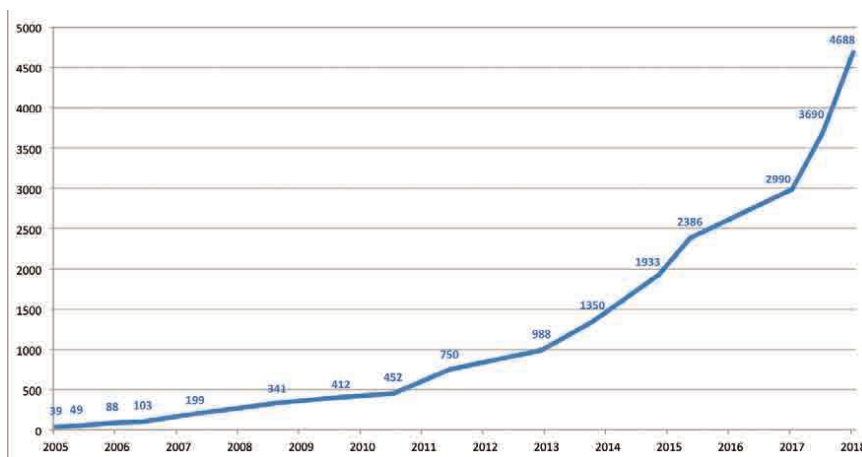


Figure 2. Évolution de la capacité de stockage en téraoctets (To) du CGTD Icare depuis sa création.

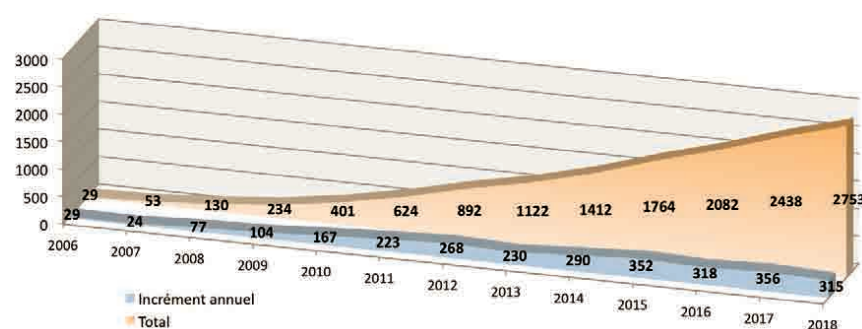


Figure 3. Évolution du nombre d'utilisateurs enregistrés au CGTD Icare, hors utilisateurs de services web, depuis sa création. En bleu est reporté l'incrément annuel.

7. Chiffre au 1^{er} novembre 2017.

participé au projet de Soere/Oraure^{8, 9} sélectionné en 2011 par l'AllEnvi (Alliance nationale de recherche pour l'environnement) « chargée d'assurer la coordination de la politique nationale en matière de soutien aux plateformes et infrastructures de recherche dans le domaine des sciences de l'environnement ». Ce Soere a été proposé afin d'assurer la continuité, l'harmonisation et la mise à disposition des mesures aérosols (mesures *in situ*, mesures de télédétection depuis la surface ou depuis l'espace) effectuées par des équipes du CNRS-Insu, ainsi que des services associés, au sein d'une structure nationale durable. La position du CGTD dans ce programme a été centrale ; elle lui a permis d'assurer une visibilité internationale des activités nationales *via* l'interfaçage avec les observations à l'échelle européenne. De la même façon, la réponse commune de plusieurs centres d'expertise à l'appel d'offres du programme GMES¹⁰ du ministère du Développement durable (GMES-MDD) *via* la proposition

« Aeroclub » (Aérosols dans la couche limite pour un usage des bases de données) doit être vue comme un moyen de mettre en avant les compétences françaises dans le cadre de l'initiative européenne GMES (devenue depuis Copernicus), programme européen de surveillance de la Terre à partir d'observations spatiales et des mesures depuis la surface ou aéroportées. Aeroclub se propose de fournir des produits « aérosols » existants au sein du CGTD dans une optique « quasi temps réel » et de compléter l'offre avec des produits aérosols originaux obtenus grâce à la mise en place de nouveaux algorithmes.

Dans ce contexte, la figure 5 est un bon exemple d'intégration d'imagerie satellitaire et d'observations au sol dans des outils de visualisation et d'analyse pour faciliter l'exploitation combinée des données ; elle constitue une excellente illustration des activités menées au sein du CGTD.

Les projets internationaux

L'intérêt des données et services proposés par le pôle dans un cadre national lui a permis d'être retenu dans des appels d'offres européens et ainsi de valoriser ses compétences en leur donnant un prolongement et une visibilité. Les projets européens dans lesquels Icare est impliqué sont :

– Macc/Macc-II/Macc-III (*Monitoring Atmospheric Composition and Climate*) qui constitue le core service atmosphere de l'initiative Copernicus (*Copernicus Atmosphere Monitoring Service*, CAMS) et dont les données

sont destinées à être assimilées par le modèle de prévision du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT). Icare est impliqué dans la fourniture du produit « aérosol mer » issu du capteur Seviri de MSG, ainsi que dans la fourniture des données Caliop. Une extension à un produit « aérosol terre » est envisagée à terme ;

– ESA/CCI aerosols : les projets de l'ESA de type CCI (*Climate Change Initiative*) ont pour objectif de mettre à la disposition de la communauté scientifique un certain nombre de variables climatiques dites essentielles (ECV pour *Essential Climate Variable*). Dans le cas des aérosols, plusieurs capteurs spatiaux de l'ESA fournissent des informations sur la quantité et le type d'aérosols à l'échelle du globe (Holzer-Popp *et al.*, 2013). Icare sert dans ce cas de plate-forme d'intercomparaison d'algorithmes appliqués aux capteurs AATSR¹¹ et Meris¹² de la mission *Envisat* de l'ESA. Icare a démontré ses capacités à répondre aux besoins de retraitement, d'archivage et de diffusion de produits et d'outils de visualisation, contrôle de qualité et validation ;

– Actris-1 et 2 : Actris est une infrastructure de recherche distribuée, en support des recherches sur le climat et la qualité de l'air. Cette initiative européenne fournit des informations sur la variabilité 4-D des espèces à temps de vie court, aérosols, nuages, gaz réactifs et leurs interactions. Le cahier des charges d'Icare comprend l'assemblage des données françaises, leur mise en forme, leur diffusion et fourniture à Actris. Contrairement aux deux programmes précédents qui concernaient la composante « aérosols », l'investissement français comprend également les gaz et les nuages.

Grâce à un investissement à long terme suivant une stratégie claire de mutualisation et de synergie, il a été possible de construire, dans la durée, un centre de données et services (CDS) doté de moyens informatiques importants avec une équipe compétente et désormais inséré dans l'échiquier européen.

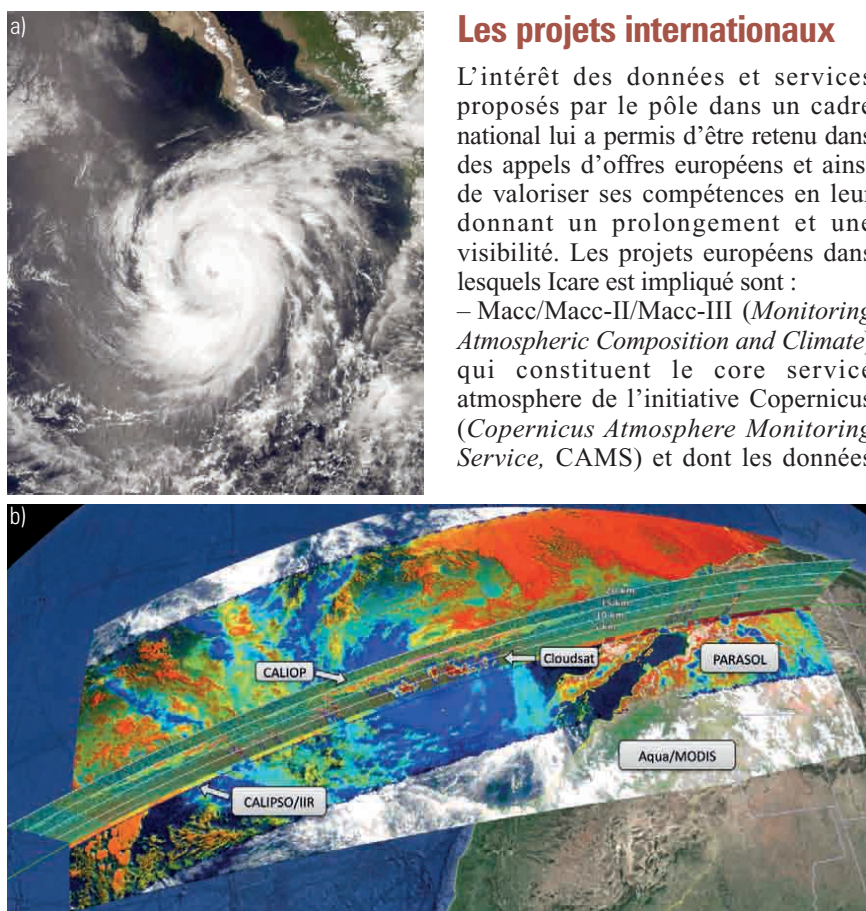


Figure 4. (a) Image RGB de l'ouragan *Ileana* observé le 23 août 2006 dans le Pacifique au large du Mexique par le radiomètre Modis à bord du satellite *Aqua* (source : Nasa Earth Observatory). (b) combinaison de plusieurs produits géophysiques dérivés de différents capteurs de l'*A-Train* qui ont survolé l'ouragan *Ileana* de façon quasiment simultanée : image RGB fournie par Modis ; pression apparente des nuages dérivée du radiomètre *Polder/Parasol* ; profil vertical de rétrodiffusion produit par le lidar *Calipso* à bord du satellite *Calipso*, permettant d'échantillonner le sommet du système nuageux ; profil vertical radar produit par le satellite *Cloudsat*, permettant de sonder le cœur de l'ouragan ; luminance infrarouge à la sous-trace de *Calipso*, produite par le radiomètre IIR.

8. Soere : Systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement.

9. Oraure : Observations en réseaux des aérosols à usage de recherches environnementales.

10. Global Monitoring of the Environment and Security.

11. Advanced Along-Track Scanning Radiometer.

12. Medium Resolution Imaging Spectrometer.

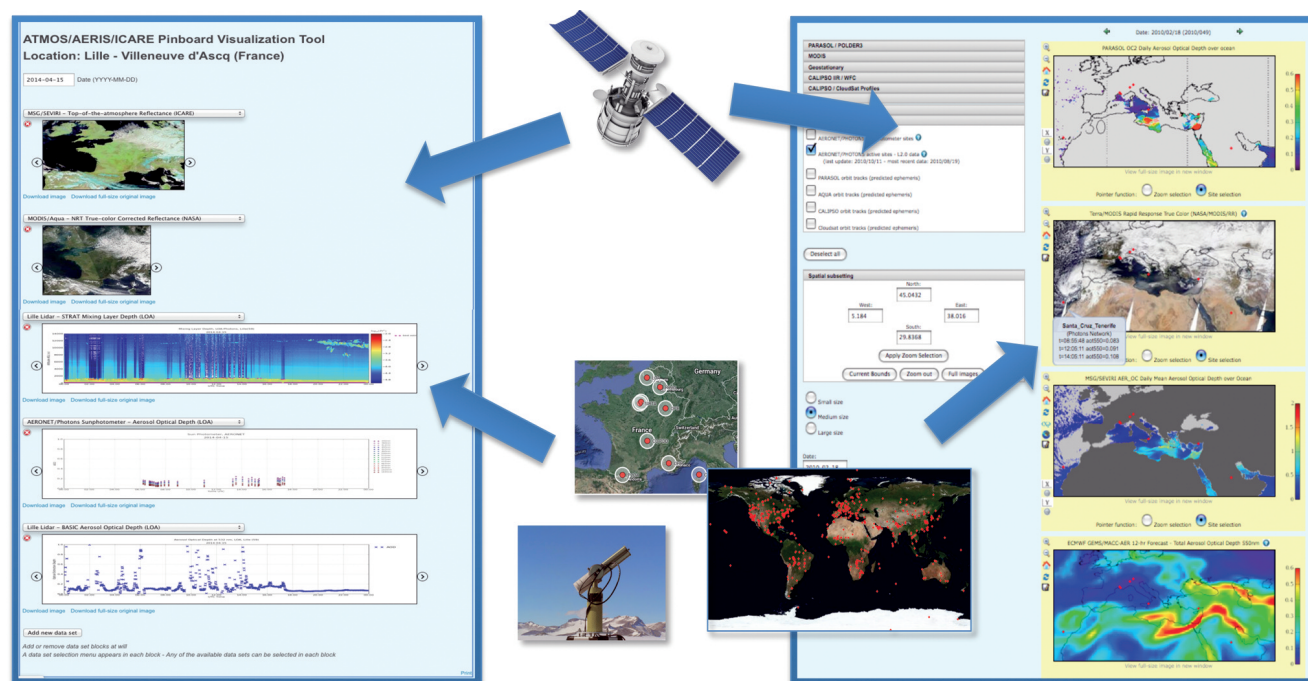


Figure 5. La figure de gauche illustre une analyse de cas sur un site d'observation, avec exploitation combinée de l'ensemble des observations sol et satellite disponibles sur ce site. La figure de droite illustre une analyse à l'échelle continentale, essentiellement basée sur l'exploitation combinée d'imagerie satellitaire sur la zone d'étude, avec intégration possible des observations sol réalisées sur des sites spécifiques inclus dans la zone.

Le futur

La structuration de la communauté française « atmosphère » est en train d'évoluer ; on peut noter :

- le regroupement des deux Soere (Oraure, Rosea¹³) avec un élargissement à d'autres services d'observations (NDACC¹⁴, Clap,¹⁵ Indaf¹⁶, etc.) dans le nouveau Soere Atmos ;
- la création de Actris-FR, « miroir » français de l'infrastructure européenne Actris-RI (www.actris.fr/) ;
- le regroupement d'Ether (pôle national de la thématique chimie atmosphérique), d'Icare, du Satmos (Service d'archivage et de traitement météorologique des observations satellitaires de Météo-France) et du Sedoo (Service de données de l'OMP) au sein du pôle de données et de service pour l'atmosphère Aeris (<https://www.aeris-data.fr/>) ;
- la création de l'infrastructure de recherche Sciences du « Système Terre et environnement ». Cette infrastructure se propose de mettre à disposition les données, les produits et des services relatifs à l'observation de ce système *via* les pôles de données et de services existants : Aeris (atmosphère), Form@Terre (terre profonde), Theia (surfaces continentales) et Odatis (océans et littoral).

Le communiqué de presse Icare consécutif à la signature de la convention en octobre 2003 indiquait que : « Le pôle Icare devait, à terme, constituer une entité de référence en Europe sur la thématique aérosols, nuages, rayonnement et cycle de l'eau. » Avec plus de 2700 utilisateurs enregistrés, dont un fort pourcentage hors de la communauté française, auxquels s'ajoutent des milliers d'utilisateurs anonymes réguliers des services web, on peut dire que l'objectif a été atteint : le Centre de données et services Icare a su se rendre visible sur la scène nationale et internationale. Il est maintenant positionné et reconnu dans le panorama européen grâce à l'efficacité dont il fait preuve dans les projets auxquels les scientifiques français l'ont associé. Les évolutions en cours permettront de valoriser davantage encore les investissements réalisés au cours des deux dernières décennies et ainsi de renforcer la présence de notre communauté.

Remerciements

À l'évidence, de nombreuses personnes ont contribué à la création d'Icare et à son développement au cours de ces quinze dernières années. Si les trois auteurs de cette note en ont pris

l'initiative, c'est en tant qu'acteurs et témoins du projet Icare, de sa naissance à son terme sous sa forme initiale. D'autres personnes ont joué un rôle clé à différentes étapes du projet, qu'elles en soient ici nommément remerciées¹⁷ :

- Région Nord-Pas-de-Calais : Cathy Buquet, Frédéric Leburgue ;
- Cnes : Alain Podaire, Vincent Cassé, Didier Renaut, Alain Gaboriaud, Carole Larigauderie, Thérèse Barroso, Patrice Henry ;
- université des sciences et technologies de Lille : Jean-Michel Robbe ;
- CNRS/Insu : Nicole Papineau, Sylvie Joussaume, Jean-Marie Flaud ;
- Présidents du comité des utilisateurs :
 - Michel Desbois (LMD) et Geneviève Sèze (LMD) ;
 - Responsables scientifiques : François-Marie Bréon (LSCE) et Bernard Legras (LMD) ;
 - IPSL : Jean Jouzel (directeur) ;
 - CDS Icare : ses membres actuels sans oublier les personnes qui se sont succédé au sein de la structure.

13. Réseau d'observation pour la surveillance et l'exploitation de l'atmosphère.

14. Network for the Detection of Atmospheric Composition Change.

15. Climate Relevant Aerosol Properties from Near Surface Observations.

16. International Network of Deposition and Atmospheric Chemistry In Africa.

17. Les affiliations correspondent aux postes qu'elles occupaient à l'époque de leur implication dans le projet.

Bibliographie

- Desbois M., Capderou M., Eymard L., Roca R., Viltard N., Viollier M., Karouche N., 2007. Megha-Tropiques : un satellite hydrométéorologique franco-indien. *La Météorologie*, 57, 19-27.
- Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tarré D., Buis J.P. Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., 1998. Aeronet-A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Remote Sens. Env.*, 66, 1-16.
- Holzer-Popp T., de Leeuw G., Martynenkow D., Klüser L., Bevan S., Davies W., Ducos F., Deuze J.L., Grainger R.G., Heckel A., von Hoyningen-Huene W., Kolmonen P., Litvinov P., North P., Poulson C.A., Ramon D., Siddans R., Sogacheva L., Tarré D., Thomas G.E., Vountas M., Descloitres J., Griesfeller J., Kinne S., Schulz M., Pinnock S., 2013. Aerosol retrieval experiments in the ESA Aerosol_cci project. *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 1919-1957. doi: 10.5194/amt-6-1919-2013
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. Climate Change 2001: The scientific basis, contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change (J.T. Houghton *et al.*, eds). Cambridge University Press, New York, 881 p.
- Pelon J., Tarré D., Garnier A., Lifermann A., 2011. L'apport des nouvelles missions spatiales à sondes actifs : résultats récents de *Calipso*, *Cloudsat* et *l'A-Train*. *La Météorologie*, 75, 15-22.
- Tarré D., Bréon F.-M., Deuzé J.-L., Dubovik O., Ducos F., François P., Goloub P., Herman M., Lifermann A., Waquet F., 2011. Remote sensing of aerosols by using polarized, directional and spectral measurements within the *A-Train*: the *Parasol* mission. *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 1383-1395. doi: 10.5194/amt-4-1383-2011
-