

phient pas des objets, mais émettent des ondes radio dont ils détectent les réflexions sur les objets du sol. Ces ondes réfléchies sont ensuite converties en images. Les instruments embarqués, nommés radars à ouverture synthétique, permettent de s'affranchir de l'obscurité et des nuages.

Excepté les satellites *DSP*, qui appartiennent à l'armée de l'air américaine, tous les satellites décrits ici sont commandés par l'Office américain de reconnaissance, un organisme créé le 6 septembre 1961 afin de coordonner les efforts de reconnaissance spatiale de la CIA et de l'armée de l'air américaine. Cet organisme était autrefois si secret que son nom ou son acronyme (NRO, pour *National Reconnaissance Office*) apparaissaient uniquement sur les documents d'un

niveau de confidentialité supérieur au «Top Secret». Le ministère américain de la Défense n'a admis publiquement l'existence du NRO qu'en 1992.

Des avions ont également donné de nombreuses images. Le plus connu des avions américains de reconnaissance est l'*U-2*, dont le rôle d'espion fut révélé lorsque le pilote de la CIA fut abattu au-dessus de l'Union soviétique en mai 1960. L'incident marqua la fin du survol de l'Union soviétique, mais, depuis plus de 40 ans, les *U-2* survolent et photographient des zones sensibles dans le monde entier. Aujourd'hui, ils montrent si l'Irak se conforme aux termes du cessez-le-feu de la guerre du Golfe. Un autre avion de reconnaissance de l'armée de l'air, le *SR-71*, a été en opération de la fin des années 1960

jusqu'à sa retraite temporaire en 1990. Quelques-uns demeurent en activité. Volant à plus de 26 000 mètres, à des vitesses supérieures à Mach 3 (trois fois la vitesse du son, soit près de 3 000 kilomètres par heure à cette altitude), les *SR-71* peuvent photographier plus de 260 000 kilomètres carrés en une heure de vol. Les missions des *SR-71* ont ainsi fourni des photographies couvrant des millions de kilomètres carrés.

Des oreilles sous la mer

Durant la guerre froide, alors que la CIA, le NRO et l'armée de l'air photographiaient les territoires ennemis et alliés, la Marine mettait en œuvre un réseau mondial de sonars pour localiser et suivre le mouvement des sous-

Quelques systèmes de renseignement et leur utilisation scientifique

	NOM	PÉRIODE D'UTILISATION	CAPTEURS/ CARACTÉRISTIQUES	APPLICATIONS MILITAIRES	APPLICATIONS SCIENTIFIQUES
SATELLITES	KH-1 - KH-6 KH-7 et KH-8	1960-1972 1963-1984	Images enregistrées sur film	Reconnaissance	Étude de l'expansion, du retrait ou de l'état des terres arables et des forêts, des déserts et d'autres écosystèmes ; surveillance de l'érosion du littoral, des incendies de forêt et de l'activité volcanique
	KH-9	1971-1984	Optiques grand angle couvrant des milliers de kilomètres		
	KH-11 KH-11 avancé	1976-1995 1992 à aujourd'hui	Images retransmises en temps réel à la Terre		
	DSP	1970 à aujourd'hui	Infrarouge	Détecte les lancements de missiles, les explosions, les incendies	Surveillance des entrées de météorites dans l'atmosphère terrestre
	Lacrosse	1988 à aujourd'hui	Images radar par tous les temps et à tout instant	Reconnaissance	Surveillance de la couverture glacée et neigeuse ; localisation et prévision du niveau des lacs, cours d'eau et nappes d'eau
AVIONS	U-2	1956 à aujourd'hui	Prend des images électro-optiques en temps réel	Reconnaissance	Étude de l'expansion, du retrait ou de l'état des terres arables et des forêts, des déserts et d'autres écosystèmes ; surveillance de l'érosion et des catastrophes naturelles
	SR-71	1964-1990	Photographiait plus de 260 000 kilomètres carrés par heure		
NAVIRES	Navires océanographiques militaires (dernière génération : la série TAGS-60)	1950 à aujourd'hui	Système multifaisceaux de relevé bathymétrique ; système sonar à faisceau large en eaux profondes ; établissement de profils sous le fond océanique	Données sur les champs magnétiques et gravimétriques marins ; bathymétrie du fond océanique et propriétés des sédiments ; profils verticaux de salinité et de température	Données de base pour de futures études marines ; calibration des algorithmes des satellites ; échantillonnage plus efficace de la salinité et des températures
RÉSEAUX DE SONARS	SOSUS	Mi-1950 à aujourd'hui	Hydrophones	Identification et suivi des sous-marins hostiles	Surveillance des températures océaniques ; suivi des populations de cétacés et de leurs déplacements

Bryan Christie

marins soviétiques. L'information était vitale : les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins s'efforcent d'échapper aux sous-marins d'assaut, qui tenteraient immédiatement de les détruire en cas de conflit nucléaire.

Les sonars étaient groupés en ensembles nommés Réseaux fixes de surveillance acoustique (*Sound Surveillance System*, ou SOSUS). Durant la majeure partie de la guerre froide, une vingtaine de ces SOSUS furent déployés en divers endroits du fond océanique pour détecter les signaux acoustiques issus des sous-marins soviétiques. Ils surveillaient également les mouvements des navires et, même, ceux des avions volant à basse altitude.

Les travaux de mise au point des SOSUS commencèrent en 1950 ; quatre ans plus tard, le premier réseau fut installé sur la plate-forme continentale de la côte Est des États-Unis. Les réseaux ont été régulièrement perfectionnés, et la technique en est aujourd'hui à sa cinquième ou sixième évolution.

Chaque sous-marin est identifié à partir de son écho sonar et des bruits caractéristiques de son moteur, de son système de refroidissement et du mouvement de ses hélices. À partir de ces informations, des programmes informatiques déterminent une signature sonore qui permet aux experts de reconnaître non seulement le type du sous-marin (sous-marin d'attaque de la classe *Alfa*, par exemple, ou sous-marin nucléaire lanceur d'engins, de la classe *Typhoon*), mais aussi, grâce à la sensibilité du réseau, chaque sous-marin individuel.

Derrière la porte secrète

Cet ensemble de détecteurs sous-marins, aériens et spatiaux remplit correctement sa fonction stratégique, mais ses données seraient-elles utilisables par les sciences de la Terre ? Cette question fut officiellement posée en mai 1990, lorsque Al Gore se posa des questions d'environnement qui intéressaient le Tennessee, dont il était sénateur. Il écrivit à un responsable de la CIA pour savoir si l'Agence possédait des données sur les océans, les nuages, les vents tropicaux et les précipitations. Comme la CIA avait effectivement des données utiles, elle organisa une réunion avec quelques scientifiques ne faisant pas partie de la communauté du renseignement, dont



Bryan Christie

1. LE SYSTÈME AMÉRICAIN DE SURVEILLANCE SONORE (ou SOSUS) est composé de réseaux d'hydrophones déployés sur le fond de l'océan. Au début des années 1980, 66 réseaux étaient en fonctionnement (emplacements en rouge) ; après la fin de la guerre froide, leur nombre a diminué.

Jeffrey Dozier, directeur du département des sciences de l'environnement à l'Université de Santa Barbara, et Gordon MacDonald, géophysicien à l'Université de San Diego.

Puis, au printemps 1992, le directeur de la CIA accorda leurs habilitations à un groupe de scientifiques, afin que ces derniers puissent évaluer l'intérêt scientifique des données de renseignement. Onze groupes d'études touchant diverses disciplines environnementales furent créés : ils comprenaient 70 scientifiques issus de l'Université, du secteur privé et d'agences gouvernementales telles que l'Agence pour la protection de l'environnement et le ministère américain de la Mer et de l'Atmosphère (NOAA). Lors de la première réunion officielle, en octobre 1992, les scientifiques examinèrent les besoins et les sources potentielles de données environnementales.

Ces scientifiques discutèrent aussi avec des collègues non habilités pour établir une liste des problèmes cruciaux et des informations qui seraient nécessaires pour les traiter. Par exemple, le groupe d'études sur les gaz à effet de serre conclut que la répartition de l'ozone était une information qui lui manquait. Pour mieux corréler la proportion de cette molécule avec les observations climatiques, le groupe conclut que l'on devait connaître la répartition de l'ozone en fonction de l'altitude, de la saison et de la latitude, avec une précision suffisante pour détecter une variation de cinq pour cent sur dix ans.

Une fois ce besoin identifié, les services secrets – en particulier la CIA et

le NRO –, ainsi que les ministères de la Défense et de l'Énergie, préparèrent des séances d'information sur plus de 100 systèmes de collecte secrets et leurs données. Puis, à la fin de novembre 1992 et au début de 1993, les scientifiques eurent connaissance des techniques utilisées par les renseignements américains : ils apprirent l'organisation des réseaux de surveillance jusqu'au détail des noms de code – une donnée très sensible pour ce qui concerne les satellites de renseignement –, de leur localisation et du type de données qu'ils recueillaient. Ces réunions devaient aider les scientifiques à déterminer les données archivées dont ils avaient besoin, et à savoir comment les satellites, les réseaux de sonars et autres systèmes actuellement en opération pourraient recueillir de nouvelles données.

En décembre 1993, le premier rapport du comité Médée concluait que les potentialités scientifiques des archives secrètes étaient immenses. Les images archivées, tout d'abord, pouvaient préciser les modifications des zones urbanisées, des zones cultivées, des zones forestières et des déserts, afin de dépister d'éventuels changements climatiques. Le premier satellite civil américain (*Earth Resources Technology Satellite*) n'ayant pas été lancé avant 1972, les images des archives secrètes permettraient d'avoir des données continues du début des années 1960 jusqu'à aujourd'hui.

À partir des images des satellites espions, les scientifiques voulaient calibrer les systèmes civils, de résolution moindre. En comparant des images basse et haute résolution d'un

même objet, ils prévoyaient d'extraire des informations supplémentaires de leurs photographies à faible résolution. Cet étalonnage est particulièrement utile pour les études de la végétation, la détermination des espèces et la mesure du degré de couverture végétale.

Les images de haute résolution montrent également l'expansion ou le retrait des forêts, des déserts et des

zones humides. Elles permettent d'étudier les modifications des surfaces arables, l'intégrité des écosystèmes et de l'habitat animal, les dommages subis par la forêt dus à la pollution et à l'activité humaine, l'utilisation de l'eau et l'érosion du littoral, des sujets aux conséquences considérables pour la santé humaine.

Le comité signalait aussi que les satellites DSP pouvaient détecter et sur-

veiller les grands incendies dans les régions reculées ; de tels feux produisent du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone, qui contribuent à l'effet de serre. À l'aide des données du réseau SOSUS, on pouvait évaluer le réchauffement global : comme les sons se propagent plus vite dans l'eau tiède que dans l'eau froide, la mesure des fluctuations de la vitesse du son à travers des milliers de kilomètres d'océan révèle de faibles variations de la température. Le réseau SOSUS détecte aussi le déplacement des cétacés, tout en caractérisant leurs populations. Toutes ces propositions ont été acceptées : le ministère américain de la Défense et les services des renseignements participent aujourd'hui aux études.

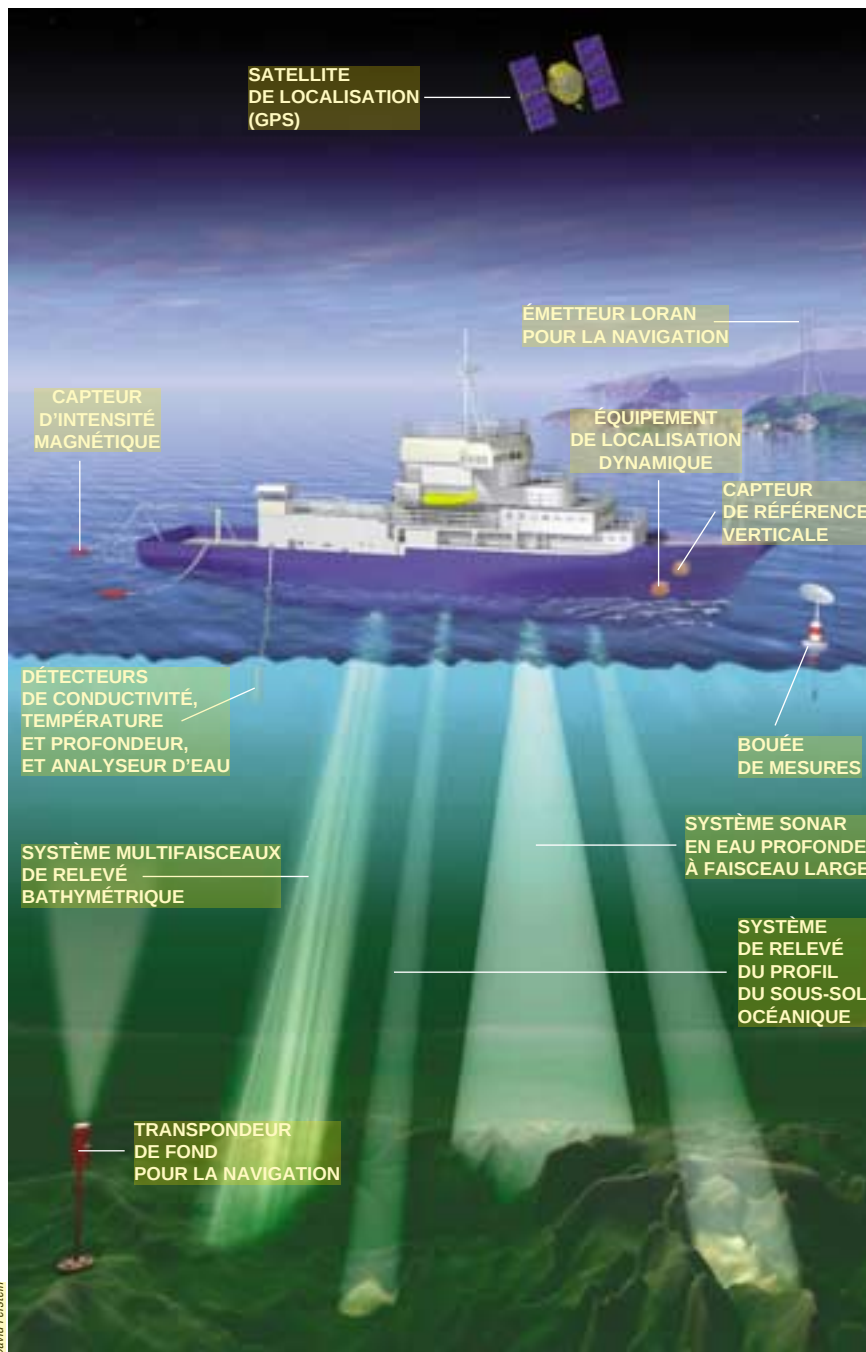
En outre, les matériels des services secrets servent à déterminer l'épaisseur de la banquise, l'étendue de la déforestation, la teneur en eau de la troposphère, la présence de déchets toxiques ou radioactifs sous le sol.

Médée devient permanent

Encouragés par le succès de la collaboration, les services des renseignements ont décidé de pérenniser le projet. En 1994, Linda Zall, de la CIA, a nommé le projet Médée, en référence à l'héroïne de la mythologie grecque qui aida Jason et les Argonautes à voler la Toison d'or. Aujourd'hui, près de 70 scientifiques ont accès à un bureau spécial, près du siège de la CIA.

Jusqu'à présent, les scientifiques du comité Médée ont produit plus d'une dizaine de rapports, évaluant comment les données archivées et l'ensemble des systèmes de collecte actuels pouvaient aider les sciences de la Terre. Ils se sont intéressés aux prévisions des éruptions volcaniques, aux méthodes d'identification des zones humides, aux vagues et à la circulation océanique, à l'évolution des glaciers. À une exception près, tous leurs rapports sont secrets.

Le seul rapport public, *Utilité scientifique des données environnementales de la Marine*, a été publié en juin 1995. Il avait été demandé par la Marine américaine, qui voulait connaître les possibilités en météorologie et en océanographie. Le rapport examinait l'utilité scientifique des bases de données pour l'étude de la banquise, de sa géologie et de sa géophysique, du



David Ferstein

2. LE NAVIRE OCÉANOGRAPHIQUE MILITAIRE TAGS-60 est le dernier d'une série de bâtiments commencée voici 40 ans. Ce navire de la Marine américaine, associé à d'autres ressources telles que les satellites du Système mondial de localisation (GPS) et le système de radionavigation à longue portée (dit Loran), est équipé de divers capteurs qui mesurent des paramètres de l'océan utiles pour les militaires. Des sonars cartographient le fond sous-marin et sondent même la région située juste en dessous.

volume de l'océan et des propriétés des interfaces avec les autres milieux. Le rapport comprenait également des recommandations pour accroître les connaissances océanographiques. Par exemple, il proposait d'établir un centre d'exploitation permettant aux scientifiques habilités d'accéder à la plupart des bases de données du commandement et il suggérait que la Marine s'efforce surtout de construire des modèles régionaux de l'océan (ces modèles simulent numériquement les conditions de la mer).

Les scientifiques du comité Médée ont également étudié comment des modifications des satellites espions amélioreraient la collecte de données environnementales. Ils ont rendu au NRO une dizaine de rapports comprenant des recommandations techniques. Ces recommandations auront vraisemblablement un impact sur les futurs satellites de renseignement.

Le comité a aussi joué un rôle important dans la conception du Programme de zones-témoins de référence, qui surveillera 500 sites d'intérêt pour les sciences de l'environnement : les nuages au large de la côte californienne, entre Los Angeles et San Diego ; la forêt tropicale humide sur les basses terres de La Selva, au Costa Rica ; la forêt expérimentale de Luquillo, à Puerto Rico ; le sol gelé en profondeur de la Fish Creek, en Alaska ; les glaciers de Griegsletchner, en Suisse ; les pentes du Kilimandjaro, en Tanzanie...

Herman Shugart, membre du comité Médée et écologiste à l'Université de Virginie, pense que, d'ici quelques décennies, les images du Kilimandjaro montreront une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère : l'un des premiers indices naturels d'un tel accroissement sera l'épaississement de la végétation dans les zones végétales les plus hautes, telles celles des flancs du Kilimandjaro ; de cet épaississement résultera un verdissement identifiable sur les images.

Les images seront gardées dans une photothèque d'accès limité au Service géologique. Durant les 20 prochaines années, les données ne seront disponibles qu'aux personnes habilitées, mais leur mise à la disposition de l'ensemble de la communauté scientifique est prévue. Pourquoi priver si longtemps la science de données utiles ? La question est vivement débattue.



U.S. Department of Defense

3. CE VOLCAN, l'un des plus hauts du monde, se situe dans la péninsule du Kamchatka, à l'extrême Est de la Russie. L'analyse des images de reconnaissance, telle celle-ci, qui date de 1962, renseigne sur l'historique de l'activité volcanique de la péninsule, une région sismiquement et volcaniquement active.

Science et secret

Bien que le comité Médée ait principalement étudié l'intérêt scientifique des données et des systèmes de renseignements, il a publié trois articles scientifiques sur la base de données confidentielles. Ces articles montrent la difficulté de conciliation des soucis de sécurité et des préoccupations scientifiques.

Les deux piliers essentiels de la science sont la reproductibilité – deux personnes qui font la même expérience doivent obtenir le même résultat – et la réfutabilité : des observations ou des expériences doivent confirmer les hypothèses. Les rapporteurs sollicités par les publications scientifiques se préoccupent souvent de savoir comment les données ont été recueillies et avec quelle fiabilité : quels instruments ont été utilisés ? Quelles étaient leurs performances ? Combien de mesures ont été faites et dans quelles conditions ?

Dans les études effectuées à partir de données confidentielles, la reproductibilité n'est pas assurée, car les scientifiques non habilités (c'est-à-dire la quasi-totalité de la communauté scientifique) n'ont pas accès aux informations. En outre, les rapporteurs ne sauront pas comment les données ont été recueillies. Dans certains cas, les résultats d'une recherche

seront vérifiables, même s'ils ne sont pas reproductibles, ce qui augmenterait la confiance dans les méthodes et données secrètes utilisées pour produire les résultats : par exemple, la précision d'une carte topographique du fond océanique peut être vérifiée, même si les moyens par lesquels elle a été produite ne sont pas connus. Toutefois, cette vérification n'est pas possible pour les phénomènes transitoires : certaines caractéristiques océaniques et atmosphériques auront peut-être disparu au moment où d'autres scientifiques essaieront de les observer.

Plusieurs de ces problèmes se sont posés à propos des deux premiers articles scientifiques du comité Médée. Le premier a été rédigé par William Schlesinger, de l'Université Duke, et par Nicholas Gramenopoulos, de la Société Mitre. Dans cet article, publié en 1996, les auteurs étudient l'extension vers le Sud du désert soudanais. Se fondant sur des photographies du Soudan occidental prises entre 1943 et 1994 par des satellites et par des avions, les auteurs analysent l'abondance des arbres en une douzaine de sites répartis le long d'un axe Nord-Sud. Ces photographies sont beaucoup plus précises que celles du Radiomètre avancé à très grande résolution embarqué sur le satellite NOAA depuis 1980. L'expansion du désert