



HAL
open science

Surveiller et prévenir : tremblements de terre et promesses satellitaires

Jérôme Lamy

► **To cite this version:**

Jérôme Lamy. Surveiller et prévenir : tremblements de terre et promesses satellitaires. Socio - La nouvelle revue des sciences sociales, 2019, 12, pp.97-114. 10.4000/socio.4569 . hal-04233882

HAL Id: hal-04233882

<https://univ-tlse2.hal.science/hal-04233882v1>

Submitted on 9 Oct 2023

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.

Surveiller et prévenir : tremblements de terre et promesses satellitaires

Jérôme Lamy (CERTOP – CNRS (UMR 5044) Université Toulouse Jean Jaurès)

Évènements catastrophiques aux conséquences dramatiques, les séismes constituent des manifestations violentes autant que redoutées des mouvements de la croûte terrestre. Parce qu'ils entraînent un désordre des paysages et des constructions humaines, les tremblements de terre sont, dans l'histoire, des points de cristallisation politiques, scientifiques et même culturels dans les façons de concevoir le risque (Quenet 2005). Ils appartiennent à cette catégorie très spécifique de ruptures dans l'ordre du monde qui surprennent tous les acteurs et laissent peu de prises pour l'action (Moreau 2017).

La prévision des possibles survenues de pulsions chtoniennes est un enjeu crucial pour les scientifiques comme pour les gouvernants : il s'agit de délimiter les espaces qui pourraient être touchés, de protéger les populations et de réduire les dégâts. Inscrite dès le 19^e siècle dans le répertoire des pratiques réglementaires visant, pour l'État, à garantir une sécurité collective, (Lamy, 2017 : 99-105) la détection des séismes, participe, au même titre que l'anticipation météorologique, des « sciences de la prévision » (Scheps 1996 ; Lambright, Heckley 1985). Parallèlement à la construction de la discipline sismologique, l'idée d'une surveillance de signaux géophysiques, capables d'indiquer la survenue d'un tremblement de terre, occupe les scientifiques (Oldroyd et al. 2007). Les technologies satellitaires permettent, depuis la seconde moitié du 20^e siècle, une saisie globale des données physiques de la terre (météorologie, végétation, océan). Les composantes sismiques ont donc été intégrées aux données spatiales susceptibles de documenter les tremblements de terre et leur annonce en amont. Le satellite français DEMETER (*Detection of Electro-Magnetic Emissions Transmitted from Earthquake Regions*), lancé en 2004, a constitué le premier exemple de complexe instrumental entièrement dédié à la prévision sismique. Conçu sur un mode expérimental, il a réuni une communauté d'utilisateurs qui s'est attachée à reconstituer les mécanismes d'annonce des tremblements de terre, notamment à partir de perturbations électroniques dans l'ionosphère.

Cet article envisage précisément la façon dont les scientifiques impliqués dans le développement et l'exploitation de DEMETER ont construit leurs argumentaires autour de la promesse d'une meilleure détection des séismes par satellite.

Au sein des *Science and Technology Studies (STS)*, les promesses technologiques ont le plus souvent été traitées sous l'angle d'une mobilisation des ressources des acteurs et des équipements en vue d'objectifs fixés collectivement (Borup et al. 2006). Elles renvoient à des logiques d'adaptation face à des problèmes socialement ou politiquement aigus. Dans cette perspective, les promesses technologiques définissent un agenda de recherche et d'action (Van Lente 1993), en même temps qu'elles obligent ceux qui les prononcent à contracter une forme d'engagement moral (Borup et al. 2006). L'inconvénient de cette approche est qu'elle semble ne concerner que des pratiques scientifiques très articulées aux contraintes marchandes (Brown, Michael, 2003 ; Quet 2012). Je propose ici d'envisager les promesses technologiques dans une perspective beaucoup plus large, en suivant la voie pragmatiste tracée par Francis Chateauraynaud et Josquin Debaz (2017). L'enjeu est de comprendre la façon dont les promesses technologiques, dans leur formulation même, sont des ouvertures de futur. En fonction de l'angle dégagé et de l'horizon esquissé, ce sont des logiques sociales et

épistémiques de « mise en partage » et de « transformation » de « l'activité visionnaire » en « activité collective » (Chateauraynaud, Debaz 2017 : 158) qui peuvent être mises au jour. La construction de la promesse, l'évolution des ressorts argumentatifs mobilisés, la confrontation des résultats sont autant d'épreuves qui renseignent sur les différentes façons de mobiliser (Céfaï 2007). En amont d'une promesse politique de détection des séismes, DEMETER constitue un bon exemple de promesse technologique formulée *par* les acteurs scientifiques *pour* les acteurs scientifiques. En ce sens, l'économie de la promesse est aussi une dynamique importante du champ scientifique compris dans sa logique autonome (Bourdieu 1991).

Je propose donc de retracer les différentes étapes de la vie de DEMETER (de sa conception à la fin des années 1990 à son arrêt de fonctionnement en 2010) à travers les logiques argumentatives déployées par les scientifiques impliqués. L'enquête s'appuie sur des archives du CNES, des archives personnelles de chercheurs, des articles scientifiques ainsi que cinq entretiens réalisés avec les deux *Principal Investigators (PI)* du projet (Michel Parrot et Jean-Jacques Berthelier), le responsable technique de la mission au CNES (Thibery Cursac), la responsable de la mission DEMETER (sur la dernière période : Miora Manda) et le responsable du recueil des données (Jean-Yves Brochot).

J'exposerai, dans une première partie les logiques argumentatives dans la préparation du satellite : la construction d'une promesse prudente et jamais clairement formulée permet aux acteurs de laisser des marges de manœuvre. Dans une seconde partie, j'exposerai les dissensions autour des résultats, susceptibles de remettre en cause la promesse, puis les rebonds géographique et épistémique de cette dernière.

Encadre 1

DEMETER, une mission exploratoire

Le projet DEMETER est inédit à double titre. D'une part, il est le premier satellite entièrement dédié à la détection des signaux annonciateurs de séisme. D'autre part, il inaugure la politique de miniaturisation et d'économie d'échelle conçue par le CNES. La plateforme Myriade est un support standardisé permettant d'optimiser une filière de micro-satellites peu coûteuse¹. Lancé le 29 juin 2004, DEMETER a d'abord été placé sur une orbite circulaire à 715 kilomètres d'altitude (il est par la suite descendu à 660 km). À bord, se trouvaient cinq instruments de mesure : l'*Instrument Magnetic Search Coil (IMSC)* qui rend compte des trois composantes du champ magnétique, l'*Instrument Champ Électrique (ICE)*, l'*Instrument Analyseur Plasma (IAP)* qui mesure la densité, la vitesse et la température des ions, l'*Instrument Sonde de Langmuir (ISL)* qui sert pour les densités électronique et ionique et l'*Instrument for Particle Detection (IDP)*. L'ensemble est articulé à un Boîtier Analogique et Numérique de Traitement (BANT). La mission s'est achevée en 2010.

1- Une promesse prudente

La mission DEMETER est proposée par les chercheurs du Laboratoire de Physique et de Chimie de l'Environnement et de l'Espace (LPCE) d'Orléans en 1998². Ce ne sont pas les

¹ Entretien avec Thibéry Cursac, 4 avril 2017.

² Archives personnelles de Michel Parrot (APMP), Michel Parrot, Michel Subias, Gille Bellaiche, *Spécification de la mission DEMETER*, CNES, 15 octobre 1999, p. 3.

géophysiciens qui portent le projet, mais des physiciens de l'atmosphère. Ce partage disciplinaire est important puisqu'il va conditionner la forme de la promesse scientifique (en directions de plusieurs spécialités), en même temps qu'il confirme la spécificité des recherches spatiales principalement conçues comme des pratiques instrumentales servant des disciplines spécifiques (Lamy, Davoust 2016). Initialement, des ressources scientifiques et technologiques russes devaient être mobilisées pour le projet³. L'expérience proposée est « classée en priorité 1 lors du Colloque de Perspectives d'Arcachon en mars 1998 »⁴. L'un des *PI*, Michel Parrot, et deux responsables du CNES (Michel Subias et Gille Bellaïche), en rédigeant les objectifs de la mission commencent par établir tout à la fois la faiblesse des résultats antérieurs et la potentialité d'une recherche entièrement consacrée à la détection satellitaire des signaux annonciateurs de séismes. Ils assurent d'abord que le mécanisme global sur lequel repose le recueil de données par DEMETER (à savoir « l'existence d'effets magnétiques de faible intensité associé aux séismes ou à l'activité sismique ») est attesté. Les contraintes mécaniques et chimiques que subissent les roches avant les séismes entraîneraient des réactions électriques et magnétiques détectables dans l'atmosphère (Jousset et al. 2009 : 31). Parrot, Subias et Bellaïche remarquent également que les expériences en laboratoire concernant les champs électrique et magnétique terrestres semblent montrer des variations lors des séismes. Toutefois, elles restent « moins nombreuses »⁵. C'est précisément la difficulté des mesures avec les dispositifs (terrestres) existants ainsi que l'incomplétude des résultats obtenus qui permet d'avancer l'idée d'une étude spécifique sur les signaux annonçant les séismes : « Des observations continues pendant des mois, voire des années, de tous les paramètres associés aux tremblements de terre sont nécessaires »⁶. Les mesures promises offrent de nombreux avantages : couverture complète des régions sismiques, continuité dans le temps, bandes fréquences observées bien adaptées. DEMETER est donc défini comme un dispositif satellitaire permettant « d'étudier de façon systématique les émissions d'ondes électromagnétiques observées lors de tremblements de terre et d'éruptions volcaniques, les perturbations de l'ionosphère et de la haute atmosphère, ainsi que les précipitations de particules associées (...) ». L'expérience s'inscrit dans la lignée d'« observations faites dans les années 80 au départ de façon tout à fait fortuite et non systématique (...) ». Il s'agit donc d'un « prolongement naturel de ces travaux et une étape fondamentale vers l'établissement de ces phénomènes et leur compréhension complète »⁷. L'antériorité de la quête de prévision ainsi que la connaissance des mécanismes scientifiques en jeu forment donc l'essentiel de l'argumentaire. Les conséquences politiques et sociales sont absentes. Le document de spécification se clôt d'ailleurs sur les objectifs scientifiques (*i.e.* rechercher des « signaux électriques et magnétiques, dans la haute atmosphère, associés aux crises sismiques et/ou volcanique (...) », caractériser les perturbations de l'ionosphère avant et après les séismes, et trouver « l'occurrence de précipitation de particules liées à ces événements »⁸).

L'un des *PI*, Jean-Jacques Berthelier confirme cette stratégie de prudence, voir même d'évasion. Il reconnaît que si les données avaient permis de « trouve[r] un effet », il était nécessaire « que sa détection serve comme alerte ». Le travail entrepris avec DEMETER ne

³ Entretien avec Michel Parrot, 22 décembre 2016.

⁴ APMP, Michel Parrot, Michel Subias, Gille Bellaïche, *Spécification de la mission DEMETER*, CNES, 15 octobre 1999, p.

3

⁵ *Ibidem*, p. 5.

⁶ *Ibidem*, p. 5.

⁷ *Ibidem*, p. 8.

⁸ *Ibidem*, p. 21.

l'est pas uniquement « pour la beauté du geste ». Mais il reconnaît que le groupe de chercheurs préparant la mission « a été très prudent », avant de conclure : « nous on fait de la science, après on verra »⁹. Dans la presse la responsable CNES de la mission DEMETER, Pascale Ultré-Guérard, insiste sur la nécessaire retenue face à une promesse qui, pourtant, n'est jamais exprimée clairement : « il faut (...) rester prudent »¹⁰. Cette obstination à rappeler la nécessaire retenue à l'endroit des possibles résultats de la mission est à la mesure de l'enjeu : la prévision des séismes a une portée sociale et politique majeure. Pour autant, cette articulation de la mission DEMETER à une action publique de prévention sismique n'est jamais évoquée par les acteurs scientifiques. L'horizon d'attente est strictement scientifique ; se faisant, les chercheurs se laissent des marges de manœuvre conséquentes pour apprécier les résultats. Ils n'ont pas à répondre à une exigence politique de résultats immédiatement applicables. L'appel à la prudence et la défense d'une légitimité strictement savante sont, des moyens de fixer la frontière entre la pratique scientifique et des attentes extérieures qui ne peuvent être totalement jugulées

La présentation des premiers résultats obtenus par DEMETER, dans un numéro spécial de la revue *Planetary and Space Science* en 2006, affermit encore davantage la logique argumentative tendant d'une part à naturaliser la démarche (par l'antériorité historique) et par l'exclusion de toute référence à une action publique susceptible de s'appuyer sur les données fournies.

L'objectif de DEMETER est étendu aux « anthropogenic activities » comme les « powerline harmonic radiation (...), VLF transmitters, HF broadcasting station » (Parrot et al. 2006 : 441). Mais la problématique reste centrée sur la détection des effets magnétiques des séismes dans l'ionosphère. Michel Parrot et quinze de ses collègues, récapitulent, dans un article de synthèse, l'histoire longue du « electromagnetic phenomena in relation with the seismic activity (...) » (Parrot et al. 2006 : 442), remontant même jusqu'à la fin du 19^e siècle. Ce sont surtout deux résultats publiés en 1982 (l'un concernant le tremblement de terre au Japon du 21 mars 1980 [Gokhberg et al. 1982], l'autre reprenant les observations d'un séisme au Chili en mai 1960 [Warwick et al. 1982]) qui soutiennent l'argumentaire. Ces résultats introduisent l'idée qu'une mesure des effets électromagnétiques des séismes est possible. C'est ici, rétrospectivement, l'ouverture d'un futur qui s'ébauche. Pour conserver l'angle de projection le plus ouvert possible, les auteurs de l'article de 2006 répètent que d'autres données recueillies fortuitement par des satellites ne peuvent livrer des conclusions établies : « due to the large amount telemetry needed, the data were not continuously surveyed in a large frequency band all around the Earth » (Parrot et al. 2006 : 443.)

Les premières observations des effets magnétiques des séismes concernent l'évènement tellurique du 28 août 2003 au large de l'île de Pâque ainsi que celui du 5 septembre 2004 au Japon. La conclusion multiplie les formules de prudence : « It is too much earlier to present conclusions because many events are needed to perform a statistic. However, the first data have shown that they are of good quality and usable for scientific analyses » (Parrot et al. 2006 : 442). Ce sont les conditions générales d'expérience qui forment l'essentiel du développement des premiers résultats ; la réussite formelle de l'expérience (*i.e.* le fait que des données aient pu être recueillies) permet de déployer des arguments à valence scientifique, sans inférer des développements ultérieurs sur l'alerte et le risque.

⁹ Entretien avec Jean-Jacques Berthelot, 29 mai 2017.

¹⁰ Christian Galu, « L'impossible prédiction des séismes », *Le Monde*, 24 février 2005.

2- Maintenir la promesse, malgré tout

La logique argumentative scientifique n'est pas monolithique ; elle s'adapte aux résultats obtenus, et est reconfigurée par ceux qui la portent au grès des transformations épistémiques. Dans le cas de DEMETER, les premières observations reconduisent le lexique de la prudence. En 2006, S. Bhattacharya, S. SARKAR, A.K. Gwal, et M. Parot s'intéressent aux émissions d'ondes électromagnétiques basse et extrêmement basse fréquence captées sur terre et par satellite lors du tremblement de terre au Gujarat (en Inde), en mars 2006. La conclusion est timorée puisque le matériau recueilli « suggests significant emissions that were observed before the Gujarat earthquake » (Bhattacharya et al. 2007 : 41). C'est sur le mode du suggéré – et non de la probation formelle – que se déploie la rhétorique scientifique. Un article de 2007, co-signé par des chercheurs français et russes, évoquent la collecte de signaux VLF (Very Low Frequency) à la fois terrestre (station de Petropavlovsk) et satellite (DEMETER). Les auteurs font montre d'une grande précaution dans la présentation des résultats : « In the quoted periods of seismic activity clear anomalies both in the ground and in satellite data were revealed. The influence of the geomagnetic activity cannot to be excluded, but the seismic forcing seems more probable » (Rozhnoi et al., 2007 : 617). La difficulté réside dans la multiplicité des signaux captés ; le travail scientifique consiste à chercher les éléments réellement marquants précédents la survenue d'un séisme. La rhétorique de la prudence qui servait, initialement, à écarter toutes les tentations d'extrapolation des résultats potentiellement obtenus par DEMETER à d'autres communautés d'utilisateurs que les scientifiques, permet de maintenir la logique d'une probation mesurée.

L'article le plus significatif publié à partir des données récoltées ne se concentre pas sur des événements sismiques particuliers. Il vise au contraire une saisie statistique du corpus recueilli. Il est rédigé par des chercheurs tchèques (Frantšek Němec et Andrej Santolík) et français (Michel Parrot et Jean-Jacques Berthelier, les deux *PI* de la mission). En étudiant la variation de l'intensité des ondes de très basse fréquence électromagnétiques en lien avec des séismes, les auteurs concluent, à partir d'une série de près de 9000 tremblements de terre supérieur à une magnitude de 4,8, qu'il existe un effet statistiquement mesurable, la nuit (lorsque les effets anthropiques sont moins prégnants) quelques heures avant un événement de surface (Němec et al. 2008).

Les résultats publiés semblent permettre de conclure à une relative validation des hypothèses, même si sur les événements ponctuels la prudence reste de mise. Le premier bilan, tiré quatre ans après le lancement du satellite, fait donc se conjuguer le succès d'une partie des attentes et la continuation de la promesse scientifique. Dans cette synthèse, Michel Parrot insiste sur le succès de la méthode statistique¹¹, même s'il reconnaît que « rien ne peut être dit sur la possibilité de prédire les tremblements de terre »¹² ; il commente également les résultats positifs entrevus à propos des « perturbations ionosphériques liées à l'activité humaine ». En conclusion le *PI* de la mission DEMETER constate la « mise en évidence » de « nouveaux phénomènes », les publications nombreuses et de qualité associées aux données, et enfin la « taille et la diversité de la communauté scientifique utilisatrice »¹³. Les arguments développés se situent uniquement sur un plan épistémique ; ils visent tous à satisfaire des critères propres au champ scientifique. La demande de « prolongation » de la mission DEMETER par « les scientifiques impliqués » a pour objectif de « recueillir des données

¹¹ APMP, Michel Parrot, Micro-satellite DEMETER, Bilan scientifique après 4 ans en orbite, LCPE, CNRS, 2008, p. 25.

¹² *Ibidem*, p. 51.

¹³ *Ibidem*, p. 51.

supplémentaires » et d'« accroître la qualité de la statistique qui est effectuée avec les satellites »¹⁴.

Cependant, la contestation des résultats obtenus sourd déjà. Dès 2007, une courte réplique à l'article de Serguey A. Pulnits (de l'Institut de Recherche Spatiale de Moscou), dans *EOS* à propos des données recueillies lors des tremblements de Terre à Sumatra le 26 décembre 2004 puis le 28 mars 2005, témoigne non pas seulement du scepticisme de la communauté scientifique quant aux résultats (l'organisation du doute étant consubstantielle à son fonctionnement), mais plus largement d'une remise en cause des principes mêmes de la méthode employée. Pulnits constate une anomalie significative dans la distribution de la concentration d'ions relevée par DEMETER, six jours avant le séisme de 2005. De cette confirmation qui lui paraît flagrante, le chercheur russe tire des conclusions enthousiastes :

« A increasing number of scientists have become involved in the study recently (China, France, Italy, Mexico, Russia, Ukraine, United States) are launching the satellites necessary to find ionospheric precursors to earthquakes. Short-term earthquake prediction based on ionospheric data may one day become as routine a technique as seismographs » (Pulnits 2007 : 218).

Henry Rishbeth, de l'Université de Southampton réplique aussitôt :

« Too many papers say, in effect, “An earthquake has happened ! Can we see a bump in the ionosphere a few day beforehand ? Yes we can ! It's a precursor !”. No surprise there. The F₂¹⁵ layer at 300 kilometers (the relevant ionosphere layer) frequently shows bump (...). So all solar-geophysical conditions must be taken into account before attributing F₂ layer variations to forthcoming earthquakes » (Rishbeth 2007 : 296).

L'une des difficultés principales « de la méthode ionosphérique consiste à discriminer le signal des perturbations courantes (...) telles que les tempêtes solaires terrestres, géomagnétiques et même troposphériques » (Jousset et al. 2009 : 76). En s'avancant très loin dans la formulation de la promesse, Pulnits a entraîné la manifestation concrète d'une fermeture des possibles. Tant que les résultats sont provisoires, partiels, à poursuivre, la promesse technologique est maintenue intacte sur l'horizon des attentes. Dès qu'elle est articulée à une routinisation instrumentale, les méthodes fragiles sur lesquelles elle repose sont mises en question.

D'autant que des résultats robustes peinent à émerger au fur et à mesure du prolongement de l'expérience. Le bilan rédigé par Michel Parrot, en 2010, six ans après le début de la mission DEMETER ne délivre pas de nouvelles précisions. C'est toujours « l'étude statistique sur l'intensité des ondes mesurées par les antennes de DEMETER en fonction de l'activité sismique » qui est mise en avant. Des observations de « variations de densité électronique et ionique importantes ont été enregistrées quelques jours avant des séismes de forte magnitude

¹⁴ *Ibidem*, p. 51.

¹⁵ L'ionosphère est composée de trois couches (D, E, F). La couche F, la plus élevée se décompose en deux sous-couches (F1 à partir de 200 kilomètres et F2 à partir de 300 kilomètres). La nuit, la couche F1 est absente (voir de Pater et Lissauer 2010 : 131).

(...) », comme par exemple « 7 jours avant le tremblement de terre de Samoa (Magnitude 8) qui a eu lieu le 29 septembre 2009 (...) »¹⁶.

Dans un rapport rédigé en 2011 pour le CNES, Pascal Bernard, Patrick Canu, Raphaël Garcia, Dominique Gibert, Dominique Jault et Mila Maksimovic se montrent particulièrement critiques sur les résultats obtenus. Ils ne retiennent que la mise en évidence d'une relation entre séisme et signaux mesurés à bord de Demeter » par « l'analyse statistique »¹⁷. Le désintérêt de la « communauté sismologique » est souligné ainsi que l'absence de conclusion tranchée sur « l'existence ou non de précurseurs ionosphériques aux séismes »¹⁸. Lors du colloque, en 2011, marquant la fin de la mission, le communiqué de presse transmis par le CNES laisse apparaître non seulement les limites des observations menées mais également la dissolution complète de la promesse :

« les présentations ont montré qu'il y avait une modification de l'ionosphère avant les séismes. Mais cette modification est faible et ne peut être mise en évidence que de manière statistique. Ces résultats sont actuellement débattus par la communauté scientifique, les mécanismes pour expliquer ces perturbations ne sont pas encore compris et on ne peut pas parler de possibilité de prédiction »¹⁹.

L'un des *PI* de la mission DEMETER, Jean-Jacques Berthelier souligne que les données recueillies sur six ans sont moins significatives que celles compilées sur trois ans. Dans un processus normal d'accumulation des résultats, et en l'absence de perturbations solaires majeures sur la période considérée, les observations auraient dû être significatives. Berthelier admet faire partie « de la cohorte des mécréants » qui ne se satisfont pas de cette perte de fiabilité : « ça me gêne cette perte de signification statistique, alors qu'on ne voit pas ce qui pourrait la justifier ». Il désigne sous le terme de « croyants » ceux qui, dans la mission DEMETER, assurent qu'il y a bien des « effets statistiques »²⁰. Michel Parrot, quant à lui, reconnaît l'impossibilité de formuler plus avant la promesse d'une détection des tremblements de terre : « On pouvait voir quelque chose avant les séismes », mais il est nécessaire de connaître la localisation, le moment et la magnitude, or « on est bien incapable de prédire ces trois choses ». La seule action possible est une alerte globale sur la probable survenue d'un tremblement de terre : « on voit des paramètres qui bougent, il peut se passer quelque chose »²¹.

Après la fin de la mission DEMETER, la promesse technologique est fragilisée. Certes des résultats ont été obtenus (ponctuellement ou sur des cohortes statistiques), mais ils ne semblent pas s'affermir dans le temps et la méthode de mesures des variations dans l'atmosphère ne fait pas l'unanimité. En outre, il n'y a pas eu d'extension de la promesse scientifique à d'autres disciplines que la physique de l'atmosphère : peu de spécialiste de la

¹⁶ APMP, Michel Parrot, Micro-satellite DEMETER, Bilan scientifique après 6 ans en orbite, LCPE, CNRS, 17 octobre 2010.

¹⁷ APMP, Pascal Bernard, Patrick Canu, Raphaël Garcia, Dominique Gibert, Dominique Jault, Mila Maksimovic, Rapport scientifique sur la mission DEMETER, CNES, 2011, p. 2.

¹⁸ *Ibidem*, p. 6.

¹⁹ Archives du CNES, Communiqué de presse du CNES, Second colloque international sur DEMETER au siège du CNES, 19 octobre 2011.

²⁰ Entretien avec Jean-Jacques Berthelier, 29 mai 2017.

²¹ Entretien avec Michel Parrot, 22 décembre 2016.

sismologie se sont emparés des données ou se sont impliqués dans le projet²². La logique des rebonds, analysée par Francis Chateauraynaud pour les controverses (Chateauraynaud 2011), prend la forme, dans le cadre d'une hypothèse scientifique, d'une réouverture des possibles. L'horizon de la promesse initiale est repoussé à plus tard ; mais des promesses intermédiaires nouvelles sont intercalées qui relancent la recherche. Elles ne sont pas contenues dans le futur esquissé au départ (ici la possibilité de détecter les séismes) mais surgissent de contingences épistémiques qui ont émergé pendant la mission.

Ainsi Jean-Jacques Berthelieer évoque l'hypothèse des ondes de gravité qui pourraient donner des « signaux dans la zone de très basse fréquence »²³. Cette nouvelle possibilité est opposée à la recherche classique d'effets électromagnétiques. Dans la préface au numéro spécial de la revue *Annals of Geophysics*, paru en 2012, consacré aux derniers développements sur la recherche des précurseurs de séismes, Pier Francesco Biagi, Michael E. Contadakis, Masahi Hayakawa et Tommaso Maggipinto opposent donc deux modèles. Le premier s'intéresse aux variations électromagnétiques « from the crust during the preparatory phase of an earthquake » ; le second parie sur la production d'ondes de gravité dans la période précédant un séisme. Les chercheurs remarquent que « this second model overcomes the problems of the transport from the ground up into ionosphere of particles or electromagnetic waves in the first model » (Biagi et al. 2012 : 19).

L'autre rebond est une reprise des hypothèses autour desquelles DEMETER a été construit par des chercheurs étrangers. Michel Parrot constate ainsi un intérêt certain de ses collègues chinois qui prépare « un DEMETER bis »²⁴. Ce rebond international est l'assurance que l'horizon ultime (*i.e.* la prédiction des séismes) continue d'organiser la recherche.

La formulation d'une promesse technologique à forte charge politique et sociale comme la détection des tremblements de terre a donc reposé sur une fermeture du champ scientifique. L'absence de référence à une traduction concrète pour l'action publique des résultats potentiels de DEMETER a conditionné toute la préparation du projet. La rhétorique de la prudence s'étend jusque dans la présentation des premiers résultats. Si les travaux statistiques sont significatifs, la difficulté à maintenir des données probantes sur le long terme menace singulièrement la promesse technologique. Il n'est pas seulement question de renoncer à ce qui n'a jamais été clairement exprimé *i.e.* une alerte générée par la détection satellitaire pour engager l'action de protection des populations par les gouvernants ; il s'agit aussi d'une menace sur la promesse formulée dans le champ scientifique lui-même (*i.e.* la légitimité d'une recherche de signaux dans l'ionosphère). Le dissensus entre « croyants » et « mécréants » tend à obscurcir l'horizon des possibles scientifiques, à réduire les futurs. Mais la possibilité d'une nouvelle voie d'accès à des données inédites (par les ondes de gravité) ainsi que la migration des principes de la mission à l'étranger relance le cycle de l'argumentation, en repoussant à plus tard la réalisation complète de la promesse initiale.

La promesse technologique n'appartient pas au seul domaine des sciences appliquées. Dans le cas de la détection satellitaire des séismes, la promesse publique et politique d'une possible alerte détectée depuis l'espace n'est jamais clairement formulée. Quand bien même elle constitue un arrière-fond sur lequel se déploie les efforts scientifiques. La formulation de la promesse au sein du champ scientifique, la déleste de toute obligation d'efficacité pratique : il

²² À l'exception de Philippe Lognonné, professeur de géophysique et de planétologie à l'Université (Lognonné et al. 2006).

²³ Entretien avec Jean-Jacques Berthelieer, 29 mai 2017.

²⁴ Entretien avec Michel Parrot, 22 décembre 2016.

s'agit de faire progresser la connaissance, d'obtenir des données les plus robustes possibles et de faire avancer les modèles existants. Cependant, l'ambivalence des résultats sur une longue période restreint immédiatement l'angle des futurs possibles. La réouverture de l'horizon de la promesse passe par un déplacement épistémique important (les ondes de gravité) et une dissémination des techniques employées (vers la Chine). La promesse technologique est donc construite comme un argumentaire infiniment révisable ; elle opère comme un opérateur temporel de relance permanente des hypothèses. Malgré les impasses, l'introduction de promesses intermédiaires permet de renouveler la logique de scénarisation des possibles.

Références bibliographiques

- BIAGI, Pier Francesco , CONTADAKIS, Michael E., HAYAKAWA, Masashi, MAGGIPINTO, Tommaso, 2011, « Preface », *Annals of Geophysics*, vol. 55, n°1, p. 19.
- BORUP, Mads, BROWN, Nik, KONRAD, Kornelia, VAN LENTE, Harro, « The Sociology of Expectations in Science and Technology », *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 18, n°3-4, pp. 285-298.
- BOURDIEU, Pierre, 1991, « The Peculiar history of scientific reason », *Sociological Forum*, vol. 6, n1, p. 3-26.
- BROWN, Nik, MICHAEL, Mike, 2003, « A Sociology of Expectations : Retrospecting Prospects and Prospecting Retrospects », *Technology Analyses & Strategic Management*, vol. 15, n°1, pp. 3-18.
- CEFAÏ, Daniel, 2007, *Pourquoi se mobilise-t-on ? Les théories de l'action collective*, Paris, La Découverte.
- CHATEURAYNAUD, Francis, 2011, *Argumenter dans un champ de forces. Essai de balistique sociologique*, Paris, Éditions Pétra.
- CHATEURAYNAUD, Francis, DEBAZ, Josquin, 2017, *Aux bords de l'irréversible. Sociologie pragmatique des transformations*, Paris, Éditions Pétra.
- DE PATER, Imke, LISSAUER, Jack. J., 2010, *Planetary Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press.
- GOKHBERG, M.B., MOGUNOV, V.A., YOSHINO, T., TOMIZAWA, I., « Experimental measurement of electromagnetic emissions possibly related to earthquakes in Japan », *Journal of Geophysical Research*, vol. 87, n° B9, p. 7824-2828.
- JOUSSET, P., VONG, C.Q., LE MOINE, A., GAL, F., 2009, *Précurseurs de séismes majeurs : un état de l'art et étude bibliographique*, Rapport final, BRGM.
- LAMBRIGHT, W. Henry, Heckley, Jane A., 1985, « Policymaking for Emerging Technology : The Case of Earthquake Prediction », *Policy Sciences*, vol. 18, n°3, pp. 227-240.
- LAMY, Jérôme, 2017, « L'État et la science. Histoire du régime réglementaire (France, XVIe-XXe siècles) », *Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique*, n° 134, p. 87-111.
- LAMY, Jérôme, DAVOUST, Emmanuel, 2016, « Are Space Studies a Scientific Discipline in its Own Right », *Journal of Astronomical History and Heritage*, vol. 19, n°2, p. 195-2016.
- LOGNONNE, PH., ARTRU, J., GARCIA, R., CRESPON, F., DUCIC, V., JEANSOU, E., OCCHIPINTI, G., HELBERT, J., MOREAU, G., GODET, P.E., 2006, « Ground-based GPS imaging of ionospheric post-seismic signal », *Planetary and Space Science*, vol. 54, n°4, p. 528-540.
- MOREAU, Yoann, 2017, *Vivre avec les catastrophes*, Paris, Presses Universitaires de France.

- NEMEC, F., SANTOLIK, A., PARROT, M., BERTHELIER, J.-J., 2008, « Spacecraft observations of electromagnetic perturbations connected with seismic activity », *Geophysical Research Letters*, vol. 35, L05109.
- OLDROYD, David, AMADOR, Filomonea, KOZAKO, Jan, CARNEIRO Ana, PINTO, Manuel, 2006, « The Study of Earthquakes in the Hundred Years following the Lisbon Earthquake of 1755 », *Earth Sciences History*, vol. 26, n°2, pp. 321-370.
- PARROT, M., BENOIST, D., BERTHELIER, J.J., BLEKI, J., Y. CHAPUIS, F. COLIN, F. ELIE, F. FERGEAU, P. LAGOUTTE, D. LEFEUVRE, F., LEGENDRE, C., LEVEQUE, M., PINÇON, J.L., POIRIER, B., SERAN H.-C., ZAMORA, P., 2006, « The magnetic field experiment IMSC and its data processing onboard DEMETER : Scientific objectives, description and first results », *Planetaty and Space Science*, vol. 54, n° 5, p. 441-455.
- PULINETS, S.A., 2007, « Natural Radioactivity, Earthquakes, and the Ionosphere », *EOS*, vol. 88, n°20, p. 217-218.
- QUENET, Grégory, 2005, *Les tremblements de terre aux XVII^e et XVIII^e siècles. La naissance d'un risque*, Seyssel, Champ Vallon.
- QUET, Mathieu, 2012, « La critique des technologies émergentes face à la communication promettante. Contestations autour des nanotechnologies », *Réseaux*, n° 173-174, p. 271-302.
- RISHBETH, Henry, 2007, « Do Earthquake Precursors Really Exist ? », *EOS*, vol. 88, n°29, p. 296.
- SCHEPS, Ruth, 1996, *Les sciences de la prévision*, Paris, Le Seuil.
- VAN LENTE, Harro, 1993, *Promissing technology. The dynamics of expectations in technological developments*, PhD Thesis, University of Twente, Enschede.
- WARWICK, J.W., STOCKER, C., MEYER, T.R., 1982, « Radio emission associated with rock fracture : possible application to the great Chilean earthquake of May 22, 1960 », *Journal of Geophysical Research*, vol. 87, n° B4, p. 2851-2859.