



HAL
open science

Cerro Paranal, la pureté du ciel chilien menacée

Julien Milli, Fabien Malbet

► **To cite this version:**

Julien Milli, Fabien Malbet. Cerro Paranal, la pureté du ciel chilien menacée. L'Éléphant, Hors-Série "Autour du monde", Hors Série 33, Scrinéo, pp.66, 2025, 9782381674193. <hal-05387789>

HAL Id: hal-05387789

<https://hal.science/hal-05387789v1>

Submitted on 4 Dec 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

Les quatre télescopes qui constituent l'observatoire du Very Large Telescope, au sommet du Cerro Paranal. JOHN COLOSIMO/ESO

LA PURETÉ DU CIEL CHILIEN MENACÉE

Un projet industriel met en danger la qualité exceptionnelle du ciel nocturne au-dessus de l'observatoire du Cerro Paranal, au Chili.

PAR JULIEN MILLI ET FABIEN MALBET, ASTROPHYSICIENS À L'INSTITUT DE PLANÉTOLOGIE ET D'ASTROPHYSIQUE DE GRENOBLE, UNIVERSITÉ GRENOBLE-ALPES

Observer le ciel depuis l'hémisphère sud est une expérience sensorielle en soi. Le ciel y est en effet bien différent de celui que l'on connaît sous nos latitudes. Pendant l'hiver austral, le centre de notre galaxie, la Voie lactée, culmine au zénith, laissant admirer des contrastes très marqués entre des régions sombres, comme la nébuleuse du Sac à charbon, et des zones plus claires et laiteuses qui fourmillent d'étoiles. Deux galaxies satellites de la nôtre, le Petit Nuage de Magellan et le Grand Nuage de Magellan, sont visibles à l'œil nu. La contemplation de ce ciel, dans un site préservé de toute source de pollution lumineuse, est une expérience encore plus marquante. C'est le quotidien des astronomes des grands observatoires du désert chilien de l'Atacama, comme le Very Large Telescope (VLT), installé sur le Cerro Paranal, à 2 600 m d'altitude.

À l'écart du monde

Loin de toute lumière artificielle, le ciel au-dessus de ce site, dépendant de l'Observatoire européen austral (ESO), se métamorphose en une véritable voûte constellée. Les étoiles ne sont plus de simples points lointains. Elles inondent le paysage désertique et silencieux d'une lueur pâle, révélant à perte de vue ses formes sinueuses. Le spectacle qui s'offre à l'œil acclimaté

à l'obscurité est très émouvant. L'atmosphère unique qui règne en ce lieu transforme l'acte d'observer en une plongée dans l'immensité de l'Univers. La qualité exceptionnelle de ce ciel est toutefois menacée par un projet industriel chilien de grande envergure. Pour en comprendre les conséquences sur l'astronomie mondiale, revenons sur les raisons qui ont motivé le choix du Cerro Paranal pour y construire l'un des observatoires les plus puissants au monde.

Le Cerro Paranal est encadré par deux cordillères qui bloquent les nuages.

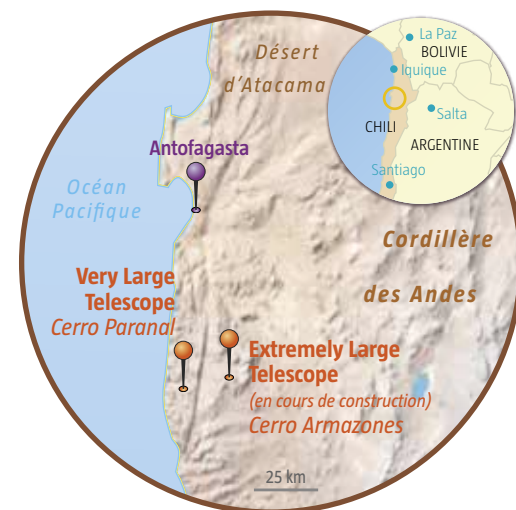
L'observatoire est accessible en quittant la route panaméricaine qui sillonne le Chili du nord au sud, et en grim pant vers le sommet du Cerro Paranal à travers un paysage lunaire. Un panneau indiquant l'obligation d'éteindre ses feux de croisement marque l'entrée dans la zone protégée entourant l'observatoire. On aperçoit alors au loin le sommet où se trouve la plateforme équipée des quatre télescopes de huit mètres de diamètre qui constituent le VLT. Antofagasta, la grande ville la plus proche, est située à 130 km au nord. C'est précisément l'isolement du site qui explique pourquoi le Cerro Paranal est si attractif pour l'astronomie mondiale ! Pour échapper aux lumières urbaines et rurales, les observatoires astronomiques se sont installés sur les sites les plus isolés du monde, comme dans le désert d'Atacama au Chili ou sur le volcan Mauna Kea à Hawaï, à plus de 4 000 m d'altitude.

La noirceur du ciel n'est cependant pas le critère principal de la sélection du Cerro Paranal comme site pour l'observatoire. La faible turbulence de son atmosphère en raison de sa proximité avec la côte Pacifique, à une quinzaine de kilomètres, a également contribué à faire pencher la balance en sa faveur. Dès les débuts de l'astronomie, le littoral occidental des continents

a été privilégié pour installer les premiers grands observatoires, comme le Pic du Midi en France (voir page xxx). Les flux d'air de la haute atmosphère, qui circulent d'ouest en est, y sont en effet moins perturbés par les variations de température du sol entre le jour et la nuit. Il faut également disposer de nombreuses nuits sans nuages pour maximiser l'utilisation des télescopes sur l'année. La configuration géographique du site de Paranal est idéale de ce point de vue. Situé à 2 600 m d'altitude, il est encadré à l'ouest par la Cordillère de la Côte, qui stoppe les masses nuageuses provenant de l'océan à l'ouest, et à l'est par la cordillère des Andes, qui culmine à près de 7 000 m et bloque les entrées nuageuses en provenance des zones plus tropicales de l'Amazonie. La conjonction de ces deux barrières naturelles fait de la zone située au nord du Chili l'un des déserts les plus arides au monde.

Une fenêtre unique sur l'Univers

Avec ses quatre miroirs de 8,20 m de diamètre, le VLT est, à ce jour, l'observatoire le plus puissant au monde en termes de sensibilité, c'est-à-dire de capacité à détecter des sources astronomiques très faibles. Sa puissance tient également à la possibilité qu'il offre de capter des longueurs d'onde de la lumière hors du spectre visible, et à celle de distinguer de très petits détails dans le ciel.



Le Very Large Telescope est situé dans le désert d'Atacama, l'un des endroits les plus arides au monde. J.L. Dauvergne & G. Hüdepohl/ESO

La lumière visible, que nos yeux peuvent détecter, ne représente qu'une infime partie du message lumineux émis par les objets célestes. Le VLT est équipé d'instruments qui lui permettent de capturer la lumière sur une palette spectrale plus large que celle du visible. Cette performance est à l'origine de découvertes majeures, comme la détection de molécules dans une galaxie située à près de 11 milliards d'années-lumière. En analysant la lumière émise par ces molécules, les astronomes ont pu déterminer la température de l'Univers au moment de son émission, car, du fait de l'expansion de l'Univers, observer loin, c'est remonter dans le passé. L'observatoire a également joué un rôle dans la première détection par des télescopes optiques d'une source d'ondes gravitationnelles. Cet événement cataclysmique, qui s'est produit lors de la fusion d'étoiles à neutrons, a provoqué une émission de lumière que la flotte de télescopes de l'Observatoire européen austral a pu analyser sur différentes longueurs d'onde.

Grâce à la technique d'optique adaptative, qui corrige les effets des turbulences restantes de l'atmosphère, le VLT bénéficie d'une résolution angulaire exceptionnelle : il peut distinguer des détails de dix millièmes de seconde d'angle,

ce qui équivaut à voir un terrain de basket sur la surface de la Lune depuis la Terre. Il a ainsi été le premier observatoire à obtenir une image distinguant une planète de l'étoile autour de laquelle elle orbite dans un système planétaire. Cette prouesse a nécessité, en outre, de pouvoir séparer la faible lumière de la planète de l'éclat beaucoup plus intense émis par son étoile. Grâce à la sensibilité du VLT, l'étude de l'atmosphère d'une autre exoplanète a également été rendue possible en observant la lumière de son étoile, filtrée par son atmosphère, sur différentes longueurs d'onde, ce qui a permis d'identifier les gaz qu'elle contient.

L'observation par interférométrie

L'autre particularité unique du VLT est de pouvoir combiner la lumière recueillie par plusieurs de ses télescopes observant simultanément la même source astronomique. Cette technique d'interférométrie permet de constituer un télescope virtuel dont la taille équivaut à la distance entre les télescopes utilisés, en l'occurrence de plus de 100 mètres. La résolution angulaire de l'ensemble s'en trouve ainsi décuplée : elle peut atteindre environ 1 millième de

seconde d'angle, ce qui revient à pouvoir distinguer les deux phares d'une voiture posée sur la surface de la Lune depuis la Terre. Grâce à cette méthode, les astronomes ont pu suivre les mouvements d'étoiles individuelles très proches du trou noir supermassif situé au centre de notre galaxie. Ces observations ont contribué au prix Nobel de physique de 2020 et confirmé des effets prédits par la théorie de la relativité générale d'Einstein.

Une telle productivité scientifique est permise par l'organisation de l'observatoire, véritable usine à science : 150 personnes y travaillent en permanence, jour et nuit, pour préparer les télescopes, faire fonctionner les instruments, et permettre ainsi aux scientifiques du monde entier d'effectuer leurs recherches sur l'Univers.

Le projet industriel qui menace Cerro Paranal

Malgré une situation privilégiée, la qualité du ciel de cette partie du Chili est menacée. En 2024, un projet industriel, porté par l'énergéticien chilien AES Andes, a été présenté aux autorités chiliennes pour en évaluer l'impact environnemental. Ce projet, appelé INNA,

prévoit des installations comprenant une usine de dessalement, une centrale de production d'hydrogène et d'ammoniac par électrolyse, des parcs éoliens et photovoltaïques, et un port industriel pour l'exportation. L'ensemble occuperait une vaste zone de plus de 3 000 hectares.

Le projet industriel INNA augmentera la pollution lumineuse au-dessus du VLT d'au moins 35 %.

Le problème majeur est sa proximité immédiate avec le VLT, mais aussi avec le télescope ELT (Extremely Large Telescope) de trente-neuf mètres de diamètre en construction sur le Cerro Armazones, et avec le futur CTAO-Sud (Cherenkov Telescope Array) consacré à l'observation des rayonnements les plus énergétiques de l'Univers.

L'ESO a analysé l'impact du projet INNA sur la pollution lumineuse. Le résultat est alarmant, car l'excès de lumière artificielle risque d'altérer l'obscurité naturelle du ciel nocturne. À Paranal et Armazones, la pollution lumineuse représente actuellement moins de 1 % de la luminosité naturelle du ciel. Selon l'ESO, le projet INNA augmentera la pollution lumineuse d'au moins 35 % pour le VLT et de plus de 55 % pour CTAO-Sud. Cela limitera la visibilité des objets peu lumineux comme les galaxies lointaines, et affectera la performance des télescopes comme l'ELT. De plus, la construction et l'exploitation du complexe généreront des poussières qui se déposeront sur les miroirs des télescopes, ou diffuseront la lumière des sites industriels.

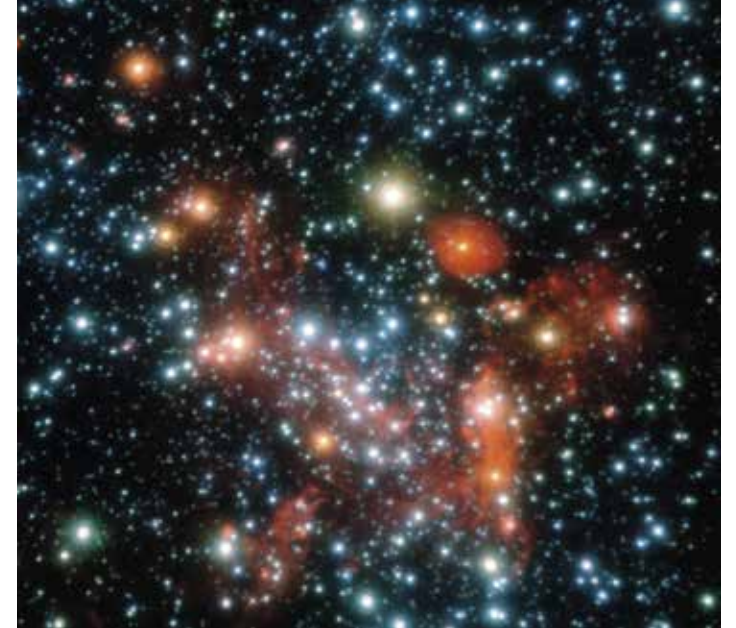
Face à ces risques, l'ESO recommande de déplacer les installations du projet INNA sur d'autres sites de la région. L'organisation participe au processus d'évaluation environnementale du projet et propose une révision des critères des autorités chiliennes sur ce point. L'observatoire appelle ainsi à la création d'une norme de qualité du ciel, inférieure au

seuil de 10 % au-dessus de la luminosité naturelle du ciel, fixée en 1979 par l'Union astronomique internationale. La Société chilienne d'astronomie s'inquiète elle aussi des conséquences du projet. L'astronomie est en effet très développée au Chili, dans la recherche comme dans le tourisme scientifique. La société savante craint également que le projet INNA attire d'autres industriels dans la zone, entraînant une augmentation de la pollution lumineuse. Elle appelle à une planification attentive de l'utilisation du territoire pour que différents types de projets y coexistent.

Les effets néfastes de la pollution lumineuse

On n'y pense pas toujours, mais la nuit noire, riche en étoiles, est devenue une ressource rare et précieuse dans notre monde moderne. La pollution lumineuse, cette lumière artificielle excessive et mal dirigée qui éclaire le ciel nocturne, est de plus en plus omniprésente. En France, plus de 85 % du territoire est touché par ce phénomène, et près de 99 % des Européens vivent sous un ciel dont la vue des étoiles est partiellement masquée. Pourtant, à la fin du XIX^e siècle, il était encore possible d'admirer la Voie lactée en plein Paris.

Une mobilisation grandissante s'organise à travers le monde, particulièrement en France, pour alerter sur l'accroissement de la pollution lumineuse de nos ciels. L'événement national « Le Jour de la nuit », coordonné par l'association Agir pour l'Environnement, est devenu un rendez-vous annuel en octobre pour sensibiliser le public et encourager les communes à éteindre leurs lumières. Cette année, le CNRS a mis en place un groupement de recherches interdisciplinaire sur l'environnement nocturne. Les scientifiques de l'université de Grenoble participent concrètement à ce dispositif en accompagnant les communes et en documentant l'évolution de la qualité du ciel nocturne au-dessus du bassin grenoblois. Ces mesures révèlent une baisse significative de 28 % de la pollution lumineuse du ciel en sept ans (entre 2016 et 2023), soit



Les étoiles qui encerclent le trou noir au centre de notre galaxie. S. GILLESSEN ET AL/ESO

environ 4 % par an. Cette tendance positive est confirmée par les données fournies par les satellites entre 2012 et 2023.

L'excès de lumière nocturne a des conséquences importantes et variées qui dépassent largement le cadre de l'astronomie. En termes de biodiversité, les espèces dépendent de l'alternance naturelle jour/nuit, qu'elles soient actives la nuit (comme 60 % des invertébrés et 30 % des vertébrés) ou diurnes. La lumière artificielle perturbe leurs comportements essentiels, comme la reproduction, la migration, la chasse, l'alimentation, ou encore la pollinisation. L'exposition à la lumière la nuit perturbe également notre propre rythme biologique circadien et la production de mélatonine, l'hormone du sommeil. L'Académie nationale de médecine a même demandé le classement de l'exposition à la lumière nocturne comme perturbateur endocrinien.

L'humanité a toujours observé les étoiles pour s'orienter, mesurer le temps et les saisons, et même comprendre le monde ! Chaque nuit claire, sous un ciel préservé, est une promesse de nouvelles révélations, une invitation à l'émerveillement et à la découverte qui nourrit notre curiosité scientifique et notre fascination pour le cosmos. Ce patrimoine précieux et universel doit être protégé, pour que l'humanité puisse continuer à rêver en levant les yeux vers les étoiles et à percer les mystères de l'Univers. ●

Première image d'une exoplanète (le point rouge) et de son étoile saisie par le VLT en 2004. ESO

