



Chili

L'eldorado des astronomes

Le Chili représente depuis quelques années déjà, une sorte d'Eldorado pour les astronomes amateurs : le ciel nocturne est d'une incomparable clarté et les sites professionnels à visiter sont nombreux et de premier plan. De plus, l'observation de constellations invisibles en Europe renforce encore la motivation de venir voir les étoiles dans ce beau pays d'Amérique du sud.



Figure 1 – Le désert d'Atacama au Chili offre un des ciels les plus pur du monde. © S. Fontaine/Afélia, les Sciences en partage

Du point de vue professionnel, installer un grand observatoire au Chili offre de nombreux avantages. Outre la qualité du ciel, il faut bien avouer que depuis quelques décennies, le pays s'est adapté intelligemment à la demande des astronomes en offrant des services de qualité afin d'accueillir au mieux de grands centres de recherches internationaux. Les compétences autochtones n'ont rien à envier à d'autres et les formations locales des techniciens, ingénieurs et chercheurs permettent au pays d'introduire une main d'œuvre hautement qualifiée directement au cœur de nombreux sites scientifiques partenaires.

Aujourd'hui, les principaux observatoires astronomiques européens se trouvent au Chili. Tous regroupés au sein d'une même organisation : l'ESO (European Southern Observatory), l'Observatoire européen austral.

Des européens installés au Chili pour mieux voir les étoiles...

L'ESO a été fondée en 1962 par un groupe de cinq pays (dont la France), afin de créer un

grand observatoire astronomique dans l'hémisphère sud. En 2010, l'ESO compte un parc d'une vingtaine de télescopes allant de 2,2 à 8,2 mètres de diamètre. Pour rappel, le plus gros télescope installé sur le territoire français mesure deux mètres de diamètre (Télescope Bernard Lyot, au Pic du midi dans les Pyrénées).

Au Chili, les instruments permettent tout type d'observation : imagerie, photométrie, spectroscopie, interférométrie dans à peu près toutes les longueurs d'ondes (accessible depuis la Terre) allant du proche ultraviolet à l'infrarouge.

Bien que les observations s'effectuent depuis trois différents sites chiliens, le siège de l'ESO se trouve à Garching by München, tout près de Munich, en Allemagne. D'importants bureaux se trouvent également à Santiago du Chili où les 14 états membres de l'ESO se partagent l'organisation de ce vaste complexe d'observation astronomique.

Ainsi, la plupart des astronomes européens disposent de temps de d'utilisation de télescopes installés aux observatoires de La Silla, du Cerro Paranal et du Llano de Chajnantor.

Observatoire de la Silla

Chronologiquement, c'est le premier site de l'ESO (fig. 2). Il est installé en bordure du désert de l'Atacama, à 2 400 mètres d'altitude et à environ 600 kilomètres au nord de Santiago du Chili. Trois instruments sont aujourd'hui utilisés à La Silla :

- Un télescope de 3,6 mètres mis en service en 1976
- Un télescope de 2,2 mètres (1984)
- Le NTT (New Technology Telescope) de 3,5 mètres de diamètre, entré en service en 1989.

La Silla est le plus grand observatoire de l'hémisphère sud. 19 coupoles sont disséminées sur le site. Cependant, l'observatoire vieillit et de plus en plus d'instruments sont peu à peu mis hors services au profit d'autres installations plus actuelles (notamment celles de Paranal dont nous parlerons plus loin). A 25 kilomètres,



Figure 2 – Observatoire de la Silla. © ESO/H. Zoder

se trouve l'observatoire américain de Las Campanas, autre haut lieu de l'astronomie contemporaine.

Observatoire du Cerro Paranal

Terminé en 2 000, le VLT (Very Large Telescope) est un des systèmes d'instrumentation moderne les plus célèbres. Le VLT a été installé à 2 600 mètres d'altitude, sur le Cerro Paranal dans une zone géographique généralement qualifiée de « plus pure et plus sèche du monde ». La qualité du ciel et la clarté des nuits y sont uniques. Les astronomes ne se sont donc pas trompés en construisant cet observatoire semblant sorti de nulle part, au sommet d'une montagne rabotée, entre Océan Pacifique et désert redoutable !

Le VLT se compose de quatre télescopes principaux de 8,2 mètres de diamètre. Ces instruments s'appellent : Antu (Soleil), Kueyen (Lune), Milipal (Croix du sud) et Yepun (Vénus). Ces noms ont été donnés en hommage aux indiens Mapuches, littéralement « peuple de la Terre », qui sont les communautés indigènes de la région et plus généralement de la zone centre-sud du Chili et de l'Argentine.

Le VLT est avec le télescope Keck, à Hawaï, une des installations terrestres les plus puissantes et cela notamment grâce à la technologie de l'optique adaptative, qui consiste à corriger les défauts



Figure 3 - LE VLT installé sur le Cerro Paranal et composé de quatre télescopes de 8,2 mètres de diamètre. © ESO

atmosphériques en déformant subtilement les miroirs du télescope pendant l'observation !

Lors de l'établissement du projet de construction du VLT, beaucoup de publicité a été faite autour du couplage optique possible de plusieurs télescopes, afin d'améliorer le pouvoir séparateur de résolution. Cette technique consiste à regrouper à l'aide de systèmes informatiques les prises de vues de plusieurs télescopes pour n'en faire qu'une seule. Ce procédé permet de créer virtuellement un plus grand télescope. Dans le cas du VLT, lorsque l'interférométrie optique est utilisée, la précision est telle que

l'on pourrait voir le Palais de la découverte si celui-ci était installé sur la lune !

Quatre télescopes auxiliaires de 1,8 mètres de diamètre et quelques autres instruments se trouvent également sur ce sommet.

Observatoire du Llano de Chajnantor

En cours d'installation, cet observatoire situé à une cinquantaine de kilomètres de San Pedro de Atacama est dédié à la radioastronomie (branche de l'astronomie traitant de l'observation du ciel dans le domaine des ondes radio). Deux grands ensembles vont bientôt coexister : APX (Atacama Pathfinder EXperiment), inauguré en 2005 et ALMA (Atacama Large Millimeter Array) qui devrait être opérationnel vers 2012. ALMA est un programme américano-européen-japonais.

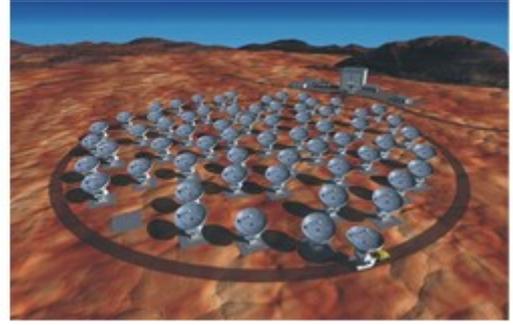


Figure 4 - Alma en construction et le site tel qui devrait être d'ici 2012 lorsque toutes les antennes auront été installées. © ESO

Le site se trouve à une altitude de 5 100 mètres, dans l'extraordinaire désert d'Atacama. 66 antennes de 12 mètres de diamètre (fig. 4), pesant chacune 115 tonnes, sont progressivement installées afin de scruter le ciel dans le domaine radio (ondes millimétriques et submillimétriques). Ce gigantesque montage aura pour mission l'étude de l'univers à travers l'observation de galaxies lointaines, l'étude de la formation des étoiles et des planètes et la recherche d'exoplanètes (planètes gravitant autour d'autres étoiles que le Soleil) et l'étude du système solaire (notamment concernant la dynamique atmosphérique de certaines planètes).

Perspectives astronomiques

Dans le futur, un télescope géant doté d'un miroir segmenté de 42 mètres de diamètre devrait voir le jour à une vingtaine de kilomètres du Cerro Paranal. Le Chili est vaste et les astronomes ne manquent pas d'ambition pour mettre leurs talents au service de la recherche. En attendant la

création des premiers observatoires sur la Lune, le Chili et plus précisément le désert de l'Atacama, restera encore longtemps une région privilégiée pour explorer l'Univers.

Le ciel à la portée de tous

Les amateurs d'astronomie sont de plus en plus nombreux à se rendre au Chili afin de profiter des mêmes avantages que les professionnels. Bien sûr ils n'observent pas directement depuis les sites officiels (fermés au public la nuit) mais ils bénéficient de la même qualité de ciel. En revanche, la visite de certains observatoires est possible en journée ainsi que des excursions sur les sites choisis pour la construction des futurs grands télescopes (sur demande, le chantier d'ALMA est par exemple ouvert au public). Le gouvernement chilien, bien conscient de cette manne touristique, a même entrepris la construction de musées scientifiques intégrant planétarium et coupoles abritant des télescopes que les amateurs du ciel nocturne peuvent utiliser. Ainsi, un peu

partout dans le pays, des organisations (associatives, officielles, commerciales) proposent des soirées d'observation et même des locations de télescope plus ou moins importants. Si vous passez du côté de San Pedro, il serait criminel de ne pas observer chez Alain Maury. Cet astronome français installé au Chili depuis plusieurs années, propose des observations fabuleuses !

Ce qui est déconcertant pour quelqu'un qui découvre le ciel austral, c'est l'absence quasi-totale de repère. Les constellations de la Grande Ourse et de Cassiopée par exemple sont introuvables. L'étoile polaire elle-même manque à l'appel. Le curieux des choses célestes a beau savoir que le ciel change considérablement d'un hémisphère à l'autre, rien n'y fait : avoir au dessus de la tête un ciel constellée d'étoiles inconnues est déroutant.

BIEN CHOISIR UN SITE POUR CONSTRUIRE UN OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE

Depuis l'invention de l'observation instrumentale au début du 17^{ème} siècle, tous les instruments ont souffert d'un même mal non pas lié à leur conception intrinsèque mais à l'atmosphère et plus précisément à la turbulence atmosphérique qui brouille leur vue. En effet, la rencontre de fronts d'air chaud et d'air froid dans l'atmosphère entraîne des inhomogénéités turbulentes de température, qui affectent la qualité des images restituées par le télescope. De fait, la résolution de l'instrument, c'est-à-dire sa capacité à percevoir des détails fins, est d'autant amoindrie que la turbulence est forte. Plusieurs facteurs sont soigneusement pris en compte pour l'implantation d'observatoires astronomiques. Parmi les plus importants, on peut citer le choix évident d'une météo clémente (qui se traduit notamment par le nombre le plus élevés de nuits sans nuages dans l'année). Une installation en altitude sera également étudiée. En effet, en altitude, l'air peut être bien plus stable qu'en plaine et la transparence du ciel augmente à mesure que l'on prend de la hauteur. La vapeur d'eau également, est connue pour être un filtre qui atténue considérablement l'éclat des étoiles. Là encore, plus on observe en altitude et moins la couche de vapeur d'eau qui sépare l'observateur des étoiles est épaisse.

L'idéal (mais dans ce cas d'autres problèmes se posent rapidement) est de placer les instruments dans l'espace, comme dans le cas du télescope spatial Hubble.

Pour résumer, le choix d'un site quant à la construction d'un observatoire astronomique dépend principalement de six facteurs :

- la pollution lumineuse
- la turbulence atmosphérique
- le taux d'humidité
- le vent
- la météo et la nébulosité (à ce titre, les traînées d'avions, de plus en plus nombreuses, sont également prises en compte)
- les horizons dégagés

Que découvrir dans le ciel austral ?

Il faut rappeler que la hauteur du pôle céleste nord (à proximité duquel se trouve l'étoile polaire) correspond à la latitude du lieu d'observation. Ainsi, puisque la ville de

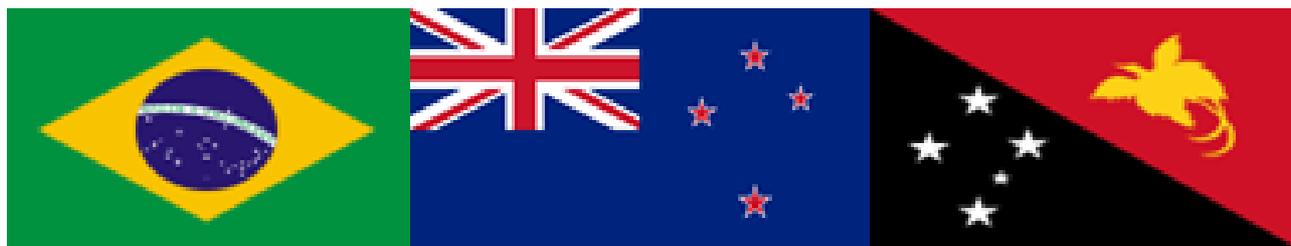


Figure 5 - Saurez-vous trouver le point commun des drapeaux du Brésil, de la Nouvelle-Zélande et de la Papouasie-Nouvelle-Guinée ?

Paris se trouve à 49° de latitude nord, l'étoile polaire est observée à 49° au dessus de l'horizon nord.

En changeant de latitude, la hauteur du pôle céleste change également. Au départ de Paris, en se déplaçant vers le nord, la hauteur du pôle nord céleste augmente jusqu'à atteindre la hauteur de 90° au pôle nord géographique. En allant vers le sud, l'étoile polaire descend sur l'horizon jusqu'à l'atteindre à l'équateur. Passée cette ligne imaginaire divisant la Terre en deux hémisphères, « l'étoile du nord » disparaît définitivement sous l'horizon. Au sud, se lève alors le pôle céleste sud (mais qui n'est pas marqué par une étoile aussi brillante que la Polaire). Plus globalement, ce n'est pas uniquement l'étoile polaire qui bascule dans le ciel lorsque l'observateur change de latitude mais la voute céleste dans son

ensemble. Ainsi, en changeant de latitude, le ciel astronomique change également.

Voici quelques ensembles d'étoiles qui sont à repérer absolument quand on se trouve sous le ciel austral:

- **La Croix du Sud** qui est la plus petite constellation est certainement la plus emblématique du ciel austral au point d'apparaître sur plusieurs drapeaux nationaux (Australie, Brésil, Papouasie Nouvelle Guinée (fig. 5)...). Dans cette constellation très remarquable se situent deux objets du ciel profond visibles à l'œil nu : « la Boîte à bijoux », un très bel amas d'étoiles et le « Sac à Charbon », qui semble être une zone vide de matière en pleine Voie Lactée.
- **Le Navire des Argonautes**, constellation aujourd'hui disparu mais qui était autrefois la plus grande du ciel a été divisée en trois constellations plus petites : la Carène, la Poupe et la Proue. Cette vaste zone étoilée représente le navire Argo qui

transporta Jason et les Argonautes en quête de la toison d'or... C'est dans la Carène que se trouve la deuxième étoile la plus brillante du ciel nocturne : Canopus.

- **Le Centaure** est une autre région incontournable à voir absolument. Cette constellation héberge l'amas Oméga, le plus bel amas globulaire visible depuis la Terre ! C'est également dans cette constellation que se trouve l'étoile la plus proche du soleil : Proxima Centauri, située à environ 4,2 années lumière du Soleil.
- **Les Nuages de Magellan** sont, autant que la Croix du Sud, les objets les plus représentatifs du ciel austral. Il s'agit de deux petites galaxies qui orbitent autour de la Voie Lactée. Parfaitement visible à l'œil nu, lorsqu'un astronome les observe pour la première fois, ce moment reste à jamais gravé dans sa mémoire !

Des « constellations » sans étoiles !

Dans la cosmogonie Andine (légende évoquant la création du Monde), les étoiles (et les constellations qui s'y rapportent) ne sont pas les seuls repères utilisés par les

NEBULEUSE SOMBRE

Une nébuleuse sombre, obscure ou encore nébuleuse d'absorption est une zone du ciel qui apparaît dépourvu d'étoiles, ou presque. Ce type de nébuleuse ne peut être mis en évidence que si cette dernière masque l'éclat des étoiles ou des nébuleuses brillantes situées en arrière plan. Leur forme est irrégulière et aucune frontière nette n'apparaît aux observateurs. Ces nébuleuses sont composées de gaz (essentiellement de l'hydrogène moléculaire) et de poussières pouvant permettre la formation d'étoiles et de planètes. Une des nébuleuses sombres les plus connues est la « Nébuleuse de la Tête de cheval », située dans la constellation d'Orion.

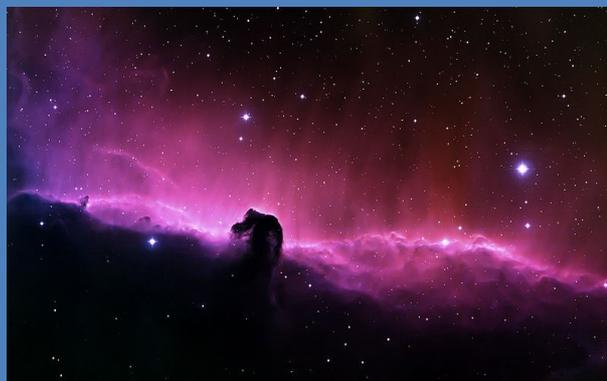


Figure 6 - Nébuleuse d'Orion © Travis Rector (NOAO)

observateurs. Les zones sombres situées au sein de la Voie Lactée ont également été à l'origine de légendes et de représentations tout à fait originales. Preuve que le ciel est pur et que la partie de la voie Lactée visible dans cette région du monde est très différente de celle observable depuis la France par exemple. Lama, Renard et crapaud sont quelques exemples du bestiaire identifiable à l'intérieur des nuages sombres qui emplissent la Voie Lactée. Il

s'agit en quelque sorte de « constellations » non pas faite d'étoiles mais de «vide apparent » !

Le Chili sera toujours dans les prochaines décennies le pays privilégié pour construire les grands observatoires astronomiques dont on besoin les astronomes. Pays tout en longueur, joignant le Pérou à l'antarctique, les paysages grandioses qu'offre cette république sont un atout important pour son développement touristique. Comme on l'a vu, le tourisme scientifique n'est pas négligé par le gouvernement chilien et de plus en plus d'agences de voyages proposent des

circuits « clé en main » dans le but de visiter le plus d'observatoires en un minimum de temps. Si vous n'êtes pas pressé, parcourez l'Atacama tranquillement le jour et regardez les étoiles la nuit. Cette double perspective fera de votre voyage une aventure extraordinaire comme on en réalise peu dans une vie. Vous pouvez me croire...

Par Sébastien Fontaine, directeur du planétarium du Palais de la Découverte (Paris)

Contact : sebastien.fontaine@universcience.fr

