

Informations complémentaires pour la presse concernant la publication des résultats de l'expérience CLOUD dans la revue *Nature* : Almeida et al. (CLOUD collaboration), "*Molecular understanding of sulphuric acid-amine particle nucleation in the atmosphere*", DOI 10.1038/nature12663.

Le contexte général de l'expérience CLOUD du CERN : L'expérience CLOUD cherche à répondre à deux des questions les plus complexes et les plus anciennes des sciences de l'atmosphère : comment de nouvelles particules d'aérosols se forment-elles dans l'atmosphère et quels effets ces particules ont-elles sur le climat ? Les particules d'aérosols atmosphériques refroidissent le climat en réfléchissant la lumière solaire et en formant dans les nuages des gouttelettes plus petites, mais plus nombreuses, ce qui rend les nuages plus brillants et accroît leur durée de vie. L'augmentation de la quantité d'aérosols dans l'atmosphère du fait de l'activité humaine compense pour une part importante le réchauffement causé par les gaz à effet de serre. Selon les estimations actuelles, environ la moitié de toutes les gouttelettes des nuages sont formées à partir de particules d'aérosols qui ont été « nucléées » (c'est-à-dire produites par l'agglutinement d'infimes concentrations de molécules atmosphériques, plutôt qu'émission directement dans l'atmosphère, comme les particules des embruns). La nucléation est donc sans doute un processus essentiel dans la régulation du climat. Cependant, les mécanismes physiques de la nucléation ne sont pas bien compris. On ne sait pas non plus quelles sont les molécules qui participent à la nucléation, et si ces molécules dérivent de sources naturelles ou sont le résultat d'activités humaines.

Quel est l'objet d'étude de CLOUD ? CLOUD étudie la formation de nouvelles particules atmosphériques dans une enceinte spécialement conçue à cet effet, où l'on peut régler très précisément les conditions de température, d'humidité, d'ionisation et de concentration de vapeurs favorisant la nucléation. Les équipes ont mesuré la quantité de particules produites par l'acide sulfurique et d'infimes concentrations de diméthylamine, de l'ordre d'une molécule pour mille milliards (10^{12}) de molécules. Les amines sont des molécules apparentées à l'ammoniac, présentes dans l'atmosphère sous forme de vapeurs ; elles proviennent largement d'activités anthropiques (essentiellement l'élevage), mais elles sont également émises par les océans, le sol et la combustion de la biomasse. L'étude a porté sur la formation de particules liée aux amines, parce qu'on sait que ces molécules forment des liaisons chimiques fortes avec l'acide sulfurique et que leur présence pourrait expliquer pourquoi la nucléation est très fréquemment observée dans la basse atmosphère.

Le caractère particulier de l'expérience CLOUD : S'appuyant sur le savoir-faire du CERN, la chambre à brouillard de CLOUD se caractérise par des concentrations de contaminants beaucoup plus faibles que toutes les expériences précédentes, ce qui permet de mesurer la nucléation générée par des volumes prédéfinis de certains gaz présents à l'état de traces, sans perturbation produite par des gaz indésirables. Des instruments très performants reliés à la chambre à brouillard de CLOUD mesurent des concentrations extrêmement basses de vapeurs atmosphériques et la formation et la croissance de grappes de molécules, qui permettent de passer de la molécule isolée à la particule d'aérosol stable. Une autre caractéristique marquante de CLOUD est sa capacité de mesurer la nucléation renforcée par les rayons cosmiques à différentes intensités de rayonnement, allant de l'intensité au niveau du sol à celle de la couche supérieure de l'atmosphère (grâce à un faisceau de pions produit au CERN) - ou encore en l'absence de rayonnement, lorsque les effets d'une éventuelle ionisation sont complètement effacés par un champ électrique interne.

Les découvertes de CLOUD et leur impact sur notre compréhension du climat : L'expérience CLOUD a montré que les amines, aux concentrations atmosphériques typiques de quelques molécules par milliard de milliards de molécules, se combinent avec l'acide sulfurique pour former des particules d'aérosols extrêmement stables, dans des proportions semblables à ce qu'on observe dans la basse atmosphère. C'est la première fois, dans l'expérience en laboratoire ou dans l'atmosphère, qu'on a reproduit la formation des particules d'aérosol atmosphériques, ou qu'on a identifié ces particules en déterminant précisément leur composition moléculaire. Ces mesures extrêmement détaillées nous ont permis de développer une compréhension fondamentale du processus de nucléation au niveau moléculaire, en montrant que les mesures expérimentales confirment les calculs chimiques quantiques concernant l'agglutinement moléculaire. Les résultats semblent montrer que des sources d'amine naturelles et anthropiques pourraient influencer le climat. En particulier, il est vraisemblable que l'absorption aux amines va devenir la technologie dominante pour le captage du CO₂ issu de centrales électriques à

combustible fossile, ce qui signifie que les émissions anthropiques d'amines produites dans le futur devraient augmenter. La dissémination de ces amines dans des régions par ailleurs préservées pourrait créer de nouvelles particules dans l'atmosphère et contribuer à l'effet de refroidissement du climat induit par ces particules. L'expérience CLOUD a également montré que l'ionisation par les rayons cosmiques n'a qu'un faible effet sur le taux de formation de particules amine-acide sulfurique, ce qui laisse penser que les rayons cosmiques n'ont pas d'effet important sur la production de ces particules d'aérosols dans l'atmosphère. Les mesures réalisées n'excluent pas que la nucléation des particules d'acide sulfurique dans la basse atmosphère se produise aussi pour d'autres vapeurs, pour lesquelles les effets des rayons cosmiques peuvent être différents.