

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **29 novembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame Manuella EL HABER**

Titre de la thèse : Rôle des surfactants sur la formation des nuages : impact de la composition des aérosols et tension de surface de particules individuelles d'aérosols atmosphériques

### Résumé



Dans l'atmosphère terrestre, les aérosols jouent un rôle crucial dans la diffusion et l'absorption des rayonnements solaires, et en tant que noyaux de condensation dans la formation des nuages. La vapeur d'eau se condense progressivement sur les particules d'aérosols, pour former des gouttelettes de nuage. Ce phénomène est régi par l'équation de Köhler dont un paramètre essentiel est la tension de surface. Pendant longtemps, ce paramètre n'a pourtant pas été pris en compte dans les modèles atmosphériques : la valeur de la tension de surface des aérosols a été considérée égale à celle de l'eau ( $\sim 72.5$  mN/m). Cependant, au cours dernières années, suite à la mise en évidence de la présence de tensioactifs à des concentrations significatives dans les aérosols atmosphériques, un intérêt croissant s'est porté sur la détermination de la tension de surface des particules d'aérosols atmosphériques. Ainsi dans le cadre de ce travail, les effets de la présence de composants d'intérêt atmosphérique tels les acides organiques (acide oxalique et acide glutarique) et les sels inorganiques (NaCl et  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) sur la tension de surface de solutions de tensioactifs amphiphiles (TritonX100, Brij35, SDS, CTAC) ont été étudiés. Des comportements fortement non idéaux ont été observés pour la plupart des mélanges étudiés avec des synergies détectées dans certains cas. Les principaux composants atmosphériques augmentaient l'efficacité des tensioactifs amphiphiles. En parallèle, une technique de détermination de la tension de surface de particules atmosphériques individuelles microniques et submicroniques a été développée. L'application de la méthode micro Wilhelmy dans un microscope à force atomique (AFM) en employant une pointe cylindrique, a permis de quantifier la tension de surface des gouttelettes condensées sur des particules atmosphériques sous humidité

relative contrôlée. Cette méthode a été validée par des mesures de la tension de surface sur des liquides de références et appliquée par suite sur divers prélèvements atmosphériques. Les valeurs de tensions de surface déterminées dans les particules atmosphériques individuelles sont inférieures à la tension de surface de l'eau. D'autre part, ces études ont montré que la condensation de l'eau sur ces particules d'aérosol est corrélée avec la tension de surface, pour une humidité relative de  $82 \pm 2$  %. Ainsi, ce travail a permis pour la première fois de mesurer directement la tension de surface des particules individuelles atmosphériques et d'élucider l'effet de la tension de surface sur la formation de nuage.

**Mots-clés :** Tensioactifs, Tension de surface, Synergie, Particules individuelles atmosphériques, Microscopie à force atomique, Aérosols atmosphériques