

Histoire d'estuaires



Qu'observe-t-on sur l'image ?

À l'évidence, trois piluliers. À la lumière de la lampe visiblement placée à gauche, en-dehors du champ, on constate facilement de nombreuses différences entre les contenus de ces trois récipients. La couleur tout d'abord, le nombre de phases apparentes ensuite, et enfin la turbidité croissante en examinant les piluliers de gauche à droite.

Que montre-t-elle ?

Cette image montre plusieurs piluliers ayant contenu initialement la même dispersion aqueuse de particules d'une argile gonflante appelée *nontronite*. Il s'agit d'un minéral ferrique de la famille des smectites dont l'échantillon utilisé ici est originaire d'Australie. Tous ces piluliers contiennent donc bien deux phases : une phase liquide continue, l'eau, et une phase solide divisée, les particules d'argile. À cette dispersion a été ajoutée une même quantité de sel ionique (chlorure de magnésium) à des moments différents : d'abord dans le pilulier de droite, puis dans celui du milieu quelques dizaines de minutes après.

Le cliché a ainsi été pris dans une situation passagère, pour montrer le déroulement d'un phénomène dont l'évolution se lit de gauche à droite sur l'image.

Mais que voit-on alors ?

Ce qu'on observe ici, c'est un cas classique de déstabilisation colloïdale. En effet, initialement, la dispersion de particules d'argile est dite colloïdale, c'est-à-dire, à en suivre la définition de l'IUPAC, que lesdites particules ne s'agrègent pas à une vitesse *significantive*. Cette définition laissera probablement le scientifique sur sa faim par manque patent de précision : cela est dû au fait qu'elle tente de qualifier un état de métastabilité. Cette métastabilité n'est pas liée au fait que les petites particules finiraient un jour par sédimenter. En effet, leurs petites dimensions et/ou leur faible différence de densité par rapport à celle du liquide permettent à leur diffusion par agitation brownienne de l'emporter sur les forces liées à la gravité. Néanmoins, dès lors que les particules s'agrègent – et c'est d'ailleurs bien ce phénomène qui fait référence dans la définition de l'IUPAC –, elles viennent à former de gros agrégats qui, eux, ne parviennent pas, au-dessus d'une taille critique, à rester en suspension. On observe alors la sédimentation de l'ensemble. Or, c'est bel et bien le fait de ne pas pouvoir empêcher cette agrégation inéluctable qui rend cette situation d'équilibre métastable.

Comme dans de nombreux cas, la stabilité colloïdale de la suspension étudiée ici est liée à des répulsions électrostatiques entre les plaquettes d'argile qui présentent une charge



Image satellite de l'estuaire Río de la Plata (photo : Earth Sciences and Image Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center).

structurale négative, une partie des cations compensateurs de surface étant dissociés en solution. Ces interactions permettent de maintenir à bonne distance les particules les unes des autres, prévenant ainsi leur agrégation. L'ajout d'un sel tend alors à diminuer considérablement la portée de cette interaction de répulsion jusqu'à la rendre inopérante, les ions venant écranter les charges de surface des particules.

Et alors, comment voit-on cela ?

Si, du fait de leurs petites dimensions, on ne peut pas voir directement des particules colloïdales, on peut les observer indirectement à l'aide du phénomène de diffusion de la lumière : c'est l'effet Tyndall, qui se manifeste dans bien des situations de la vie courante telles que la visualisation du faisceau d'une lampe dans une atmosphère poussiéreuse ou celle des rayons du Soleil dans la brume matinale.

Or cette diffusion (*i.e.* la redirection de la lumière après interaction avec la matière) dépend de plusieurs paramètres comme la longueur d'onde de la lumière incidente, mais aussi des dimensions des particules diffusantes, ou plus précisément du volume au carré de ces particules. Ainsi, pour fixer un ordre de grandeur, un agrégat sphérique constitué de dix particules le long de son diamètre contient environ mille particules et diffuse avec une intensité un million de fois plus grande qu'une seule particule ! C'est précisément ce qui fait changer l'aspect de la dispersion en augmentant sa *turbidité* au fur et à mesure de la floculation (*i.e.* la formation d'agrégats).

Enfin, si le pilulier de droite semble présenter une teinte plus sombre, c'est probablement à cause d'une plus forte concentration en agrégats, dont la sédimentation a bien avancé. Ainsi, à l'instar des nuages qui s'assombrissent à mesure qu'ils se chargent de davantage de gouttelettes d'eau à l'approche de l'orage, le pilulier de droite est probablement le siège d'un phénomène optique similaire, les agrégats

de particules d'argile étant confinés dans un volume plus réduit.

On peut préciser que, dans le cas de particules plaquet-taires comme celles des argiles, au cours de la déstabilisation colloïdale, les différentes particules restent bloquées dans une configuration peu compacte emprisonnant du solvant. C'est ce qu'on observe ici, la phase contenant les particules floculées ne se comprimant pas davantage en attendant plus longtemps.

Tout cela est bel et bon, mais quel rapport avec le titre ?

Eh bien, le phénomène mis en évidence avec cette

simple expérience a lieu dans la nature à une bien plus grande échelle. Comme le titre l'indique, c'est au niveau des estuaires qu'on peut également observer ce type d'image, à condition de prendre un peu de hauteur, bien évidemment ! En effet, au sein des estuaires, les eaux fluviales, chargées de particules encore en suspension, rencontrent l'eau de mer, fortement concentrée en sels. On peut alors observer de magnifiques motifs depuis les airs où l'on voit nettement l'apparition de zones bien plus turbides, là où eaux de mer et du fleuve ont commencé à se mélanger, suivant ainsi les cartes des courants et de la diffusion des différentes espèces en jeu.

Cette expérience a été initialement réalisée au cours d'une conférence expérimentale présentée le 4 juin 2019 dans le cadre des « Mardis de la chimie », une programmation de conférences tous publics organisée par l'UFR de chimie de Sorbonne Université.

L'auteur remercie Laurent Michot (laboratoire PHENIX, Sorbonne Université) pour lui avoir fourni l'échantillon de nontronite et ses éclairages clairs et précieux sur les argiles.

Bibliographie

- Hunter R.J., *Foundations of Colloid Science*, Oxford University Press, **1993**.
- Israelachvili J.N., *Intermolecular and Surface Forces*, Elsevier, **2011**.
- Bergaya F., Lagaly G., *Handbook of Clay Science*, chap. 1, Elsevier, **2006**.

Clément GUIBERT,

Maitre de conférences au Laboratoire de Réactivité de Surface, Sorbonne Université, Paris.

*clement.guibert@sorbonne-universite.fr