TEST PRATIQUE : UN EPISODE DE POLLUTION EN EUROPE DE L'OUEST

Durant la dernière décennie, les problèmes de santé publique liés à la qualité de l'air se sont multipliés (maladies chroniques, allergies). Parmi les composés préoccupants définis par l'organisation mondiale de la santé, les particules fines (≤ 2.5 μm, $PM_{2.5}$) siègent en bonne place. **Intéressons-nous au suivi des de ces polluants dont l'origine est en partie liée à l'activité humaine (transport, combustion de combustibles fossiles, etc…)**.

LE CALITOO ?

C'est quoi ?
Comment ça marche ?
Que mesure-t-il ?

C'est un PHOTOMETRE qui permet de déterminer en temps réel la **TAILLE DES PARTICULES** en suspension dans l'atmosphère.

Il calcule des valeurs correspondant à l'épaisseur optique de l'atmosphère ou **AOT** (Atmospheric Optical Thickness). Il en déduit un **COEFFICIENT** α. La valeur de ce coefficient est **INVERSEMENT PROPORTIONNELLE A LA TAILLE DES PARTICULES EN SUSPENSION**.

Détermination de AOT : mesure de la transparence de l'atmosphère pour des longueurs d'onde choisies dans le domaine du visible : 465 nm correspondant au bleu, 540 nm correspondant au vert, et 650 nm pour le rouge.

Détermination du coefficient α : déduite à partir des valeurs AOT et des données du lieu de mesure (position GPS, heure, pression atmosphérique).

Précision de la mesure : Calcul d'un indice R^2. La valeur α est fiable pour un indice R^2 compris entre 0,9 et 1.

PARTIE I : Mesure directe de l'Atmospheric Optical Thickness ou AOT.

EVALUATION TECHNIQUE 1 DU JURY

Protocole :

En cas de beau temps:

- Prendre connaissance du matériel et de son fonctionnement (Quick start Guide)
- Réaliser 3 mesures validées par un R^2 supérieur à 0,9.
- Noter les résultats sur la fiche réponse et faire la moyenne des mesures effectuées.

En cas de ciel nuageux :

Aucune mesure ne sera effectuée. Les valeurs α seront données.

Voici deux valeurs enregistrées avec un photomètre :
- L'éruption du volcan Eyjafjallajökull en 2010 : valeur proche de 0,4 au-dessus de la France.
- À proximité de l'autoroute d'Antibes durant cet hiver : valeur proche de 1,6.

Question 1 : La moyenne des mesures de votre photomètre permet de dire qu'aujourd'hui, les particules fines au-dessus de Sophia Antipolis… (une seule réponse possible)
1- Sont de taille supérieure aux particules issues de la pollution automobile.
2- Sont de taille inférieure aux particules de pollution automobile.
3- Sont de taille supérieure à celles des particules de cendre volcanique.
4- Les résultats obtenus ne permettent pas d'évaluer la taille des particules présentes dans l'atmosphère au moment des mesures.

PARTIE II : Comparaison des valeurs mesurées avec celles obtenues à partir de particules de taille connue.

EVALUATION TECHNIQUE 1 DU JURY

Protocole :
- Prendre connaissance du principe de mesure du coefficient pour un mélange contenu dans une cuve (Voir le tutoriel : « Measuring global AOT of the atmosphere »).
- Effectuer 3 mesures du coefficient pour chaque échantillon : du lait dilué dans l'eau (cuve 1) et de l'argile mis en suspension dans l'eau (cuve 2).
- Noter les résultats sur la fiche de réponse et calculer la moyenne pour chaque échantillon.

Question 2 : En vous basant sur les données obtenues, les particules fines au-dessus de Sophia-Antipolis sont… : (une seule réponse possible)
1- De taille inférieure à celles du lait.
2- De taille supérieure à celles de l'argile.
3- De taille située entre celle de l'argile et celle du lait.
4- De taille non estimable au regard des résultats obtenus aujourd'hui.

PARTIE III : Une situation particulière au cours du printemps 2016.

Un matin du mois d'avril, l'air s'est trouvé chargé de particules fines visibles à l'oeil nu. Les pare-brises des voitures étaient également couverts d'un dépôt fin de particules jaunes. **On se propose donc de déterminer la nature de ces particules.**

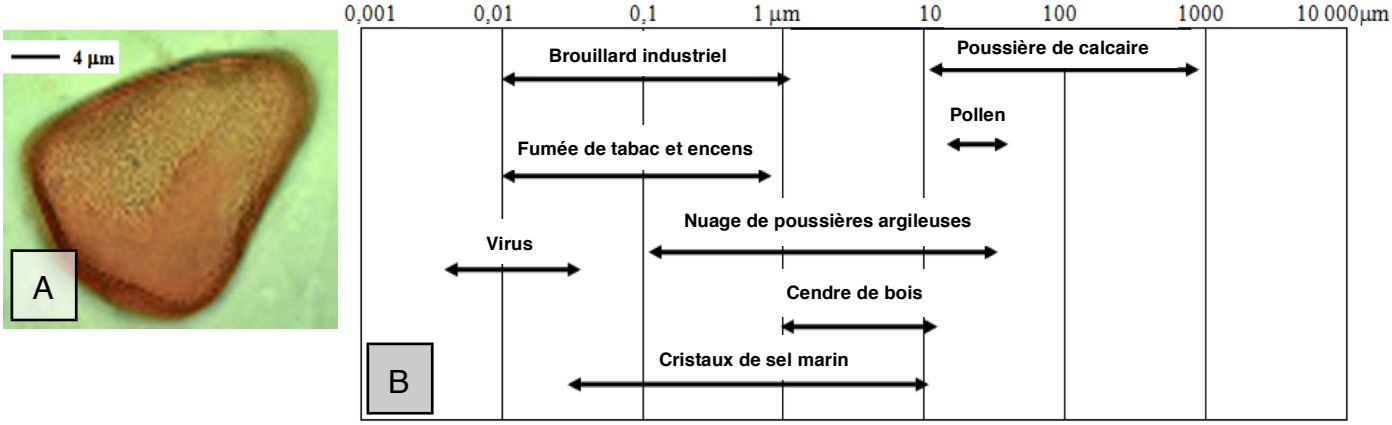

FIGURE 1 : (A) Photographie au microscope optique d'un des grains récoltés sur un pare-brise de voiture. (B) Diagramme présentant les tailles de différentes catégories de particules fines. ***Ce jour d'Avril, la valeur mesurée est inférieure à celle obtenue pour de la cendre de bois (riche en sels de calcium) en suspension.***

Particle tested	Réactifs, quantité et réactions déclenchées			
	HCl (1 drop)	H_2O_2 (1 drop)	$AgNO_3$ (1 drop)	Ammonium oxalate (1 drop)
Limestone	Fizzing	No reaction	No reaction	White precipitate
Biological molecule	No reaction	Fizzing	No reaction	No reaction
Clay	No reaction	No reaction	No reaction	No reaction
Sodium chloride	No reaction	No reaction	White precipitate	No reaction
Calcium salts other than carbonate	No reaction	No reaction	No reaction	White precipitate

TABLEAU 1 : Réactifs chimiques utilisés pour déterminer la nature des particules. Limestone=calcaire ; Clay= argile ; Sodium chloride=chlorure de sodium ; Calcium salts other than carbonate= sels de calcium autre que les carbonates ; Fizzing=effervescent ; White precipitate=précipité blanc,

EVALUATION TECHNIQUE 2 DU JURY

Protocole :
- Prendre connaissance du matériel disponible sur son poste de travail.
- Avant toute manipulation, **utiliser les lunettes de protection**.
- Réaliser uniquement 2 tests afin de déterminer la nature des particules non identifiées.

Question 3 : A partir des figure 1 et tableau 1, indiquer les deux réactifs qui vous ont permis d'identifier la nature chimique de cette poussière jaune. (deux réponses attendues)
1- HCl
2- H_2O_2
3- $AgNO_3$
4- Oxalate d'ammonium

Question 4 : A partir des résultats obtenus, indiquer la nature de ces particules fines. (Une seule réponse)
1- Brouillard industriel
2- Fumées de tabac ou encens
3- Particules d'argile
4- Cristaux de sel
5- Virus
6- Cendres provenant de fumées d'incendie
7- Pollen
8- Poussière de calcaire provenant d'une carrière située à proximité

PARTIE IV : Un épisode de pollution sur l'Europe de l'ouest durant l'Hiver 2017

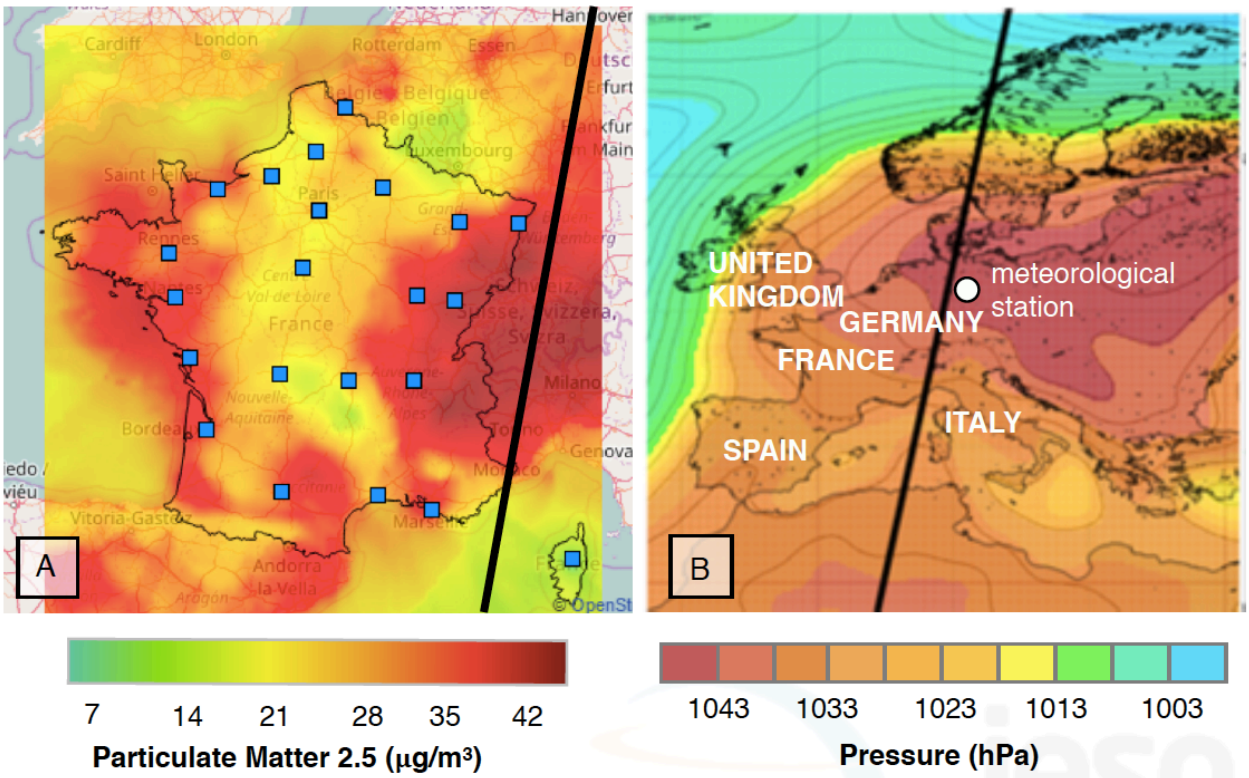

FIGURE 2 : (A) Concentration en particules fines atmosphériques (de moins de 2,5 µm) de le 25 janvier 2017. La carte est obtenue par mesure et application d'un modèle (réseau PREV'AIR). (B) Carte des isobares sur l'Europe de l'Ouest à la date du 25 janvier 2017. La ligne noire représente le trajet du satellite dans la figure 3.

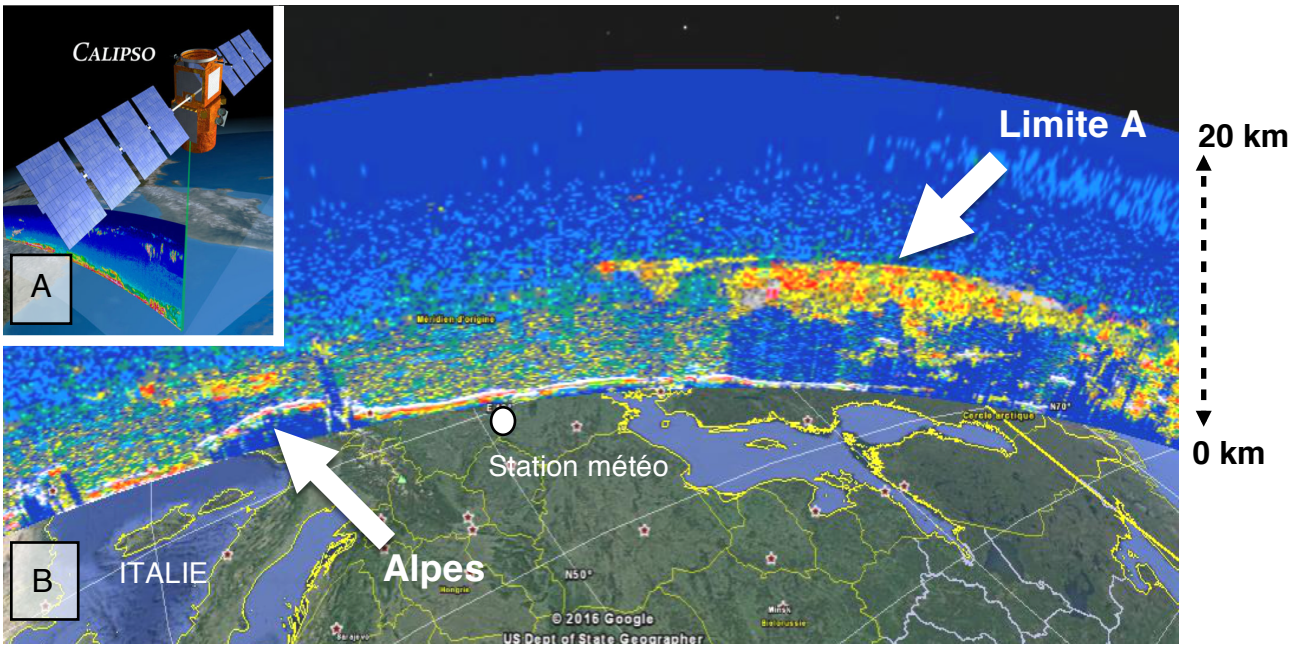

FIGURE 3 : (A) Vignette explicative de la méthode adoptée pour l'imagerie LIDAR (Light Détection And Ranging). Lors de son passage au-dessus de la région concernée, le satellite CALIPSO émet un rayon Laser dont le profil de dispersion est recueilli et analysé pour déduire la composition en particules de l'atmosphère. L'image est donc une tranche de l'atmosphère. (B) Image obtenue par le passage du satellite au-dessus de l'Europe de l'Ouest le 25 janvier 2017. Les couleurs jaune et rouge permettent de visualiser les particules $PM_{2,5}$. La trace grisée proche de la surface correspond aux nuages.

Altitude (m)	376	748	998	1249	1408	4013	6001	10007	12008	14004
Temperature (°C)	-4,7	-8,3	-10,1	2,1	3,3	-11	-25,3	-58,2	-69,2	-65,2

TABLEAU 2 : Résultats des mesures des températures obtenues dans une colonne atmosphérique. Le ballon-sonde a été lâché par une station météo allemande localisée sur la figure 3B (point blanc).

Question 5 : Tracez sur la fiche réponse la courbe de la température de l'air en fonction de l'altitude.

Question 6 : Indiquer le nom de la limite symbolisée sur la figure 3B. (une seule réponse possible)
1- La stratopause
2- La tropopause
3- La mésopause
4- La limite inférieure de l'exosphère

Question 7 : En référence à la question 5, indiquer l'altitude à laquelle se situe la couche de particules fines à l'aplomb de la station météo allemande (une seule réponse possible).
1- autour de 500 m d'altitude
2- autour de 1 000 m d'altitude
3- autour de 2 000 m d'altitude
4- autour de 12 000 m d'altitude

Question 8 : Quelles sont les conditions nécessaires pour obtenir un nuage de particules fines à basse altitude ? (plusieurs réponses possibles)
1- Une zone de basse pression.
2- Une zone de haute pression.
3- Une émission de particules fines naturelles ou dues aux activités humaines.
4- Une couche d'air froid au sol bloquée par une inversion de température.
5- Une couche d'air chaud au sol bloquée par une inversion de température.