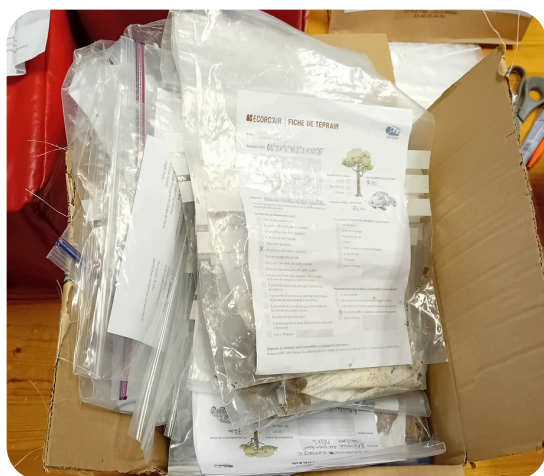




Suivi d'un échantillon d'écorces prélevé pour la campagne Ecorc'Air

Introduction.

Après être arrivés dans les mains de l'équipe de recherche du projet Ecorc'Air, les échantillons continuent un long chemin avant de révéler les précieuses informations qu'ils contiennent. Et bien que ce ne soit pas la première chose à laquelle on peut penser, c'est la préparation des échantillons avant les mesures qui prend la majorité du temps car rien n'est automatisé et automatisable facilement !



Si les informations de l'échantillon (position du prélèvement, distance à la route...) n'ont pas été enregistrées dans l'application PartiCollect, elles doivent d'abord être saisies manuellement dans un tableur. Sinon, ces informations sont récupérées via l'application et associées à l'échantillon correspondant grâce au numéro d'identification de ce dernier.

Photo 1 : Colis d'échantillons pour Ecorc'Air.

La taille des particule compte.

Penchons-nous sur les polluants que sont les **particules en suspension dans l'atmosphère** (PM pour "particulate matter" en anglais). Ces dernières sont catégorisées en fonction de leur taille et leurs effets sur la santé diffèrent entre autre à cause de ces différences de taille (Airparif).

Les particules ultrafines (PM1, PM0.1), encore plus petites, ont une toxicité d'autant plus grande.

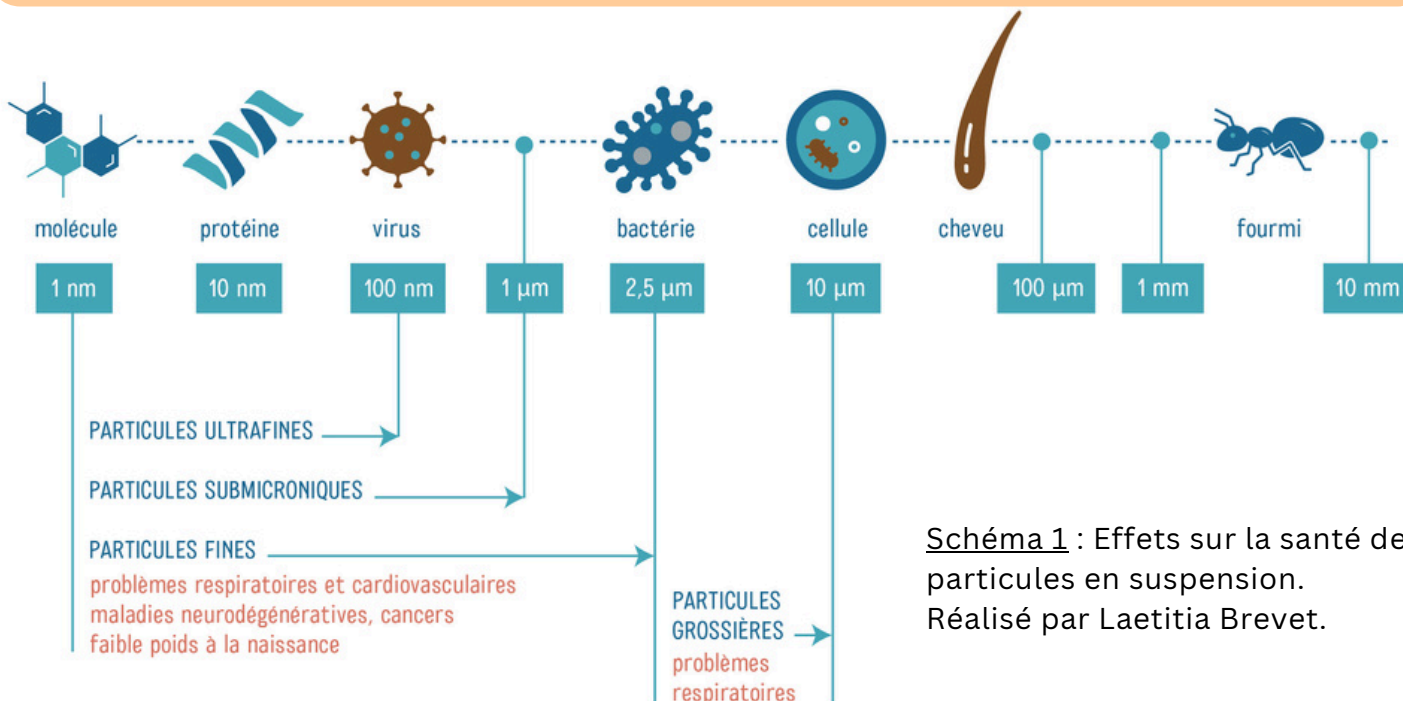


Schéma 1 : Effets sur la santé des particules en suspension. Réalisé par Laetitia Brevet.

Mais la taille de ces particules ne fait pas tout. En effet, elles n'ont pas toutes la même composition. Ecorc'Air va ainsi s'intéresser aux particules métalliques, particulièrement toxiques pour la santé humaine.

Grâce aux propriétés spécifiques des éléments métalliques, on peut mesurer les signaux magnétiques des échantillons pour obtenir une approximation de la quantité de PM métalliques dans chaque échantillon.

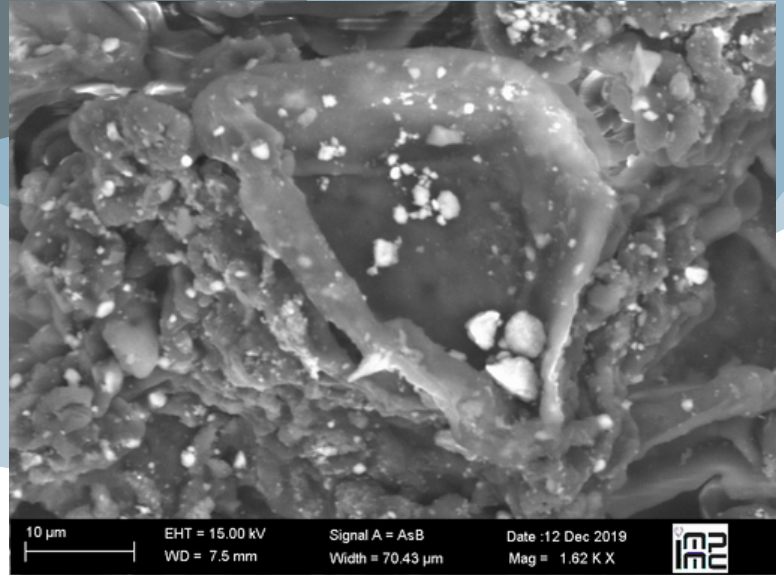


Photo 2 : PM sur une écorce de platane vue en microscopie électronique, Letaïef et al.

Le principe de mesure.

La première mesure de l'échantillon qui est effectuée sur les échantillons sert à mesurer la capacité d'échantillon d'acquérir une aimantation en fonction d'un champ magnétique qu'on lui applique au laboratoire, c'est la **susceptibilité magnétique**.

A partir de cette mesure de susceptibilité magnétique, on peut déduire la concentration en particules magnétiques présents dans l'échantillon. En effet, ce sont les seuls matériaux dans nos échantillons qui peuvent être à l'origine d'une augmentation d'aimantation lorsqu'un champ magnétique est appliqué (une écorce propre n'aura pas ce signal). Ainsi, plus la susceptibilité magnétique mesurée est forte, plus il y a de minéraux magnétiques dans notre échantillon.

La **susceptibilité magnétique** désigne donc la capacité d'un matériau à devenir aimanté sous l'effet d'un champ magnétique externe. Tout matériau va réagir à un champ magnétique qui lui est appliqué.

On enregistre 3 grands types de réponse au champ magnétique en fonction des propriétés du matériau :

Les éléments **diamagnétiques** (comme l'écorce de platane et autre matière organique) ont une aimantation très faible dans le sens opposé du champ : la susceptibilité mesurée est donc faiblement négative. Ce phénomène s'interrompt dès que les éléments ne sont plus soumis au champ.

Les éléments **paramagnétiques** ont une aimantation très faible, dans le même sens que le champ : la susceptibilité mesurée est alors faiblement positive. De même, cette aimantation s'interrompt avec l'interruption du champ.

Les éléments **ferromagnétiques** ont une forte aimantation dans le même sens que le champ et dont une partie est conservée (= rémanente) après la fin de l'application du champ : la susceptibilité mesurée est alors positive et plus forte que pour les éléments diamagnétique et paramagnétiques. Les oxydes de fer qui peuvent être présents dans les PM ont ce type de comportement.

Le susceptibilimètre applique ainsi un faible champ magnétique fixé afin de mesurer la susceptibilité de l'échantillon et ainsi permettre d'en déduire la quantité de PM métalliques.

En effet :

$$\text{Susceptibilité mesurée} = \frac{\text{aimantation}}{\text{champ magnétique appliqué}}$$

La susceptibilité dépend de la quantité de minéraux magnétiques. Ainsi, plus la susceptibilité magnétique est forte, plus il y a de minéraux magnétiques présents et donc plus il y a de PM métalliques dans l'échantillon.

Le protocole.

L'échantillon subit plusieurs étapes avant de donner une valeur de susceptibilité * :

1. L'échantillon est découpé à la main, en petits morceaux et à travers le sachet de congélation (il a été confirmé en amont que le plastique n'a pas d'impact sur les résultats de susceptibilité magnétique).
2. Les morceaux d'échantillon sont alors placés dans des piluliers (photo 3a) qui ont été, en amont, pesés à vide et sans couvercle. Le tout (pilulier + échantillon) est alors pesé sur la même balance (photo 3c). Ces deux pesées sont nécessaires afin de mesurer la masse d'écorce et ainsi la susceptibilité est rapportée à la masse de l'échantillon (susceptibilité massique).



Photo 3a,b,c : Pilulier vides et piluliers remplis d'échantillons d'écorce en petits morceaux.

3. Ces piluliers contenant les échantillons sont alors marqués individuellement avec le numéro d'échantillon de manière à les identifier.
4. Avant les mesures, il est nécessaire de faire "le blanc" qui correspond à la valeur de la susceptibilité magnétique pour un pilulier vide avant de mesurer celle des piluliers remplis. La susceptibilité du pilulier vide, (très faible valeur diamagnétique), est mesurée 10 fois de suite pour donner une valeur de référence précise pour les échantillons mesurés par la suite lors de la journée de mesure, et refaite à chaque début de journée.
5. Pour chaque échantillon, la susceptibilité magnétique est mesurée 3 fois afin de moyenner le résultat dont on soustrait ensuite la valeur du "blanc". On divise ensuite cette valeur par la masse d'écorce qui a été mesurée auparavant.

* Si vous souhaitez voir le processus de préparation des échantillons, vous pouvez retrouver la [vidéo du parcours d'un échantillon Ecorc'Air](#) sur la chaîne YouTube de PartiCitaE.

La cartographie.

A ce stade, chaque échantillon a donc des coordonnées et une valeur de susceptibilité magnétique attribuée. Il faut alors utiliser un logiciel de **Système d'Information Géographique** (SIG) pour créer la carte de valeurs. Le tableau contenant toutes les informations associées aux échantillons, dont les coordonnées GPS de son lieu de prélèvement, est importé sur le logiciel ainsi qu'une carte de la ville considérée.

Une échelle de couleurs a été définie en fonction des valeurs de susceptibilité magnétique pour permettre de visualiser les niveaux de particules associés. Ainsi, chaque échantillon pourra être indiqué par un point de couleur à ses coordonnées. C'est ainsi que les échantillons que vous nous envoyez sont analysés pour permettre de réaliser une carte de pollution en PM de votre ville. Vous pouvez retrouver ces cartes sur le site de [l'Institut de Physique du Globe de Paris](https://www.ipgp.fr/).

Les PM métalliques ont des propriétés magnétiques différentes en fonction de leur taille. Ainsi, il est possible de caractériser la distribution en taille de ces particules magnétiques dans les échantillons. Ces mesures permettent ainsi de mieux comprendre les sources des différentes particules, et de mieux appréhender leurs effets sur la santé.

Les échantillons Ecorc'Air peuvent encore relever d'autres informations ! Après la cartographie des PM dans la ville, ce n'est pas forcément fini, et d'autres mesures peuvent être faites sur une partie des échantillons afin d'en tirer le plus d'informations possible, si vous souhaitez en apprendre davantage vous pouvez retrouver le [document sur ce parcours complémentaire](#).

Crédits.

Texte et photos : Caroline Li

Correction : Claire Carvalho, Laure Turcati, Christine Franke et Aude Isambert

Mise en page : Caroline Li

Remerciements à toute l'équipe Ecorc'Air ainsi que toutes les stagiaires qui ont participé à la campagne 2024.

Merci à tous les volontaires qui ont participé à Ecorc'Air.