



# Le parcours complémentaire d'un échantillon d'écorces prélevé pour la campagne Ecorc'Air

## L'hystérésis magnétique.

Tous les échantillons qui parviennent à l'équipe Ecorc'Air suivent le même chemin pour permettre la production des cartes de la pollution atmosphérique. Mais après ça, certains échantillons particuliers (sur des axes majeurs par exemple) sont utilisés pour approfondir d'autres problématiques sur la qualité de l'air.

Intéressons nous alors à l'**hystérésis magnétique**. Ce terme vient du mot grec pour "plus tard", "après".

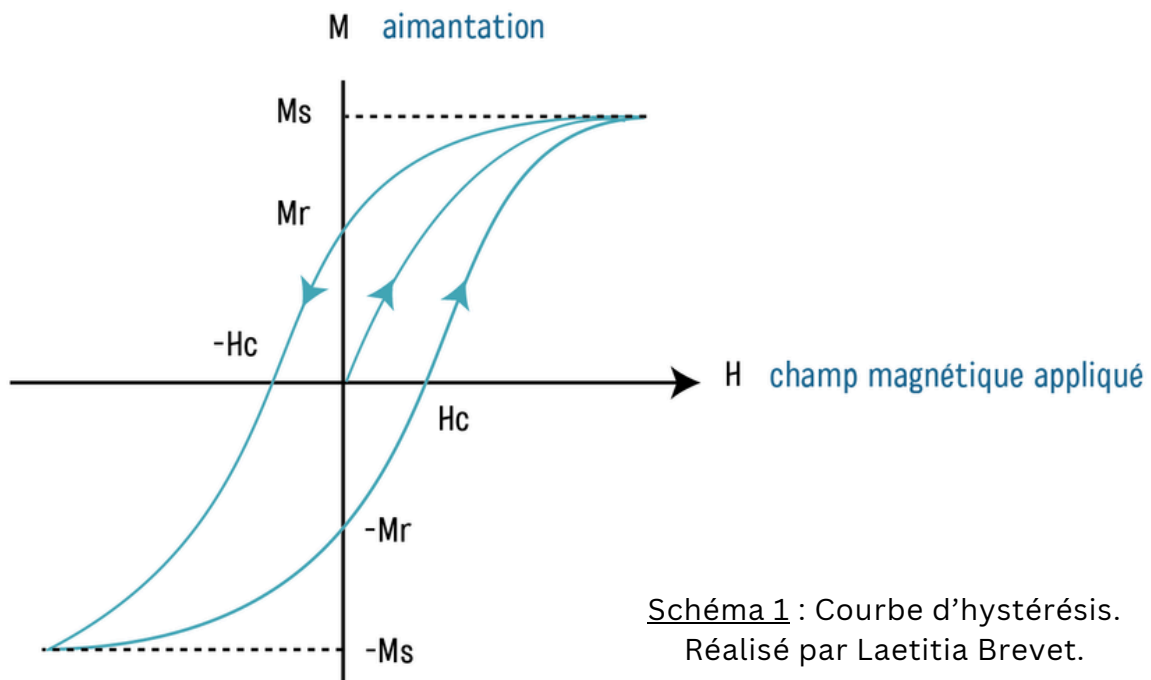


Schéma 1 : Courbe d'hystérésis.  
Réalisé par Laetitia Brevet.

On a vu que l'aimantation d'un matériau **paramagnétique** ou **diamagnétique**, induite par un champ magnétique, disparaît lorsque ce champ est supprimé. Par contre, si l'on applique un champ ( $H_m$ ) à un matériau **ferromagnétique**, on observe également que toutes les particules s'orientent dans le sens du champ jusqu'à **saturation** (c'est-à-dire qu'on a atteint une valeur maximale et qu'elle n'augmente donc plus) mais lorsqu'on diminue ce champ jusqu'à 0, le matériau ne perd pas toute son aimantation, et la garde ainsi en partie en "mémoire". Le champ qu'il faut alors appliquer pour annuler cette aimantation est appelé le **champ coercitif** ( $H_c$ ).

En appliquant un champ inverse au champ initial ( $-H_m$ ), on observe le même phénomène, les particules s'orientent dans le sens de ce nouveau champ jusqu'à saturation mais lorsque l'on retourne à un champ nul, le matériau garde en mémoire une partie de cette aimantation inversée.

On a alors ce qu'on appelle un **cycle d'hystérésis**. Le retour à une aimantation nulle est retardé par rapport à l'intensité du champ.

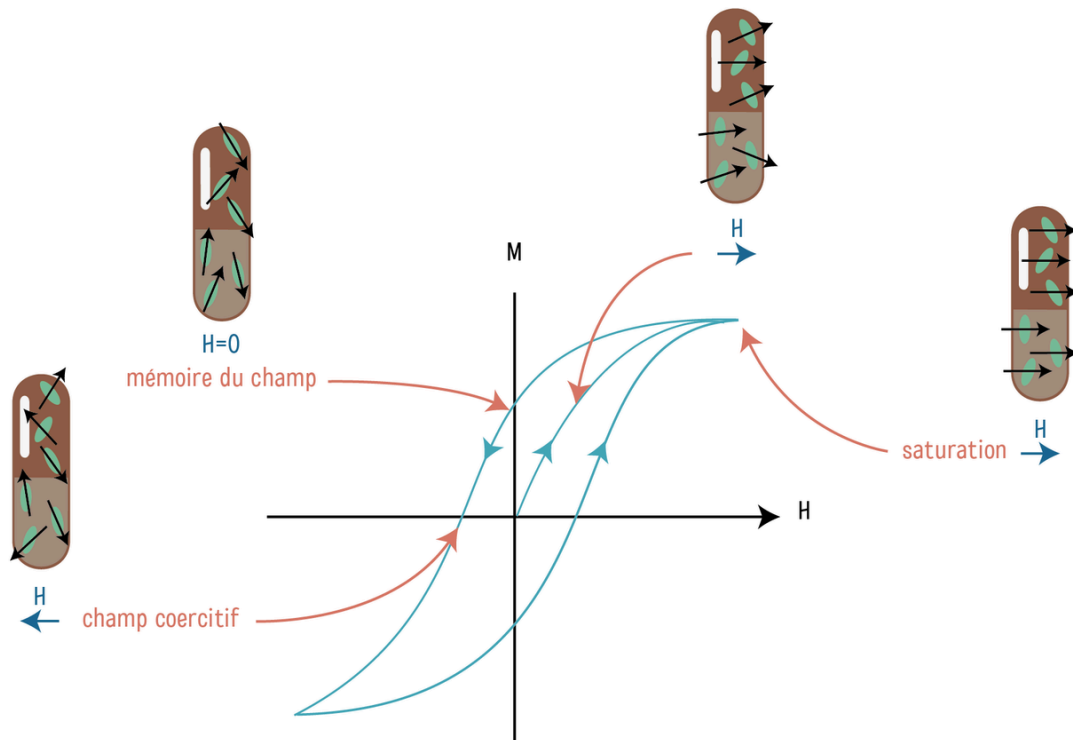


Schéma 2 : Evolution de l'orientation des particules en fonction du champ appliqué à la gélule. Réalisé par Laetitia Brevet.

Ces cycles d'hystérésis sont mesurables par un magnétomètre, le Vibrating Sample Magnetometer (VSM). Le VSM utilise deux bobines pour générer un champ magnétique uniforme, dans lequel l'échantillon est mis en vibration. Le mouvement de vibration permet de mesurer l'aimantation de l'échantillon via la tension induite par ce phénomène.

Grâce à ces cycles d'hystérésis, plusieurs paramètres peuvent être mesurés : l'aimantation à saturation ( $M_s$ ), l'aimantation rémanente ( $M_r$ ) et le champ coercitif ( $H_c$  qui correspond un champ magnétique nécessaire pour désaimanter complètement l'échantillon). **Ces paramètres peuvent ensuite être combinés pour être reliés à la taille des grains magnétiques et à leur origine** (ex : combustion, freinage etc). Pour en savoir plus : vous pouvez lire [l'article scientifique de Letaïef et al.](#)

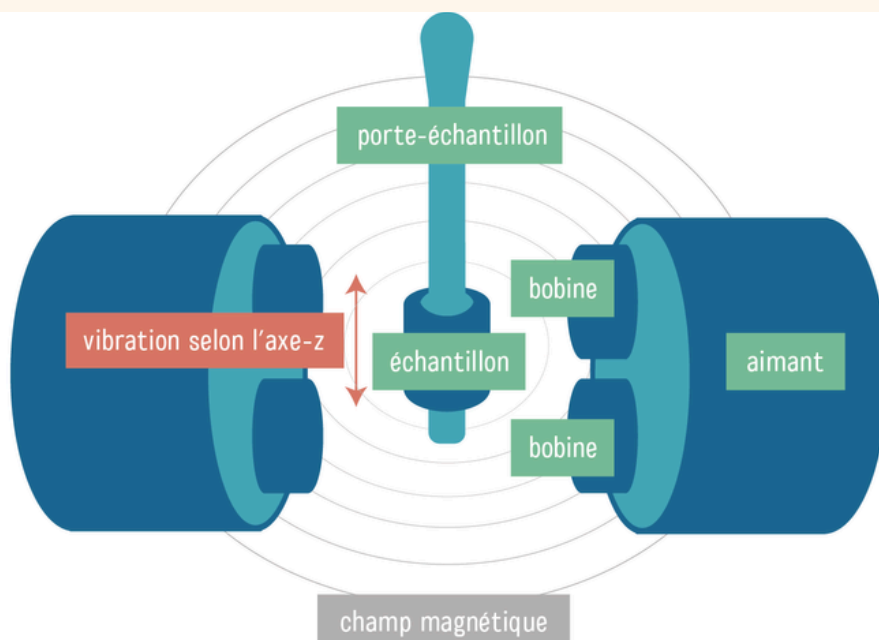


Schéma 3 : Représentation d'un VSM. Réalisée par Laetitia Brevet.

1. Une partie de l'échantillon est broyée grâce à un moulin à farine automatique ou manuellement à l'aide d'un mortier en agate, ce qui prend plus de temps mais permet d'éviter toute contamination. Dans tous les cas, le matériel doit être nettoyé entre chaque échantillon pour ne pas contaminer les prochains.
2. Une gélule vide est préalablement tarée sur une balance au microgramme et ensuite la gélule est remplie avec l'échantillon broyé. Dans tous les cas, elle doit être assez remplie pour que la poudre ne bouge plus sous les vibrations de l'appareil de mesure, le VSM (vibrating-sample magnetometer en anglais). Après avoir tassée et complètement remplie la gélule, elle est pesée sur la même balance.

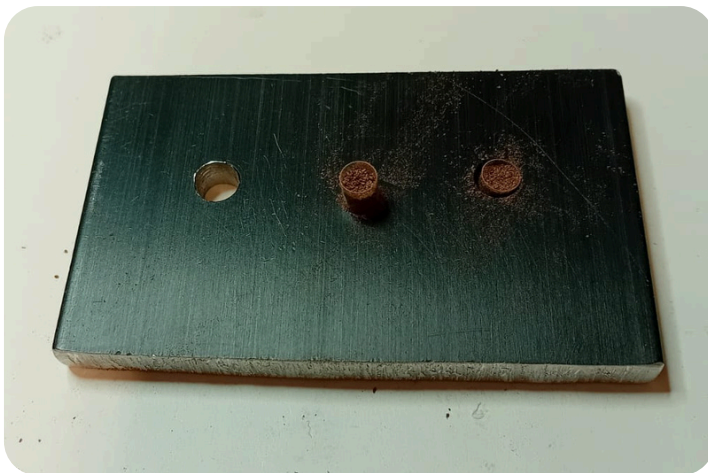


Photo 1 : Compartiments d'une gélule remplis par l'échantillon.

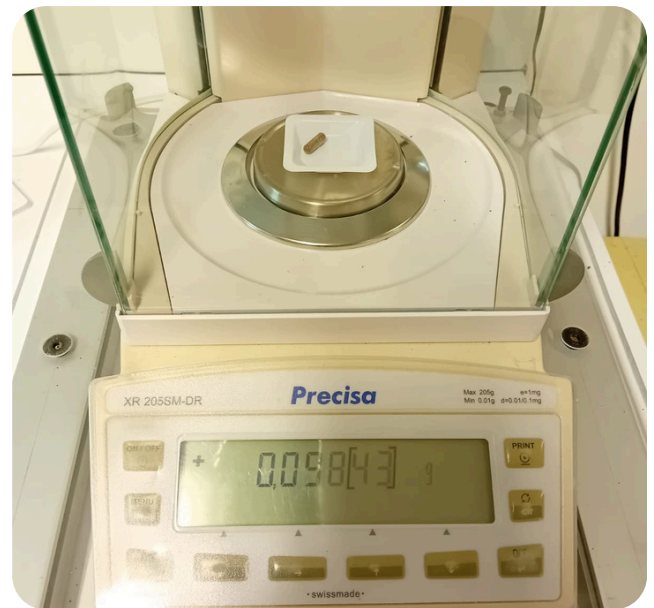


Photo 2 : Pesée d'une gélule remplie

3. Les gélules sont insérées à l'extrémité de pailles en plastique permettant de placer les échantillons à mesurer au centre des bobines de détection du VSM.



Photo 3 : Gélule au bout d'une paille en plastique.

4. L'appareil nécessite avant son utilisation, d'être préparé, paramétré en fonction de la mesure et calibré à l'aide du standard dont la valeur est connue et fixe. En effet, des changements de conditions environnementales comme la température peuvent induire des différences dans le champ mesuré.
5. Chaque échantillon est placé de la même manière, au centre du champ magnétique et les mesures sont faites plusieurs fois.

6. De même que pour la susceptibilité magnétique, les mesures d'hystérésis magnétique d'un échantillon sont moyennées, on y soustrait ensuite la valeur du "blanc" et on divise ensuite cette valeur par la masse d'écorce qui a été mesurée auparavant.

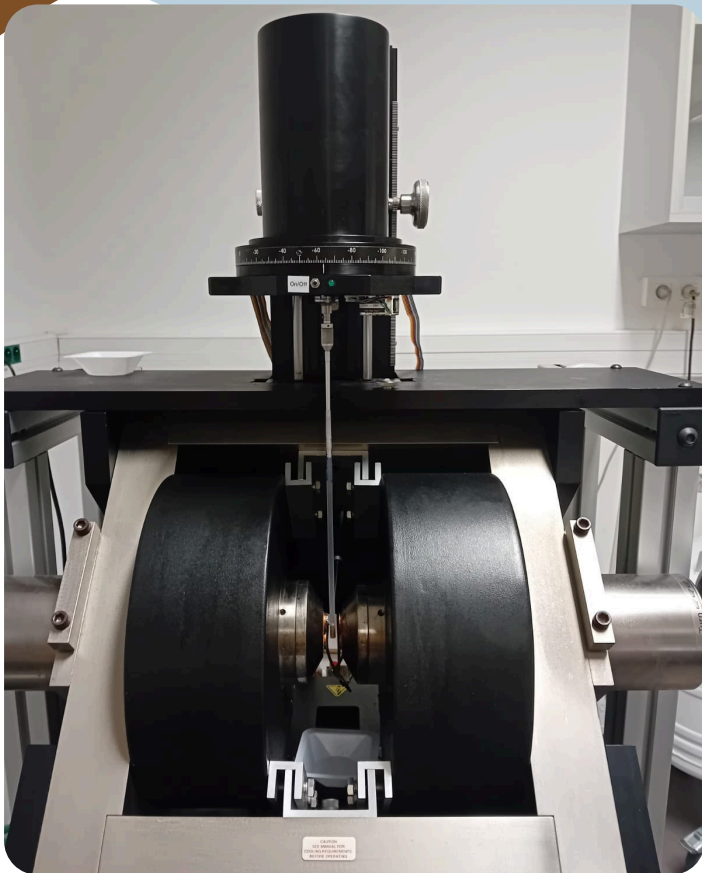


Photo 3 : Montage de la gélule dans le VSM pour la centrer.

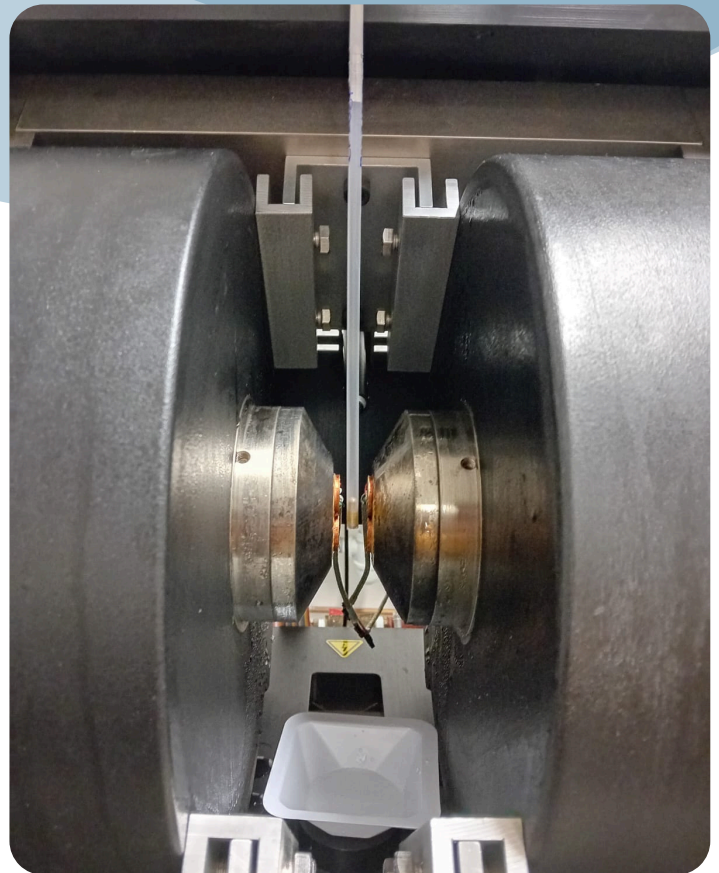


Photo 4 : Gros plan sur le montage de la gélule dans le VSM.

### Crédits.

Texte et photos : Caroline Li

Correction : Claire Carvallo, Laure Turcati, Christine Franke, 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.