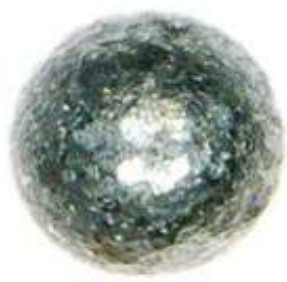
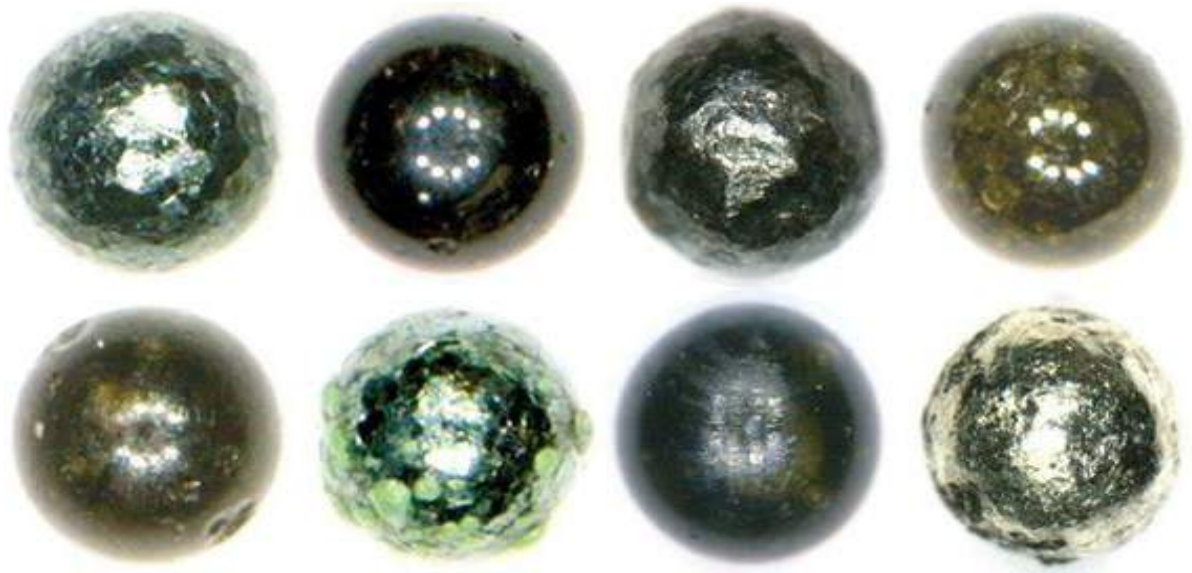


À La Recherche De Poussières Célestes



ministère
éducation
nationale
jeunesse
vie associative

lycée
Jacques de Vaucanson

académie
d'Orléans-Tours

académie
Orléans-Tours

Éducation
nationale

Sciences à l'École

C.gEnial
Fondation pour la culture
scientifique et technique

Région
Centre-Val de Loire

MAMC[®] EN SCIENCES

Sommaire

<u>Introduction</u>	p3
I) <u>Échelle macroscopique</u>	p4
1) <u>Recherche dans les sables de Loire</u>	p4
2) <u>Recherches dans les eaux de pluie</u>	p5
a) <u>Dispositif permettant de « filtrer » l'eau de pluie</u>	p6
b) <u>Récupération du dépôt présent dans les gouttières</u>	p10
II) <u>Échelle microscopique</u>	p13
1) <u>Observations à la loupe binoculaire des échantillons récoltés dans le sable de Loire.</u>	p13
2) <u>Observations à la loupe binoculaire des échantillons récoltés dans l'eau de pluie.</u>	p14
III) <u>Échelle Nanométrique</u>	p16
1) <u>Principe de fonctionnement du microscope électronique à balayage (MEB)</u>	p16
2) <u>Analyse de nos candidats</u>	p18
a) <u>Images de surface des particules</u>	p18
b) <u>Analyse de la composition des particules</u>	p19
<u>Conclusion</u>	p22
<u>Sitographie</u>	p23
<u>Bibliographie</u>	p23
<u>Remerciements</u>	p24

Introduction :

Nous avons assisté dans le cadre de la Fête de la Science en début d'année à une conférence sur les météorites. Celle-ci nous a appris qu'il tombait sur Terre entre 20 000 et 40 000 tonnes de poussières extraterrestres par an. Cela n'est qu'une estimation et il est difficile de prouver que ces chiffres sont proches de la réalité ou non. Ce qu'il semblait possible d'affirmer est qu'il tombe assez de micrométéorites pour que nous puissions en récolter.

Dans un premier temps, nous devons rappeler ce que l'on appelle météorites : il s'agit d'un objet du système solaire plus petit qu'un astéroïde mais suffisamment volumineux pour que son entrée dans l'atmosphère ne le désintègre pas totalement par fusion. Ceux dont la taille est comprise entre $1\mu\text{m}$ et 1mm sont appelés micrométéorites.

Nous nous sommes alors posés la question suivante : *Comment vérifier la présence de micrométéorites sur Terre ?*

Nous exposerons la réponse à cette question en trois parties, en traitant tout d'abord de nos observations à l'échelle macroscopique, puis nous exposerons nos observations à l'échelle microscopiques pour enfin aborder celles que nous avons faites à l'échelle nanométrique.

D) Échelle macroscopique

La première étape de notre projet fut la récolte des poussières que nous voulions observer et analyser. En effet, la petite taille de ces dernières ainsi que la rareté de leur présence rendent leur capture une activité complexe.

Nous avons donc eu recours à différentes méthodes afin de parvenir à nos fins.

1) Recherche dans les sables de Loire

Compte tenu de la petite taille des particules que nous cherchons à récupérer, nous pouvons les considérer comme des poussières. Or, nous savons que de nombreuses particules de petites tailles, tout comme celles auxquelles nous nous intéressons, se retrouvent en suspens dans l'air, transportées par le vent.

Nous savons également que la pluie entraîne avec elle de nombreuses poussières en suspens dans l'air. Ces dernières se retrouvent alors sur le sol.

Nous avons donc supposé que le sable serait un endroit propice à la récolte de micrométéorites, puisqu'il est simple de récupérer des particules provenant de profondeurs différentes, et donc d'époques différentes. Tout laisse à supposer que le sable de la Loire soit riche en micrométéorites. Nous en avons récolté cinq litres, provenant de profondeurs différentes.

Suite à nos recherches concernant les micrométéorites, nous avons découvert que la majeure partie est attirée par des aimants, car elles sont composées de matériaux ferromagnétiques, dont souvent une couche de magnétite. Nous avons donc eu recours à un aimant pour essayer de récupérer ce que nous cherchions. Nous avons étalé chaque litre de sable dans des bacs séparés afin de passer un aimant au dessus de celui-ci. De nombreuses particules de couleur grise furent attirées par l'aimant.



Particules ferromagnétiques extraites du sable

Nous les observerons sous une loupe binoculaire dans la prochaine partie, mais leur importante quantité laisse supposer que ce ne sont pas des micrométéorites.

Suite à cette récolte peu satisfaisante, nous avons procédé à de nouvelles recherches.

2) Recherches dans les eaux de pluie

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les poussières en suspens dans l'air sont entraînées jusqu'au sol par les gouttes d'eau lorsqu'il pleut. Nous avons donc cherché des moyens de récolter l'eau de pluie afin de la filtrer et de récupérer les poussières entraînées.

a) Dispositif permettant de « filtrer » l'eau de pluie

Nous avons installé une bâche d'une surface de 10m² sur des piquets en bois à une hauteur d'environ 0,70m du sol et y avons percé un trou au centre afin que l'eau tombant sur la bâche puisse être évacuée par une bouteille en plastique coupée sur laquelle nous avons fixé trois aimants. Les particules, attirées par les aimants, se fixent donc sur les parois de la bouteille. Il nous a fallu envisager tous les scénarios possibles :

- Soit une pluie forte, dans le quel cas un moins grand pourcentage des particules seront récoltées
- Soit une petite bruine, augmentant le pourcentage de récolte mais diminuant sûrement le nombre total de poussières entraînées par la pluie.

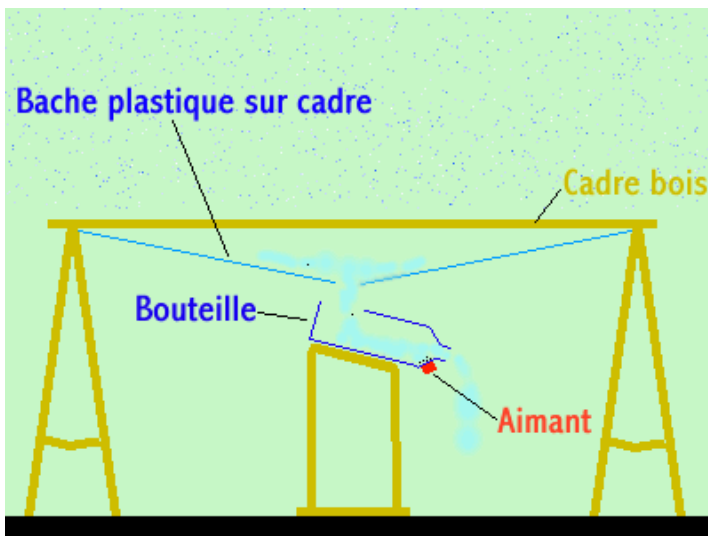


Schéma de l'installation

Nous avons suivi ce modèle en ajoutant quelques modifications. Cependant le principe et les attentes restent identiques.

Nous avons eu quelques problèmes avec l'installation.

La bâche s'est détendue constamment, à cause de sa masse importante (10kg) ainsi que la masse de la pluie qui tombait dessus. Ainsi de petits bassins se sont formés dans la bâche, nuisant au bon écoulement de l'eau. Nous avons donc dû compenser ces crevasses en plaçant des supports sous la bâche. Nous pouvons conclure que nous n'avons pas utilisé le bon type de bâche.

Aussi, l'installation ayant essuyé quelques pluies et vents violents, nous avons dû réparer l'attache de la bouteille à la bâche.



Installation finale

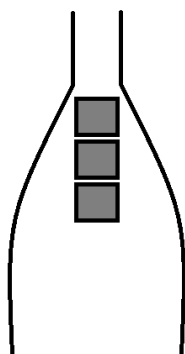
- Choix de la bâche :

L'idéal aurait été d'utiliser un toit et de placer un aimant à la sortie d'une gouttière. Cependant, de nos jours, les gouttières déversent l'eau directement dans le sol. Il nous était donc impossible de réaliser cette installation. Nous avons donc cherché à avoir une surface d'une taille correspondant à un pan de toit, mais nous étions limités par les contraintes physiques de l'installation. En effet, la bâche ne devait excéder un poids soutenable par le cadre en bois. Nous avons donc utilisé une bâche d'une surface de 10m², utilisée pour recouvrir des bassins extérieurs. Elle est donc imperméable.

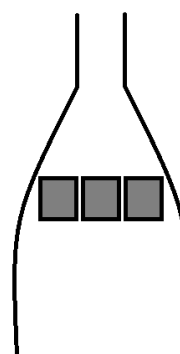
- Choix des aimants :

Pour finaliser l'installation, nous avons procédé à un test de rendement afin de déterminer la meilleure manière de placer les aimants sur la bouteille. Nous avons émis deux hypothèses, selon les deux placements : à l'horizontale ou à la verticale. Nous avons prélevé 20 magnétites que nous avons mélangées avec de l'eau et nous les avons versées dans la bouteille de deux façons :

- avec un haut débit
- avec un faible débit



Hypothèse 1 : Aimants à la verticale
Fort débit:13 particules
Faible débit:17 particules



Hypothèse 2 : Aimants a l'horizontale
Fort débit:7 particules
Faible débit:13 particules

Suite à cette expérience, nous avons choisi de placer les aimants à la verticale car nous observons moins de pertes à fort et faible débits que lorsque l'on place les aimants à la l'horizontale.

Afin de déterminer la taille des aimants qui serait préférable d'utiliser pour optimiser les résultats de la récolte, nous avons procédé au même test avec des aimants plus petits (cubes de 5mm de côté) mais de même puissance, soit un champ magnétique de 42 Newton. Les résultats quasiment nuls de cette seconde expérience (entre 0 et 4) nous ont bien montrés que la taille était un facteur à prendre en compte pour la récolte des météorites.

Dans un troisième temps, nous avons réitéré l'opération, mais cette fois-ci, avec des aimants de dimension semblable aux premiers, mais avec un champ magnétique plus faible. Encore une fois, les particules restées collées étaient très peu nombreuses. (entre 0 et 3) Cette expérience nous a donc démontré que moins l'aimant est puissant, moins ses chances d'attraction de magnétites sont grandes.

b) Récupération du dépôt présent dans les gouttières

Afin d'optimiser les chances de réussite d'obtention de particules susceptibles d'être des micrométéorites, nous avons cherché un autre moyen d'en récolter. Étant donné que les gouttières ménagères sont habituellement recouvertes d'une couche de détrit, nous avons cherché à en prélever un échantillon. Nous avons émis l'hypothèse suivante : La couche de poussières qui recouvre le fond des gouttières ménagères contient des particules ferromagnétiques.

Afin de prélever cette poussière, nous avons utilisé un gobelet en plastique pour racler le fond de la gouttière. Le temps ayant été pluvieux, il y avait une quantité importante d'eau



Gouttière

Nous avons ensuite mélangé ce que nous avons récupéré à du détergeant afin de séparer les particules collées entre-elles contenues dans l'eau.

Puis, nous avons grossièrement tamisé ce mélange pour retirer les particules les plus grosses et les déchets ne présentant aucune chance d'être des micrométéorites.

Nous avons filtré la solution obtenue en utilisant des filtres à café, que nous avons fait sécher sur des radiateurs. Ainsi, nous avons séparé les particules de l'eau pour pouvoir passer un aimant dessus et observer celles d'entre elles qui sont ferromagnétiques afin de les observer par la suite pour y trouver de potentielles micrométéorites.



Filtration du mélange

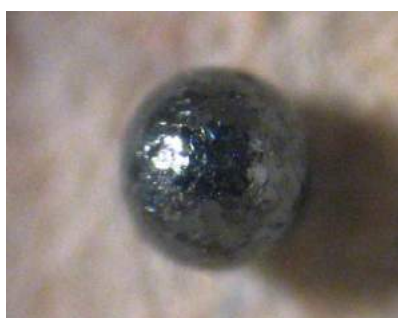
Ces deux techniques de récolte utilisant l'eau de pluie ont révélé un nombre de particules trop important pour qu'elles soient toutes des micrométéorites, cependant il y a de fortes chances que de telles poussières se trouvent parmi elles.

II) Échelle microscopique

Afin d'étudier plus précisément les échantillons récoltés, nous les avons examinées à la loupe binoculaire afin de procéder à un tri en séparant les particules qui avaient un aspect physique semblable à celui des micrométéorites des déchets ferromagnétiques.

1) Observations à la loupe binoculaire des échantillons récoltés dans le sable de Loire.

Les particules récoltées ne possèdent pas de ressemblance avec les micrométéorites qui sont caractérisées par leur forme de sphérule et leur surface lisse due, nous le rappelons, à leur entrée dans l'atmosphère qui produit une fusion comme ci-dessous:



Micrométéorite

Nous observons également des particules métalliques ferromagnétiques incorporées aux pierres dont la présence nous permet de décrier que ce que nous avons récolté est ce que l'on appelle de la magnétite.

La magnétite est un minéral ferromagnétique qui peut être trouvé naturellement sous forme de cristaux au sein de roches éruptives. Étant donné que la Loire prend source dans le massif central, en Ardèche, où se trouvent de nombreux volcans, il est donc tout à fait normal de retrouver de la magnétite dans le sable de Loire.

Cela n'est néanmoins pas le résultat que nous espérons, car l'aimantine masque les micrométéorites potentiellement présentes dans l'échantillon.



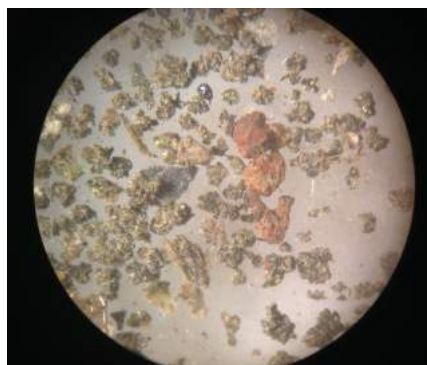
Particules de fer caractéristiques de la magnétite

Penchons nous alors sur nos deux autres récoltes.

2) Observations à la loupe binoculaire des échantillons récoltés dans l'eau de pluie.

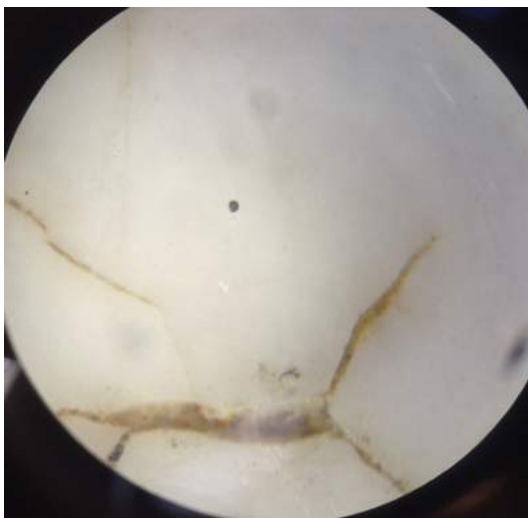
Suite à la conclusion décevante que nous avons tirée après notre première observation à la loupe binoculaire, nous avons donc procédé à des recherches dans les particules obtenues grâce à l'eau de pluie.

Voici ce à quoi elles ressemblaient :



Particules provenant de la gouttière (x40)

Nous avons dû passer toutes ces poussières au peigne fin afin de repérer d'éventuelles micrométéorites. Après une recherche acharnée de deux heures, voici ce que nous avons trouvé :



Potentielle micrométéorite 1 (x40)

III) Échelle Nanométrique

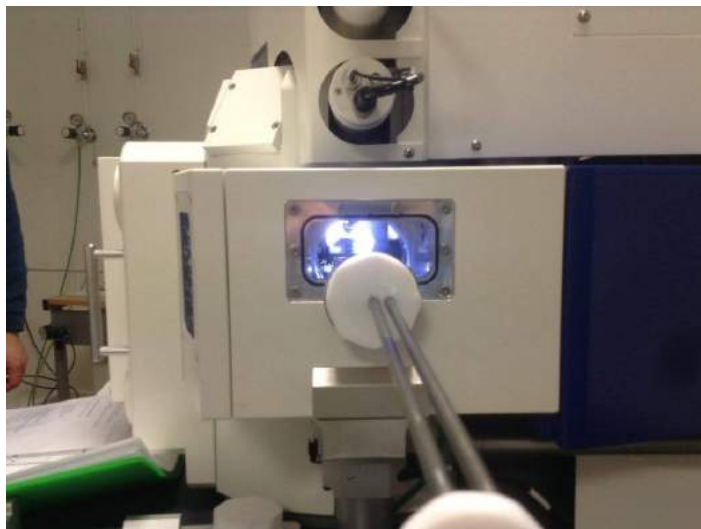
Dans cette troisième et dernière partie, nous traiterons des résultats que nous avons obtenus en observant les particules semblant être, à l'œil nu, des micrométéorites, et les interpréterons afin de déterminer si ce que nous avons récolté s'agit bien de particules extraterrestres ou non.

Les éléments nous permettant de fortement supposer qu'un élément est de provenance extraterrestre sont les suivants :

- La présence d'une couche de magnétite recouvrant entièrement ou partiellement la particule, due à la chaleur causée par l'entrée dans l'atmosphère (Toppani et al. 2001; Toppani and Libourel 2003)
- La présence de fer contenant du nickel

1) Fonctionnement du microscope électronique à balayage (MEB) :

Nous sommes donc entrés en contact avec la faculté de médecine de Tours, qui possède un microscope électronique à balayage.

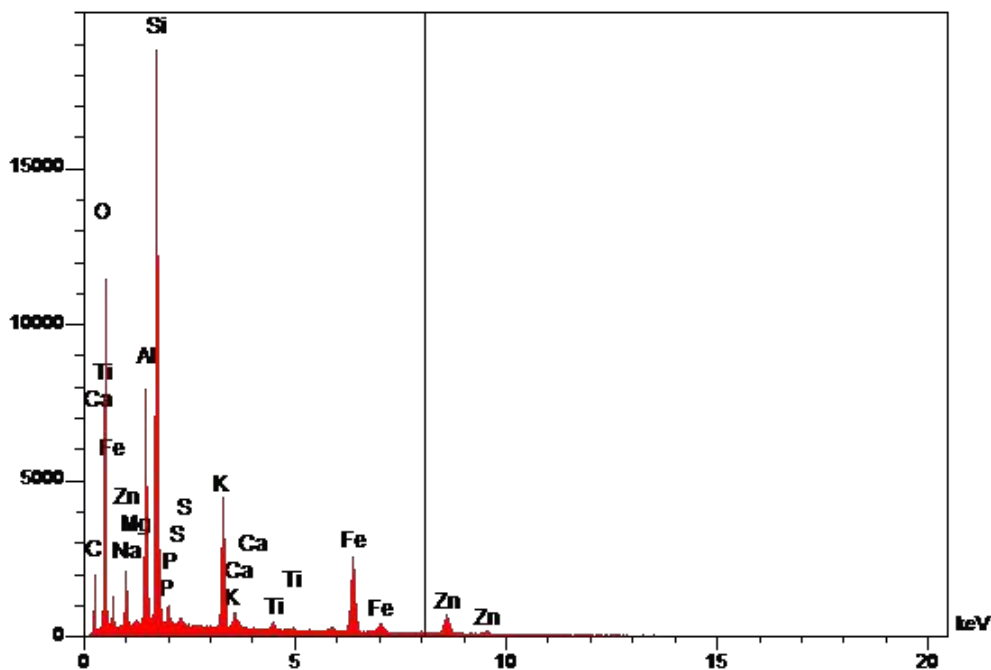


Microscope Electronique à Balayage

Celui-ci nous permettra d'obtenir une image à un grossissement supérieur que celui des loupes binoculaires, et de déterminer la composition des particules que nous avons récoltées. L'observation optique d'échantillon est limitée par le phénomène de diffraction. Le MEB accélère des électrons qu'il envoie sur la particule afin de remédier à ce problème. Ceux-ci ballaient l'échantillon, rendu conducteur en ayant été recouvert d'une couche de carbone, sous forme de faisceau. Le contact entre les électrons et l'échantillon provoque la formation d'électrons secondaires qui permettent d'obtenir une image en relief virtuelle. L'émission de rayons X résulte aussi de cette interaction. Ainsi, un capteur de rayons X permet d'obtenir un spectre d'émission et donc et d'obtenir la composition de l'échantillon.

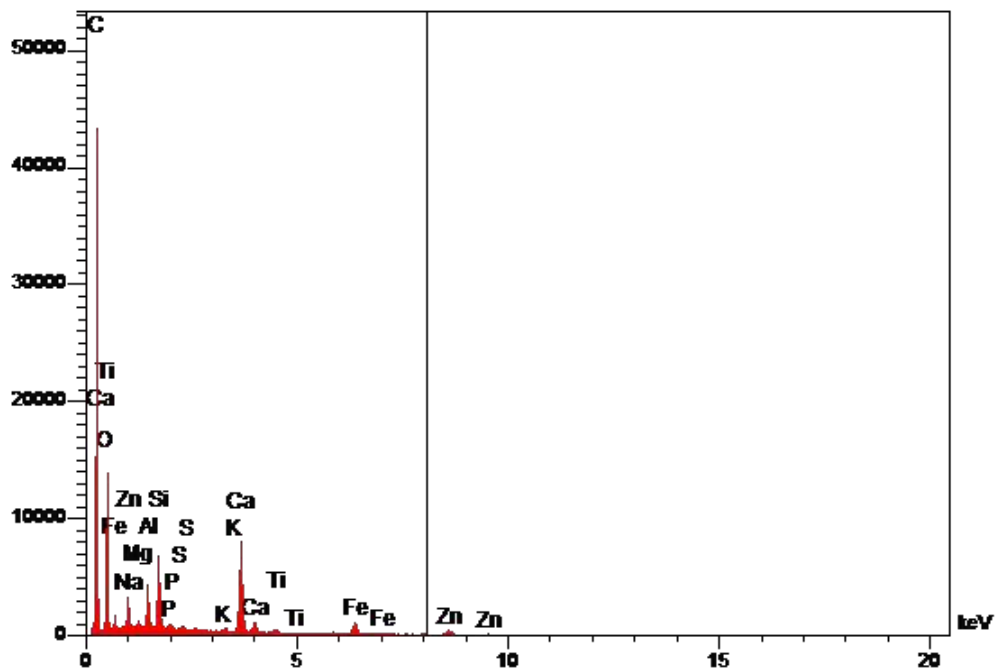
b) Analyse de la composition des particules

Composition de l'échantillon témoin :



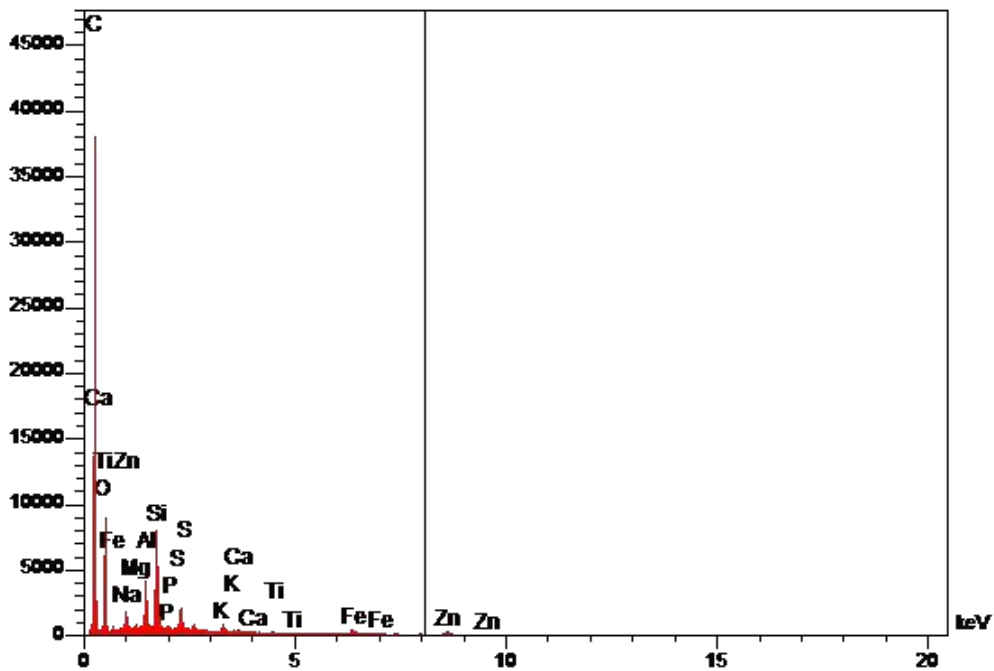
Cette analyse montre une forte concentration en Silicium et en Titane ainsi qu'un peu de Fer et de Zinc.

Composition de « Hugo » :



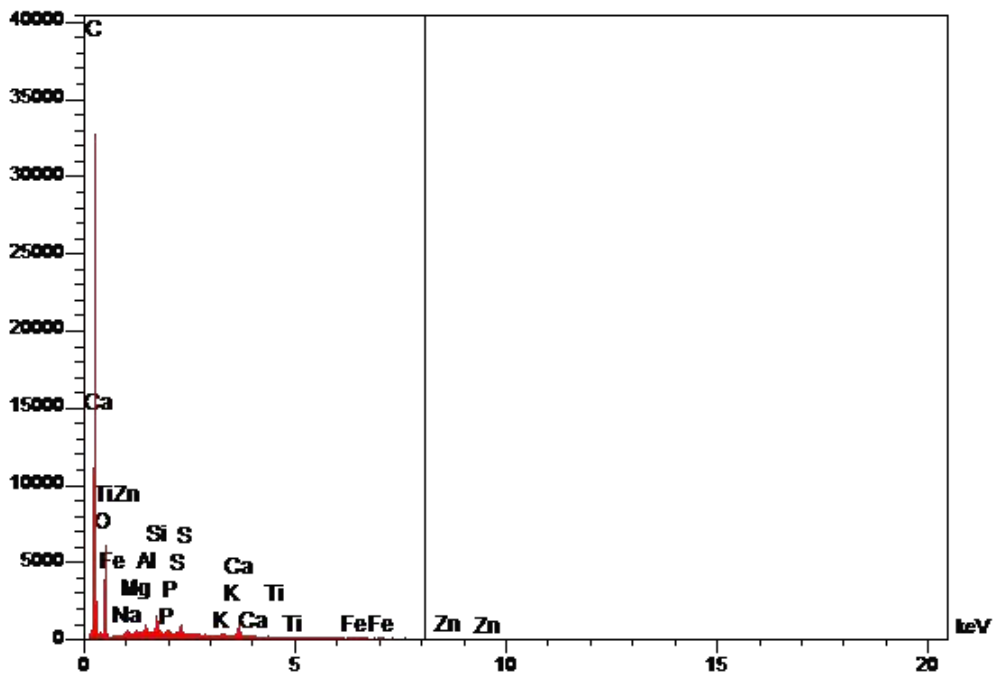
Le graphique nous montre que l'échantillon est composé de titane de fer et de zinc en surface .

Composition de « Rohan » :



Ce graphique nous montre que l'échantillon nommé « Rohan » est composé de zinc ,de titane , d'aluminium et un peu de fer.

Composition de « Anton » :



Ce graphique nous montre que l'échantillon « Anton » est faiblement composé de fer , de titane et de zinc.

Ces observations nous ont donc menés à la conclusion suivante : les particules que nous avons récupérées, malgré une forte ressemblance physique avec les micrométéorites, ne présente pas une composition qui nous permet d'affirmer qu'elles proviennent bel et bien de l'espace.

Néanmoins, cette technique d'analyse présente une contrainte. En effet, nous ne sommes pas sûrs de la profondeur qu'atteint le rayon. Nous ne pouvons donc pas être sûrs de la composition de l'intérieur des particules. Celles-ci étant d'une taille de 50 à 100 micromètres, nous n'avons pas les moyens de les couper en deux afin d'en exposer l'intérieur.

En revanche, des recherches nous ont révélées l'existence de matière extraterrestre appelée chondrite provenant d'astéroïdes. Certaines d'entre elles sont composées d'inclusion minérale composée de calcium et d'aluminium. Ce sont des roches silicates (composées principalement de silicium), ce qui compose la plupart des roches de notre planète. Nous pouvons donc émettre une hypothèse sur la classification de nos échantillons. Ils pourraient être terrestres ou extra-terrestres.

Conclusion

Après avoir cherché et appliqué divers méthodes pour récolter des particules ferromagnétiques susceptibles d'être des micrométéorites, nous en avons récupéré un nombre important. Cependant, ce nombre fut bien trop important pour qu'elles soient toutes des micrométéorites. Un grand travail de recherche s'en est suivi afin de repérer et d'isoler les poussières présentant une ressemblance physique avec les micrométéorites que nous cherchions. En ayant repéré quelques-unes, nous les avons observées au microscope électronique à balayage afin de les regarder d'encore plus près et d'en analyser la composition. Leur apparence, même à cette échelle, nous laissait supposer que nous avions récolté ce que nous cherchions. Néanmoins, lorsque nous avons obtenu la composition des trois candidats, elle nous a prouvé le contraire. En effet, la forte composition de calcium et la faible présence de fer et de nickel laissent à croire que les particules ne provenaient pas de l'espace. Nous ne pouvons malgré tout pas en faire une affirmation, ayant appris l'existence de particules extra-terrestres appelées « chondrites » qui peuvent présenter une composition semblable à celle de nos échantillons.

Nous n'avons donc pas pu prouver comment vérifier la présence de micrométéorites sur Terre, n'en ayant pas trouvé. Cependant, nous espérons que des recherches plus longues pourraient aboutir à une réponse à cette problématique.

Sitographie :

- La page Facebook de Jon Larsen :

<https://www.facebook.com/micrometeorites/timeline/story?ut=43&wstart=1420099200&wend=1451635199&hash=-5921881180900791126&pagefilter=3>

- Le site supermagnete :

<http://www.supermagnete.fr/>

- <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/maps/article/viewFile/15566/15554>
- <http://remf.dartmouth.edu/micrometeorites/>
- <http://rondi.pagesperso-orange.fr/techoueyre/micrometeor.htm>
- <http://www.biophyresearch.com/technique-analyse/microscopie-electronique-a-balayage/>
- <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dico/d/biologie-microscope-electronique-balayage-7783/>

Bibliographie :

- La thèse sur les micrométéorites du chercheur Pierre-Ivan Raynal
- La conférence « Météorites: quand le ciel nous tombe sur la tête » d'Auriane EGAL au Lycée Descartes .
- Dictionnaire de géologie d'Alain FOUCAULT

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier nos professeurs de TPE M. Emmanuel THIBAUT et Mme. Séverine LETISSIER pour leur soutien et leur conseils qui nous ont permis de réaliser notre TPE d'une manière structurée. Nous les remercions également pour les différents services qu'ils nous ont rendus tels que des déplacements ainsi que l'obtention de matériel et de contacts qui nous ont aidé à l'avancement de ce projet.

Dans un second temps, nous voulons remercier l'astrophysicien Pierre ENCRENAZ, qui nous a présenté ce sujet, et nous a prodigué des informations provenant de ses propres recherches. C'est grâce à lui que la machine s'est mise en route et sur les bons rails.

Nous remercions M. Raymond NOWAK, chercheur scientifique à l'INRA du CNRS à Nouzilly, pour son aide élémentaire lors de la construction du dispositif de capture de poussières ferromagnétiques.

Nous remercions aussi Mme. Sonia GEORGEAULT et M. Pierre-Ivan REYNAL de la Faculté de Médecine de Tours, de nous avoir fourni l'accès à un microscope électronique à balayage ainsi que de précieuses informations sur celui-ci et sur les micrométéorites en soi.

Enfin, nous voulons remercier M. Jon LARSEN, chercheur norvégien à l'origine du projet de recherche « Project Stardust », qui a pu nous éclairer à de nombreuses reprises, travaillant sur les micrométéorites depuis 2008. Nous nous sommes beaucoup inspirés de ses recherches et apprécions la volonté de nous aider dont il a témoigné lorsque nous sommes rentés en contact avec lui.