

Accompagnement de 2 classes de CM, école Colucci, Metz, autour de la solubilité

**Du côté de l'accompagnatrice
Edith Antonot (edith.antonot at gmail.com)**

A l'occasion d'une activité autour du bicarbonate de sodium réalisée dans les classes de CM de l'école Colucci à Metz en octobre 2023 pour la fête de la science, j'ai proposé aux enseignantes d'inscrire leurs classes au concours de croissance cristalline organisé par l'université de Lorraine et de les accompagner lors de plusieurs séances consacrées à la solubilité puis lors de séances spécifiques au concours.

J'ai discuté avec les enseignantes du nombre et du contenu des séances afin de n'introduire qu'une notion nouvelle lors de chaque séance sur la solubilité. Les séances duraient de 35 à 45 min, complétées éventuellement par les enseignantes avec les enfants pour la réalisation de schémas et par moi-même pour le chauffage de solutions de sulfate de cuivre dans la salle de classe pendant que les enfants faisaient d'autres activités (pour les séances consacrées au suivi de la croissance des cristaux de sulfate de cuivre).

Ces 10 séances de sciences expérimentales se sont déroulées à raison d'une séance par semaine du 22 janvier au 15 avril.

Les produits nécessaires aux séances sur la solubilité (eau déminéralisée, sel, sucre, farine) ont été pris en charge par l'école, le sulfate de cuivre pentahydraté (un peu plus de 1 kg par classe) a été fourni par le laboratoire de Cristallographie, Résonance Magnétique et Modélisations (CRM2) associé à l'Université de Lorraine et au CNRS, situé à Nancy et organisateur du concours.

J'ai amené du matériel spécifique (éprouvette graduée, bécher, loupe, balance au centigramme, microscope USB, agitateur magnétique chauffant) pour ces séances.

Le fait d'être à 2 adultes pour encadrer ces séances (l'enseignante de la classe et moi) a permis de faire travailler les élèves en 8 à 10 petits groupes de 2 à 3 élèves, malgré un effectif de 21 à 25 élèves par classe.

C'est avec un grand plaisir que je retrouvais de semaine en semaine des élèves curieux, enthousiastes et qui ont rapidement acquis ce vocabulaire nouveau (protocole, éprouvette graduée, bécher... et même solution sursaturée) d'une séance à l'autre.

Par exemple, lorsqu'un élève faisait une erreur en indiquant que le sel ou le sulfate de cuivre avait « fondu » dans l'eau, rapidement un autre rectifiait et indiquait qu'il s'était dissous.

**Du côté des enseignantes
Karine Rousse et Anne-Elisabeth Mabileau**

Les élèves ont été ravis de s'initier à la démarche scientifique et de pouvoir vivre de vraies expériences de chimie.

Ils ont pu suivre des protocoles, manipuler (ce que je ne peux pas faire en classe entière), observer les résultats de leurs expériences et rédiger leurs conclusions.

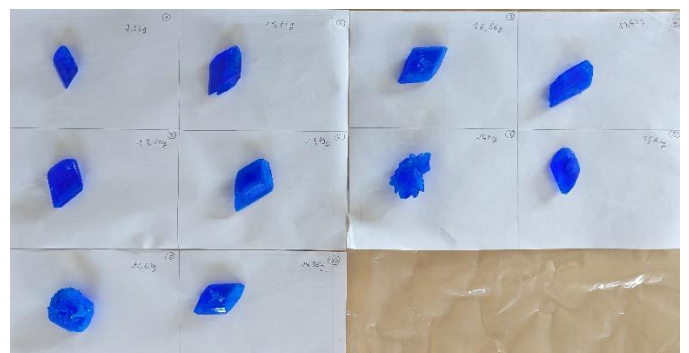
Enseignante, j'ai pu me reposer sur les compétences d'Edith, ses préparations et son travail. Encore merci à Edith, c'était clé en main. Quelle chance pour nous !



Réalisation de schémas lors de la 1^{ère} séance



Gros plan sur un cristal de sulfate de cuivre en croissance...avec quelques irrégularités



Les cristaux de sulfate de cuivre obtenus dans une des classes

Le déroulement de l'accompagnement

Séances consacrées à la notion de solubilité

Séance 1 : peut-on mélanger des solides avec l'eau ?

Faire nommer des liquides et solides utilisés en cuisine et demander si tous les solides se mélangent avec l'eau.

Fournir à chacun des groupes de 2 ou 3 élèves un panier contenant les solides à étudier (farine, sucre, sel) dans des boîtes étiquetées, 3 gobelets n° 1 à 3, 1 cuillère à moka, 3 agitateurs à café, une éprouvette graduée (en précisant son nom et son rôle) et un récipient poubelle.

Demander de proposer une expérience puis mettre en commun les propositions en guidant les enfants afin de proposer des expériences reproductibles (volume d'eau mesuré, quantité de solide mesurée).

Fournir à chaque élève le protocole de la première expérience (expliciter ce terme, faire remarquer que, dans un protocole, les verbes sont à l'infinitif) ainsi qu'une pissette d'eau déminéralisée en expliquant pourquoi on choisit de l'eau déminéralisée.

Protocole (lu par différents élèves avant de faire les expériences, puis collé dans le cahier de découvertes)

- Mesurer **25 mL** (millilitres) d'eau déminéralisée à l'aide d'une éprouvette graduée. Verser cette eau dans le gobelet numéro 1.
- Faire de même pour les 2 autres gobelets (numéros 2 et 3).
- Prendre une cuillerée à moka rase de **farine**. Verser cette farine dans le **gobelet numéro 1, sans mouiller la cuillère. Bien refermer la boîte contenant la farine.**
- Mélanger avec un agitateur en bois.
- Observer.
- Essuyer la cuillère avec un peu d'essuie-tout puis faire la même expérience avec le **gobelet 2 et du sel.**
- Essuyer la cuillère avec un peu d'essuie-tout puis faire la même expérience avec le **gobelet 3 et du sucre.**
- Faire un schéma de chacune des 3 expériences et noter les observations.

Les observations sont mises en commun oralement. La différence entre fusion et dissolution est précisée en l'illustrant par l'observation de l'action d'eau chaude sur un morceau de sucre d'une part, sur un glaçon d'autre part (expérience faite par l'accompagnatrice).

Le schéma de l'expérience ainsi que la conclusion (ci-dessous) sont écrits au tableau (en mettant en évidence le vocabulaire spécifique à retenir) puis recopiés dans le cahier de découvertes des élèves.

La **farine ne se dissout** pas dans l'eau, elle n'est **pas soluble** dans l'eau : on obtient un **mélange hétérogène**.

Le **sucre et le sel se dissolvent dans l'eau**, ils sont **solubles** dans l'eau : on obtient un **mélange homogène** qu'on appelle une **solution**.

Séance 2 consacrée uniquement au sel : peut-on dissoudre autant de sel que l'on veut dans un volume d'eau donné et comment connaître la quantité dissoute ?

Faire rappeler les conclusions de la séance précédente. Si un élève indique que le sel a « disparu », faire goûter un peu d'eau du robinet avant et après l'ajout de sel.

Poser la question de la séance et demander de proposer un protocole en guidant si nécessaire les enfants vers l'idée d'utiliser une balance (on utilisera une balance de cuisine). Mettre en commun les propositions puis distribuer le protocole.

Protocole (lu par différents élèves avant de faire les expériences puis collé dans le cahier de découvertes)

- Prélever **25 mL d'eau déminéralisée** avec une **éprouvette graduée** et les verser dans un **gobelet** puis peser le gobelet avec l'eau. **La masse est deg (grammes).**
- Verser une première cuillerée rase de sel dans le gobelet et mélanger avec l'agitateur en bois. Verser une seconde cuillerée rase de sel dans le gobelet et mélanger avec l'agitateur en bois. Continuer ainsi jusqu'à ce que le sel ne se dissolve plus : **la solution est saturée. On a versé cuillerées de sel pour saturer 25 mL d'eau.**
- Peser le gobelet avec la solution saturée. **La masse pesée est deg .**
- Faire un schéma.

Conclusion : dans 25 mL d'eau, on peut dissoudreg de sel. Dans 100 mL d'eau, on pourrait dissoudreg de sel.

Les élèves trouvent comment obtenir la masse de sel dissoute dans 25 mL d'eau, puis, comme ils ont commencé à travailler sur la notion de proportionnalité, qu'il faut multiplier cette masse par 4 pour obtenir celle dissoute dans 100 mL.

Les résultats des différents groupes sont notés au tableau. Les valeurs de masse de sel pouvant être dissoute dans 25 mL d'eau varient de 5 à 10 g, ce qui n'est pas surprenant compte-tenu de la qualité des balances de cuisine et de la difficulté à estimer la saturation de la solution.

En fin de séance, le contenu de la moitié des gobelets est placé dans des bols laissés sur un rebord de fenêtre et le contenu des autres gobelets est placé dans un flacon fermé.

Un travail à la maison est demandé aux élèves pour la séance suivante : chercher dans leur cuisine sur un flacon de sel la nature du sel (sel fin, gros sel..), sa provenance, sa marque et sa composition, puis faire de même avec du sucre.

Séance 3 : récupération du sel dissous et observation de cristaux

Cette troisième séance commence par la mise en commun des résultats des élèves, en leur demandant s'ils savent d'où viennent le sel et le sucre qui sont dans leur cuisine.

Cette séance s'appuie sur un diaporama avec des photos de différents sucres, de canne à sucre et de betterave à sucre, de différents sels, d'un marais salant, d'une mine de sel gemme, de différents cristaux.

Pour répondre à la question « comment récupérer le sel dissous dans une solution ? », on observe tout d'abord les contenus des bols de la semaine précédente : il faut que l'eau s'évapore. A la question : comment faire pour éliminer plus vite l'eau, les élèves proposent de chauffer : l'expérience est faite (prof).

Des cristaux de sel différents (sel fin, gros sel, sel obtenu par évaporation lente de l'eau et sel obtenu par ébullition de l'eau) sont observés à l'œil puis à la loupe par les élèves (groupes de 2 ou 3 élèves) puis au microscope USB (relié à l'ordinateur + vidéoprojecteur). Les élèves remarquent des formes régulières (cube, pyramide).

La conclusion est construite collectivement puis notée dans le cahier de découvertes des élèves :

Pour éliminer l'eau d'une solution saturée de sel, il faut chauffer la solution ou laisser l'eau s'évaporer lentement. On obtient des cristaux qui ont des formes géométriques régulières (cube, pyramide).

On obtient les plus beaux cristaux en éliminant lentement l'eau.

Le sel provient de marais salants ou de mines (sel gemme).

Séances consacrées au concours de croissance cristalline

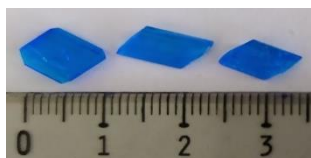
Séance 4 : présentation du concours de croissance cristalline et obtention d'amorces

Cette séance s'appuie sur un diaporama.

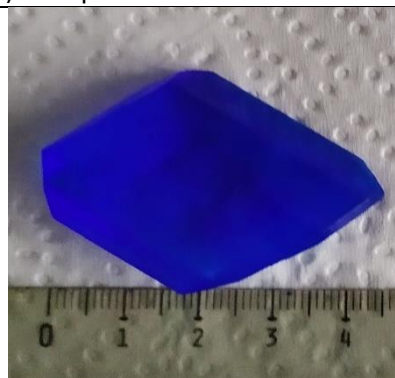
Le concours consiste à obtenir le plus beau monocristal de sulfate de cuivre à partir de 100 g de sulfate de cuivre de cuivre (il s'agit de sulfate de cuivre pentahydraté). La classe pourra envoyer les deux plus beaux monocristaux obtenus ainsi qu'un cristal original farfelu.

Durant la première séance les élèves prépareront des amorces puis dans les séances suivantes, ils feront croître ces amorces dans des solutions sursaturées de sulfate de cuivre et suivront la croissance de ces cristaux.

Les élèves éviteront de toucher le sulfate de cuivre avec leurs doigts et si par mégarde cela arrive, ils se laveront immédiatement les mains. Les adultes (accompagnatrice, enseignantes) manipuleront les cristaux avec des gants.



Amorces régulières en forme de losanges



Cristal après 3 semaines de croissance

4 expériences d'obtention d'amorces sont mises en œuvre (4 groupes procèdent à la pesée du sulfate de cuivre et 4 autres groupes ajouteront l'eau pour préparer les solutions).

Le protocole d'obtention des amorces est distribué avec les questions sur la solubilité.

Protocole (lu par différents élèves avant de faire les expériences puis collé dans le cahier de découvertes)

- Peser 10 g de sulfate de cuivre dans un petit bécher.
- Chauffer de l'eau déminéralisée à 50 - 60°C (fait par un adulte avec la bouilloire électrique).
- Prélever 25 mL de l'eau chauffée avec une éprouvette graduée.

- Verser l'eau dans le bécher en mélangeant avec une cuillère. Lorsque tout le sulfate de cuivre est dissous, verser la solution dans un récipient en verre.
- Demander à un adulte de placer le récipient sur un rebord de fenêtre.
- Prélever 2 à 3 fois dans la semaine, les plus beaux cristaux. Les essayer puis les stocker dans une boîte pour en faire des amorces.

Données de solubilité et questions

Température en degrés Celsius (°C)	Masse de sulfate de cuivre, en grammes, pouvant être dissoute dans 100 mL d'eau
0	25
20	36
40	54
50	64
60	78
80	120

1. Quelle masse maximale de sulfate de cuivre peut-on dissoudre à 20°C dans 25 mL d'eau ?
2. On dit, qu'à 20°C, la solution qui a été préparée pour l'obtention d'amorces est « sursaturée ». Expliquer ce mot et indiquer ce qui va se passer.

Comme les proportions ont été vues en cours, les élèves peuvent répondre aux questions posées.

Séance 5 : mise en place des expériences de croissance de cristaux de sulfate de cuivre

Les conclusions de la séance précédente sont rappelées en particulier le fait que si l'on dissout 10 g de sulfate de cuivre dans 25 mL d'eau chaude, on obtiendra par refroidissement à 20°C, une solution sursaturée.

Le protocole est distribué. La séance s'appuie sur un diaporama montrant les différentes étapes du protocole.

Dans chaque classe, 10 expériences sont mises en place à partir des amorces sélectionnées par les élèves et l'enseignante au cours de la semaine, chacune des expériences étant suivie au cours des différentes séances par le même groupe d'élèves.

Chaque amorce est attachée à un fil de pêche, lui-même tenu par un bâtonnet en bois (fait par un adulte).

Protocole (lu par différents élèves avant de faire les expériences puis complété et collé dans le cahier de découverte)

- Noter le numéro de l'expérience :
- Peser l'amorce sur la balance au centigramme : masse de l'amorce..... et la noter sur la feuille de suivi de l'expériences.
- Peser 100 g de sulfate de cuivre dans un pot en verre numéro.....et revenir à sa table.
- Demander à un adulte de verser 250 mL d'eau déminéralisée **chaude** dans le pot.
- Mélanger le contenu du pot à l'aide d'une cuillère.
- Appeler un adulte pour marquer le niveau du liquide et mettre le pot à refroidir dans une cuvette d'eau jusqu'à 25 °C.
- Sortir la solution refroidie, placer l'amorce au milieu de la solution, couvrir le pot de film étirable et le mettre dans une glacière ou un carton sans y toucher avant la séance suivante (fait par un adulte).
- Faire un schéma de l'expérience.

Remarque : on demandera également pourquoi il faut que la solution soit refroidie avant de placer l'amorce dedans.

Séances 6 à 9 : suivi de la croissance des cristaux

En début de séance 6, les objectifs du concours sont rappelés : obtenir le plus beau monocristal de sulfate de cuivre à partir de 100 g de sulfate de cuivre.

Les questions suivantes sont posées :

- la masse cristal peut-elle augmenter jusqu'à 100 g ?
- que faire si la masse du cristal n'augmente pas par rapport à la semaine précédente ?

Après quelques échanges, les élèves comprennent que si la masse du cristal n'augmente plus c'est que la solution n'est plus sursaturée donc qu'il faut dissoudre le sulfate de cuivre déposé au fond du pot et/ou éliminer un peu d'eau en chauffant la solution.


La séance 6 s'appuie sur un diaporama montrant des photos de différents essais ainsi que le suivi de l'expérience que sera amené à faire chaque groupe d'élèves.

- Sortir le cristal avec son fil et le support.
- Essuyer doucement le cristal.
- Peser le cristal, toujours **sans toucher le cristal avec les doigts**.
- Observer s'il y a un dépôt au fond du récipient.
- Compléter le tableau de suivi de l'expérience.

Date	Masse du cristal	Dépôt de sulfate de cuivre au fond du récipient (oui ou non)	Solution chauffée pour dissoudre le dépôt (oui ou non)

Lors des séances 7 à 9, le suivi des expériences est réalisé en parallèle à un autre travail en classe, chaque groupe venant peser le cristal qu'il suit et décider de ce qu'il faut faire (je me charge de la partie chauffage puis refroidissement des solutions de sulfate de cuivre).

Lors de la séance 9, j'indique que je laisserai comme souvenir à la classe une boule neigeuse.....à condition que les élèves m'indiquent le protocole à utiliser. Pour cela le document ci-dessous est distribué et le travail de mise au point du protocole par les élèves est guidé par l'enseignante tandis que j'encadre les élèves qui font le suivi de leur expérience de croissance de cristal.

	<p style="text-align: center;">Protocole de fabrication d'une boule neigeuse</p> <ul style="list-style-type: none"> • On colle le personnage sur le couvercle du récipient. • Pour 75 mL d'eau déminéralisée, on dissout 1 g d'acide benzoïque en chauffant doucement la solution. • Lors du refroidissement de la solution, il apparaît des cristaux d'acide benzoïque ressemblant à de la neige. • Lorsque la solution est revenue à la température ambiante, on verse la solution dans le récipient : il ne doit pas rester d'air dans le récipient ! • On ferme le récipient avec son couvercle : la boule neigeuse est prête. <p style="text-align: center;">Adaptation du protocole au récipient utilisé ici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour le récipient utilisé, comment déterminer le volume d'eau déminéralisée à mesurer ? Proposer un protocole. • Lorsque le volume d'eau est déterminé, calculer la masse d'acide benzoïque à peser puis à dissoudre.
--	---

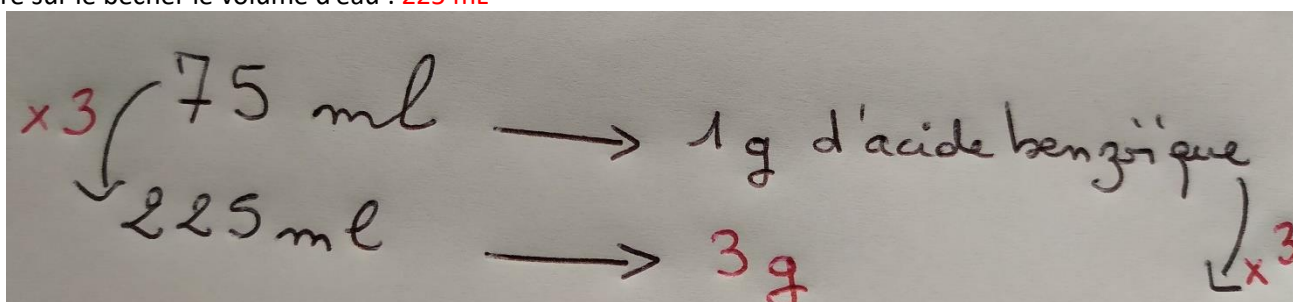
Séance 10 : choix des cristaux pour le concours et réalisation d'une boule neigeuse

Avant le début de la séance, je sors et pèse les cristaux obtenus. Chaque élève va ensuite voter pour désigner les 2 plus beaux cristaux et le cristal original. Ce choix est fait avec beaucoup de sérieux, les élèves étant très attentifs non seulement à la masse du cristal mais également à la régularité de sa forme et à sa transparence. Les votes sont comptabilisés et les cristaux ayant obtenu le maximum de vote sont retenus et envoyés aux organisateurs du concours. En fin de séance, je réalise, en utilisant un agitateur magnétique chauffant, la boule neigeuse qui restera dans la classe.

Réalisations des enseignantes en lien avec les activités sur la solubilité

Adaptation du protocole d'obtention d'une boule neigeuse

- Verser de l'eau dans le récipient à ras bord.
- Verser le contenu du récipient dans le bécher.
- Lire sur le bécher le volume d'eau : **225 mL**



Evaluation de sciences : s'appropriier et utiliser un lexique scientifique

Complète le texte à trous avec les mots ci-dessous :

cristaux, protocole, manipule, farine, conclusion, soluble, hétérogène, eau, solubles, pipette, solution, dissout, saturée, chauffer, lentement, géométriques, homogène, schéma, sursaturée, précis.

En sciences, pour vérifier ses hypothèses, on suit un _____, c'est comme une recette de cuisine, il faut lire les étapes les unes après les autres et être très _____ quand on _____ le matériel (bécher, _____, ...) et les substances (eau, sel, _____, sulfate de cuivre..).

Après les expériences, on fait souvent un _____, c'est un dessin simplifié sur lequel on met des informations et enfin, on note ses observations et sa _____.

Les conclusions de nos expériences :

La farine ne se _____ pas dans l'eau, elle n'est pas _____ dans l'eau : on obtient un mélange _____.

Le sucre et le sel se dissolvent dans l' _____, ils sont _____ dans l'eau : on obtient un mélange _____ qu'on appelle une _____.

Pour éliminer l'eau d'une solution _____ de sel, il faut _____ la solution ou laisser l'eau s'évaporer _____. On obtient des _____ qui ont des formes _____ régulières (cube, pyramide,...).

On obtient les plus beaux cristaux en éliminant lentement l'eau.

Si on dissout 9 g de sulfate de cuivre dans 25 ml d'eau à 20°C, on obtient une solution saturée. Avec 10 g, la solution est plus que saturée : « _____ » : une partie du sulfate de cuivre ne sera pas dissous.

Tracé du graphe d'évolution de la masse d'un cristal de sulfate de cuivre

(prochaine activité)