

## Introduction :

Titulaire d'un Master de l'ESPE (Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education) suite à des études scientifiques, j'ai eu l'occasion à plusieurs reprises de mettre en œuvre la démarche d'investigation dans la construction des savoirs des apprenants. C'est tout d'abord dans le premier degré, que j'ai été amenée à construire des séquences d'apprentissage en m'inspirant de la fondation « la main à la pâte ». Cette fondation basée sur la coopération scientifique vise à accompagner les enseignants dans leur pédagogie. L'objectif étant de proposer des situations d'apprentissage qui éveillent la curiosité des plus jeunes tout en développant leur esprit scientifique pour comprendre le monde qui les entoure. Depuis plusieurs années, c'est dans le second degré que je mets en place cette démarche scientifique qui rend l'élève acteur de ses apprentissages et qui contribue à approfondir sa culture dans le domaine des Sciences.

Dans cette partie du dossier, il sera question de présenter et d'analyser une séance menée en classe qui met en œuvre une tâche complexe pour résoudre un problème. Une tâche complexe mobilise des ressources internes, propres à l'élève : sa culture, ses capacités, ses connaissances, son expérience et des ressources externes qui peuvent être de différentes natures : des ressources documentaires, des protocoles, des fiches techniques, des aides méthodologiques, etc. Elle vise à davantage donner de sens aux apprentissages et permet à l'apprenant de mobiliser des connaissances, des capacités, des savoir-faire en situation, pour en développer de nouveaux.

Après avoir présenté le contenu et le déroulement de la tâche complexe mise en œuvre avec les élèves et en tenant compte de leurs réactions, de leurs productions, des difficultés rencontrées, il sera question d'analyser la séance menée et de proposer des remédiations possibles pour l'améliorer.

### 1. Le contexte de la séance :

Le travail présenté a eu lieu en Octobre 2021, avec une classe de première Baccalauréat Professionnel CGEH (Conduite et Gestion de l'Entreprise Hippique). La classe se compose de 32 élèves que je suivais déjà en Physique-Chimie en seconde. C'est un groupe dynamique et très volontaire. Un groupe de quatre à cinq élèves est en difficulté dans la matière et reste plutôt en retrait mais un autre petit groupe de quatre à cinq élèves est pertinent et moteur de la classe.

La séance présentée appartient au module d'enseignement général MG4 ayant pour objectif principal de « mobiliser des éléments d'une culture scientifique et technologique pour se situer et s'impliquer dans son environnement social et culturel ». Elle répond à l'objectif 3.1 « acquérir des savoirs et analyser des informations liées aux propriétés de l'eau et des solutions aqueuses » et permet de certifier la capacité C.4.3 « expliquer des faits scientifiques à l'aide des outils et des raisonnements de la physique et de la chimie » qui s'évalue en CCF (Contrôle en Cours de Formation) en deuxième année de Baccalauréat Professionnel.

## 2. Le scénario pédagogique :

La séance mise en œuvre s'est déroulée en deux temps. La première partie (55 min) a eu lieu en salle de classe avec le groupe complet. Il s'agissait d'un temps de réflexion, de recherche, au cours duquel les élèves étaient amenés à proposer par écrit, puis à présenter à l'oral, un protocole expérimental pour répondre à un défi posé. La deuxième partie du travail (55 min) a eu lieu quinze jours après et il s'agissait d'une séance de travaux pratiques en demi groupe, au laboratoire, afin de répondre à la question de départ. Par la mise en place d'une démarche scientifique, la séance présentée permet de développer et d'évaluer plusieurs compétences en Physique-Chimie qui seront détaillées un peu plus tard dans le dossier.

<i>Bouillie bordelaise - Echelle de teintes</i>	
<i>Objectif</i>	<i>Estimer la concentration massique d'une solution aqueuse inconnue en réalisant une échelle de teintes par dissolutions.</i>
<i>Première partie (55 min)</i>	
<i>Défi posé</i>	<i>Un viticulteur biologique retrouve un bidon de bouillie bordelaise déjà préparée, mais il ne sait pas s'il peut l'utiliser pour traiter le mildiou de sa vigne... Vous avez à votre disposition un tube à essai contenant la solution de bouillie bordelaise trouvée. En estimant la concentration massique de la solution, à vous de déterminer si le viticulteur peut l'utiliser ou non contre le mildiou de sa vigne.</i>
<i>Consigne</i>	<i>Vous disposez de quelques grammes de sulfate de cuivre et d'eau. Après avoir rappelé la signification des pictogrammes présents sur le sulfate de cuivre, <b>proposer un protocole expérimental</b> afin de pouvoir estimer la concentration massique de la solution trouvée par le viticulteur.</i>
<i>Déroulement</i>	<i>- Phase 1 : individuellement (5 min.) Lecture des trois documents proposés pour répondre au défi posé. - Phase 2 : 8 groupes de 4 élèves (10 min.) Temps de réflexion à plusieurs pour discuter et proposer une démarche, une technique, une expérience pour répondre à la problématique posée. - Phase 3 : 8 groupes de 4 élèves (20 min.) Rédaction collective d'un protocole expérimental sur une affiche A3 qui permet de répondre au problème posé. - Phase 4 : collectivement (15 min.)</i>

	<p>Présentation à l'oral du protocole expérimental par un rapporteur de chaque groupe.</p> <p>- Phase 5 : collectivement (5 min.)</p> <p>Mise en commun, discussion et choix d'un protocole à réaliser qui permet de donner un encadrement de la concentration massique de la solution de concentration massique inconnue : l'échelle de teintes.</p>
Matériel	<p>32 supports de travail élèves photocopiés + 8 feuilles A3 + feutres.</p> <p>Flacon de sulfate de cuivre pour visualisation des pictogrammes de sécurité.</p> <p>Echantillon du viticulteur dans un tube à essai.</p>
Deuxième partie (55 min)	
Défi posé	<p><b>Réaliser une échelle de teintes</b> qui permet d'estimer la concentration massique de la solution de bouillie bordelaise trouvée par le viticulteur afin de conclure s'il peut l'utiliser pour traiter le mildiou de sa vigne.</p>
Déroulement	<p>- Phase 1 : collectivement (10 min.)</p> <p>Présentation et lecture du document de TP et des questions.</p> <p>Rappels des gestes de sécurité au laboratoire de chimie.</p> <p>- Phase 2 : binôme de TP (20 min.)</p> <p>Réponses aux questions 1, 2 et 3.</p> <p>Réalisation de la dissolution en respectant la concentration massique demandée.</p> <p>- Phase 3 : collectivement (5 min.)</p> <p>Mise en commun et observation de l'échelle de teintes réalisée.</p> <p>- Phase 3 : binôme de TP (15 min.)</p> <p>Réponses aux questions 4, 5 et 6.</p> <p>Estimer la concentration massique de la solution du viticulteur biologique et conclure quant à sa possible utilisation.</p> <p>- Phase 4 : collectivement (5 min.)</p> <p>Discussion des difficultés rencontrées et bilan sur « l'échelle de teintes » : son intérêt, et ses limites au niveau de la précision des mesures.</p> <p>Rangement, nettoyage de la verrerie et ramassage des feuilles de TP.</p>
Matériel	<p>32 feuilles de TP élèves</p> <p>Sulfate de cuivre</p> <p>8 paillasses : fiole jaugée 100 ml, pissette eau distillée, entonnoir, tube à essai, porte tubes, coupelle, spatule + gants et lunettes de protection.</p> <p>2 balances</p> <p>Un bidon « déchet » pour récupérer les solutions de sulfate de cuivre préparées.</p>

### 3. Le support de réflexion des élèves :

Afin de répondre au défi posé quant à la possibilité pour le viticulteur d'utiliser la préparation de bouillie bordelaise retrouvée, les élèves disposaient de leurs connaissances (ressources internes) mais aussi de trois documents (ressources externes).

## **Annexe 1 : le document de travail des élèves.**

Les trois documents sélectionnés ont été modifiés en ajoutant des compléments pour qu'ils puissent apporter des informations utiles aux élèves dans l'élaboration de leur protocole expérimental. Pour cette première partie du travail, ils disposaient aussi d'un échantillon de la solution du viticulteur (dans un tube à essai) dont il fallait estimer la concentration massique. Le fait que les élèves puissent visualiser la teinte bleue était essentiel dans ce travail de recherche pour les amener vers mon objectif qui était de réaliser une échelle de teintes.

*Le document 1 « Qu'est-ce que la bouillie bordelaise ? »* apporte des informations sur la composition de la bouillie bordelaise et son rôle dans la lutte contre le mildiou. Dans ce premier document, une information importante a été ajoutée ; il s'agit de la précision sur la couleur bleue de la solution qui est plus ou moins prononcée selon sa concentration en ions cuivre. Ce document se termine avec l'expression « solution aqueuse » qu'il est nécessaire d'explicitier dans un second temps.

*Le document 2 « Qu'est-ce qu'une solution aqueuse ? »* apporte du vocabulaire scientifique et explicite ce que sont « le solvant » et « le soluté » dans la préparation d'un mélange, d'une « solution ». Ici, c'est la notion de « concentration massique » qui est importante pour répondre au problème posé. L'exemple est un élément ajouté pour rendre la notion un peu plus accessible.

*Le document 3 « Quelle est la réglementation en agriculture biologique ? »* donne une information sur la dose recommandée et à ne pas dépasser en agriculture biologique qui est  $15\text{g.L}^{-1}$ . Cette information est nécessaire à la résolution du problème afin de conclure si le viticulteur pourra ou non utiliser la solution qu'il a retrouvée. Ce document précise aussi les dangers liés à l'utilisation de la bouillie bordelaise pour l'homme mais aussi pour l'environnement avec la présence des pictogrammes mentionnés sur la préparation.

Ces trois documents ainsi complétés, semblaient davantage pertinents pour aider l'élève dans la résolution du problème posé sans trop le guider. Le tube à essai apporté en classe contenant « la solution du viticulteur » était aussi un choix judicieux puisqu'il rendait l'expérience plus concrète et puis surtout il permettait de visualiser la teinte bleue pour leur donner des idées d'expérience.

## **Annexe 2 : les deux autres documents sélectionnés.**

En construisant le document de travail des élèves, deux autres documents ont été envisagés : l'un montrant les étapes de préparation d'une dissolution, l'autre montrant une échelle de teintes. Ces deux documents auraient beaucoup trop orienté l'élève dans son raisonnement. Finalement, le document présentant les étapes de préparation d'une dissolution figurera sur le document de TP donné à l'élève pour le guider dans sa manipulation lors de la deuxième partie de la séance. Et le document sur l'échelle de teintes constituera le bilan de la séance dans la phase d'institutionnalisation. L'échelle de teintes étant présentée comme une technique expérimentale permettant d'estimer la concentration massique d'une espèce chimique dans une solution de concentration inconnue. On discutera des limites de la technique en termes de précision puisque finalement nous n'obtiendrons qu'un encadrement de la concentration massique du soluté.

Dans la mise en œuvre d'une tâche complexe, le choix des ressources externes proposées aux élèves est important. En effet, leur enjeu est double. D'un côté, les documents sélectionnés doivent pouvoir guider l'élève, lui apporter les informations dont il a besoin pour répondre au

problème. D'un autre côté, ces documents ne doivent pas trop l'influencer, l'orienter dans sa réflexion et dans le protocole qu'il va ensuite pouvoir proposer. Après réalisation de la séance, il semblerait que les documents proposés apportent les informations nécessaires pour orienter les élèves dans leur démarche tout en leur laissant une certaine autonomie dans la réalisation de leur protocole.

#### **4. La tâche des élèves :**

Une fois le défi posé aux élèves et le document de travail distribué, la consigne donnée était de proposer un protocole expérimental afin de répondre à la problématique. La signification des pictogrammes présents sur la bouillie bordelaise leur était aussi demandée pour qu'ils aient conscience des dangers liés à l'utilisation du sulfate de cuivre composant la bouillie bordelaise. Aucune consigne n'a été rappelée sur la rédaction d'un protocole scientifique. Les élèves ont donc fait appel à leurs connaissances antérieures à ce sujet et la rédaction était libre.

C'est dans un premier temps, individuellement, que chaque élève s'est approprié la problématique posée et a pris connaissance des documents proposés. Chacun d'entre eux a ensuite réfléchi à une idée, un raisonnement, une démarche, une technique, une expérience qui permet de pouvoir conclure si le viticulteur peut oui ou non utiliser la préparation de bouillie bordelaise trouvée. Cette question sous-entendait de proposer un protocole expérimental qui permet d'estimer la concentration massique du sulfate de cuivre présent dans la solution.

C'est dans un second temps par groupes de quatre élèves, constitués librement par affinité, qu'ils ont discuté de leurs différentes démarches afin de se mettre d'accord et de sélectionner la plus pertinente selon eux. Ils étaient ainsi amenés à confronter leurs idées, leurs points de vue. Ce temps d'échanges à plusieurs, était important et il avait pour finalité de se mettre d'accord par petits groupes afin de proposer un protocole expérimental à réaliser. Leurs échanges étaient constructifs et à plusieurs ils sont parvenus à écrire des protocoles plutôt riches et de qualité. La synthèse de leur travail était à formaliser par écrit sur une feuille de papier de format A3 pour une présentation orale à l'ensemble de la classe.

**Annexe 3** : *le temps de réflexion par petits groupes.*

#### **5. Les productions des élèves :**

En leur proposant ce travail de réflexion sous forme de tâche complexe, l'objectif était de leur faire chercher une technique permettant d'estimer la concentration massique de la solution du viticulteur : l'échelle de teintes. Si nous analysons leurs productions, tous les groupes ont pensé à faire une comparaison de la teinte de leur(s) préparation(s) avec celle du viticulteur. Tous utilisent le terme de « couleur » et font une comparaison des teintes, même si aucun des groupes n'apporte ce terme de « teintes » ni « d'échelle de teintes » puisqu'ils ne connaissent pas encore cette technique de mesure.

**Annexe 4** : *quelques productions d'élèves.*

- Cinq groupes sur les huit proposent de préparer une solution ayant pour concentration massique la dose recommandée en agriculture biologique, c'est-à-dire une solution avec  $15 \text{ g.L}^{-1}$  de sulfate de cuivre. Ainsi, ils comparent la teinte obtenue de leur solution préparée avec la teinte de la solution du viticulteur pour en conclure si la préparation respecte la dose recommandée. Remarquons que tous les groupes ne travaillent pas avec un volume de 1L mais proposent de travailler avec un volume de 100 mL. Dès le début de leur recherche, en passant auprès de chacun des groupes, je leur avais précisé qu'il n'était pas possible de préparer 1L de solution par tous les groupes, que c'était beaucoup trop d'autant plus que la solution ne pouvait être jetée à l'évier mais devait être récupérée dans un bidon pour évacuation. La notion de proportionnalité leur étant familière, ils ont tous choisi de travailler avec un volume 10 fois plus petit.

- Trois groupes sur les huit proposent de réaliser plusieurs solutions avec une concentration massique différente pour comparer la couleur bleue obtenue de leurs préparations avec la couleur de l'échantillon du viticulteur. Cette démarche permet d'approcher la concentration massique de la solution du viticulteur, ce qui leur était demandé. Cette notion d'« approximation » de la concentration massique sera même mentionnée par deux groupes qui soulignent donc le fait que cette démarche par comparaison des teintes reste assez peu précise pour déterminer exactement la concentration massique d'une espèce chimique en solution.

Le travail de rédaction du protocole expérimental par écrit était peu guidé. En effet, aucune information n'était précisée aux élèves en termes de contenu de l'affiche à présenter. Et pourtant, de nombreux éléments intéressants sont à remarquer dans leurs productions. Tout d'abord, les élèves ont tous pensé à lister le « matériel » nécessaire à la réalisation de leur protocole. Ils ont ainsi fait appel à leurs connaissances sur la verrerie qu'on peut utiliser en laboratoire. La plupart des groupes ont tenté d'écrire un protocole en le découpant par « étapes ». Là-aussi, aucune consigne ne leur avait été rappelée sur la rédaction type d'un protocole expérimental. Un groupe rédigera son protocole comme un travail de rédaction en français en le découpant en trois temps avec une introduction, un développement et une conclusion. Certains groupes réutiliseront le « vocabulaire » apporté dans les documents et emploieront les termes de soluté et solvant. Deux groupes débiteront leur affiche par une « hypothèse » et proposeront une « conclusion ». Soulignons aussi le fait qu'un bon nombre d'entre eux a réalisé un ou plusieurs « schémas » pour illustrer leur propos. Et puis, chacun des groupes a bien répondu à la consigne qui indiquait de préciser la signification des pictogrammes directement en lien avec la « sécurité » au laboratoire. Certains ont donc bien pensé à indiquer les équipements de protection individuels obligatoires à porter pour manipuler le sulfate de cuivre en toute sécurité ; blouse, gants et lunettes de protection.

## **6. La restitution de leurs travaux :**

La présentation à l'oral de l'affiche de chacun des groupes leur a tout d'abord permis de prendre connaissance du travail des autres. Ce temps de présentation et de mise en commun de leurs travaux a aussi permis de faire un bilan des techniques proposées et d'en discuter. Les échanges étaient très intéressants et ensemble nous avons comparé les protocoles proposés en recherchant des similitudes et des différences. Ainsi, certains élèves se sont rendus compte par eux-mêmes de leurs « oublis » ou « manques » tels que les équipements individuels de

protection ou bien encore les schémas pour illustrer leurs propos. Cette présentation à l'oral de leurs travaux a finalement eu lieu sur une autre heure de cours. Avec un peu de recul, il était ambitieux d'imaginer ce travail d'écriture et d'exposé durant la même séance. Et puis ce n'était pas dérangeant non plus que les élèves prennent aussi un peu de recul sur leur production.

C'est ensemble que nous avons pu comparer et échanger autour des différents protocoles proposés afin de répondre à la problématique posée. L'expression « échelle de teintes » sera introduite et définie en fin de première partie comme étant une technique qui permet d'estimer la concentration d'une solution et la préparation d'une échelle de teintes sera réalisée lors de la séance de TP pour qu'ils puissent répondre au problème posé et enfin connaître la concentration massique de la solution inconnue.

## **7. L'expérimentation au laboratoire :**

### ***Annexe 5 : la pratique des élèves.***

La séance de TP constituait la seconde partie de l'activité. L'objectif était de préparer une échelle de teintes afin de répondre à la problématique de départ. Le laboratoire ne disposant que de 16 places, cette séance de travaux pratiques a été réalisée en deux groupes, l'un à la suite de l'autre. L'échelle de teintes créée était différente entre le premier et le second groupe.

Avec le premier groupe, l'échelle de teintes réalisée était composée de huit nuances, c'est-à-dire de huit solutions de concentrations massiques différentes. Pour cela, chacun des binômes avait une dissolution à préparer. La plus petite concentration massique préparée était de  $5 \text{ g.L}^{-1}$  et la plus élevée était de  $22,5 \text{ g.L}^{-1}$ . La réalisation de chacune des dissolutions par chaque binôme s'est bien déroulée. Les élèves ont bien respecté les différentes étapes du protocole de préparation d'une dissolution qui étaient précisées sur le document de TP. Une fois l'échelle de teintes réalisée, ils ont estimé la concentration massique de la solution du viticulteur en comparant sa couleur à l'échelle de teintes préparée.

Cette échelle de teintes ne s'est pas avérée assez déterminante pour la résolution du problème. En effet, la nuance de bleu entre les différentes préparations n'était pas assez prononcée. J'avais anticipé ce problème concernant la différence de teintes pas assez marquée entre deux tubes. Avec le second groupe d'élèves, le sujet de TP n'était pas tout à fait le même : l'échelle de mesure était composée de quatre tubes seulement et la concentration entre deux échantillons variait de  $5 \text{ g.L}^{-1}$  et non plus de  $2,5 \text{ g.L}^{-1}$  comme avec le premier groupe d'élèves. Cette fois-ci, la différence de couleur était plus nette. Les élèves étant répartis en huit groupes, ce sont deux échelles de teintes de quatre tubes qui ont été réalisées, ce qui permettait de comparer les deux échelles de mesure produites et de discuter des éventuelles différences de couleurs liées à la précision d'une préparation par dissolution. A noter que les nuances de bleu étaient plus marquées lorsque les solutions étaient encore présentées dans les fioles jaugées que dans les tubes à essais où le volume de solution était plus petit (6 mL).

### ***Annexe 6 : l'échelle de teintes préparée par chacun des groupes.***

L'idée de l'échelle des huit teintes reste intéressante, mais en comparant les teintes dans les fioles jaugées qui contiennent un volume de solution plus important qu'un tube à essai. Une phrase décrivant les schémas de chacune des étapes de la préparation d'une dissolution, permettrait de compléter le document de TP et leur apporterait du vocabulaire et un modèle de rédaction du protocole de préparation d'une solution.

## **8. La conclusion des élèves :**

Avec le premier groupe d'élèves et l'échelle des huit teintes préparées, on peut constater une diversité dans leur réponse concernant la concentration massique de la solution du viticulteur qu'il fallait estimer. En effet, certains élèves ont estimé que la concentration massique de la solution se situait entre les tubes 4 et 5 c'est-à-dire entre  $12,5 \text{ g.L}^{-1}$  et  $15 \text{ g.L}^{-1}$  et d'autres ont estimé qu'elle se situait entre les tubes 6 et 7 et donc que la concentration massique était comprise entre  $17,5 \text{ g.L}^{-1}$  et  $20 \text{ g.L}^{-1}$ . Cette diversité dans leurs réponses vient tout d'abord du fait que la vision des couleurs est un phénomène qui est propre à chacun mais surtout, elle vient du fait que la couleur bleue n'était pas assez marquée entre les différents tubes. De ce fait, le groupe d'élèves n'est pas unanime quant à l'utilisation de la préparation par le viticulteur biologique. Certains élèves concluent qu'il peut l'utiliser car la concentration massique de la solution est inférieure à la dose recommandée qui est  $15 \text{ g.L}^{-1}$ , alors que d'autres concluent qu'il ne peut pas l'utiliser puisque la concentration massique dépasse la dose recommandée. Etant bien consciente de la difficulté d'estimer la concentration massique pour ces élèves du premier groupe, une attention particulière sera portée sur leur conclusion en fonction de leur estimation. Même si leur estimation de la concentration massique n'est pas juste, c'est la conclusion en lien avec leur lecture qui sera importante et prise en compte dans leurs réponses au TP.

Dans le second groupe avec l'échelle de teintes constituée seulement de quatre nuances de couleur, les élèves ont tous estimé que la concentration massique de la solution du viticulteur se situait entre le tube 3 et le tube 4 c'est-à-dire ayant une concentration massique comprise entre  $15 \text{ g.L}^{-1}$  et  $20 \text{ g.L}^{-1}$ . Ce qui était bien le cas puisque la concentration massique de la solution du viticulteur était de  $18 \text{ g.L}^{-1}$ . Il fallait donc bien en conclure que le viticulteur ne pouvait pas l'utiliser car la concentration dépassait la dose recommandée de  $15 \text{ g.L}^{-1}$ . La concentration de la solution trouvée dépassant la dose préconisée, la dernière question du TP demandait à l'élève de proposer une technique pour que le viticulteur puisse l'utiliser sans la jeter. Cette question permettait d'introduire une autre technique de préparation d'une solution aqueuse : la dilution. Un travail qui sera réalisé plus tard durant leur formation.

**Annexe 7 : deux exemples de conclusion d'élèves**

## **9. Les compétences travaillées :**

La démarche scientifique se déclinant en plusieurs étapes, différentes compétences ont pu être mises en œuvre et travaillées durant cette séance qui s'est déroulée en deux temps.

Lors de la première partie de séance, l'élève a dû s'approprier la problématique de travail à effectuer et prendre en compte les différents documents proposés pour rechercher et



sélectionner les informations utiles qui permettaient de répondre à la consigne donnée. Il était amené à raisonner en proposant une stratégie de résolution du problème posé, sous forme d'un protocole expérimental clair et adapté. Une fois le protocole scientifique rédigé par écrit, il était amené à exposer le travail du groupe à l'oral en explicitant la technique proposée et en utilisant un vocabulaire scientifique adapté. C'est donc sur les compétences « raisonner » et « communiquer » que le travail des élèves s'est orienté dans cette première partie de séance.

Lors de la seconde partie de la séance qui s'est déroulée au laboratoire, l'élève avait pour travail de préparer une solution de sulfate de cuivre en respectant la concentration massique demandée sur son sujet de TP. Il avait tout d'abord pour consigne de préciser le « soluté » et le « solvant » de la solution à préparer et de calculer sa concentration massique. C'est au tableau que chaque groupe a précisé la concentration massique de sa solution, de manière à pouvoir ranger les tubes à essais préparés en fonction de leur concentration massique. Pour préparer son échantillon et ainsi constituer l'échelle de teintes de façon collective, chaque binôme d'élèves a dû suivre les différentes étapes du protocole expérimental donné pour s'initier aux gestes techniques de la préparation d'une dissolution tout en respectant les règles de sécurité au laboratoire. Les élèves étaient ensuite amenés à observer l'échelle de teintes préparée collectivement pour comparer la teinte de la solution inconnue avec celle des différentes solutions préparées. Une fois la comparaison faite, il devait mesurer la concentration de la solution du viticulteur, en donnant une estimation de celle-ci, pour enfin conclure quant à la possible utilisation de la solution par le viticulteur dans le traitement du mildiou de sa vigne. Les questions portant sur l'estimation de la concentration massique de la solution et sur la conclusion du problème posé, demandaient à l'élève d'expliquer ou de justifier sa démarche pour répondre. C'est donc sur les compétences « réaliser » et « valider » que s'est portée l'activité des élèves dans cette seconde partie de séance.

En préparant cette séance, je ne pensais pas l'évaluer. En effet, je n'avais pas encore réalisé de séance sous forme de tâche complexe avec cette classe l'année précédente et je ne savais pas trop comment ils allaient réagir face à cette activité un peu différente de nos habitudes de travail. Je n'avais donc pas l'intention de l'évaluer. Mais lors de la première partie, alors que les élèves rédigeaient leur protocole expérimental par petits groupes, la question de l'évaluation s'est posée puisque certains ont demandé si j'allais « noter » leurs affiches. Le travail entamé semblait de qualité et les élèves investis dans ce qu'ils étaient en train de produire, je leur ai répondu que oui, j'allais noter leurs travaux. C'est une fois la séance menée et avec un peu de recul, de réflexion et de discussions autour du travail réalisé que j'ai fait le choix de construire et d'orienter la grille d'évaluation sur les compétences « raisonner », « communiquer », « réaliser » et « valider », des compétences mises en œuvre durant cette séance.

**Annexe 8** : *la grille d'évaluation par compétences.*

### **Conclusion** :

En proposant ce travail de recherche aux élèves, mon objectif était de les amener vers l'échelle de teintes ; une technique qui permet d'estimer la concentration d'une espèce chimique en solution. Cette séance avait aussi pour objectif de préparer une solution par dissolution et d'acquérir des gestes et des techniques de laboratoire tout en respectant les règles de

sécurité. C'est sur la compétence « communiquer » que je souhaitais accentuer ce travail avec les élèves en leur faisant écrire et exposer un protocole scientifique.

Si on analyse leurs productions, en proposant de réaliser un échantillon avec une concentration de  $15 \text{ g.L}^{-1}$  et de le comparer avec celui du viticulteur, les élèves ont proposé une démarche efficace et rapide mais finalement la plupart des groupes ne répondaient que partiellement à la question posée qui était d'estimer la concentration massique de la solution du viticulteur. En effet, par comparaison de la teinte bleue, ils ont déterminé si la concentration était supérieure ou inférieure à  $15 \text{ g.L}^{-1}$  pour conclure si oui ou non le viticulteur pouvait l'utiliser. Mais en réalité, ils ne proposaient pas une technique qui permettait d'estimer la concentration massique de la solution. Ils se sont focalisés sur le fait de savoir si oui ou non le viticulteur pouvait utiliser sa préparation en fonction de la dose recommandée. En recommençant cette séance, j'insisterai davantage sur le fait de trouver une technique, un protocole pour parvenir à estimer la concentration de la solution inconnue. J'insisterai moins sur le fait de trouver si le viticulteur peut l'utiliser ou non. Je réitérerai toute la première partie de séance avec les échanges entre élèves et la conception d'une affiche à présenter car ils étaient soucieux de bien faire et motivés de devoir présenter le contenu de leurs affiches et le bilan de leur travail au groupe classe. Leurs productions étaient de qualité et soignées. Pour la partie pratique au laboratoire, l'idée de réaliser deux échelles de teintes avec des concentrations identiques pour un groupe de seize élèves était intéressante car elle permettait de comparer les deux échelles de teintes produites et d'évoquer les possibles erreurs de manipulation si une différence de couleur existait entre deux tubes qui avaient normalement la même concentration. Peut-être que je profiterai à nouveau des huit groupes d'élèves pour leur faire préparer une plus grande échelle de teintes, avec huit nuances et non quatre, mais la prochaine fois, il faudra que l'écart de concentration entre deux tubes soit au minimum de  $5 \text{ g.L}^{-1}$  pour bien visualiser la différence de couleur. L'idée de placer un fond de couleur noir (ou autre) derrière les tubes préparés ou de varier la luminosité permettrait aussi de mieux visualiser les nuances de couleur. En tous cas, l'idée de réaliser une échelle de teintes collectivement est intéressante. La séance ne durant qu'une heure, ils ne préparent ainsi qu'une seule solution par dissolution ce qui leur permet de bien prendre le temps de suivre les étapes de la préparation. Et puis chaque groupe se doit de faire la préparation avec précision pour ne pas remettre en cause le travail du groupe. En travaillant collectivement, ils se sentent plus concernés par la préparation qu'ils ont à effectuer.

Pour que chaque élève ait une trace écrite du travail accompli, j'ai imprimé un livret à chacun qui reposait le défi, qui réunissait les huit protocoles proposés pour répondre au problème (en nommant les auteurs de chaque affiche) et qui apportait un court bilan de ce qu'est une « échelle de teintes ».

Cette séance en deux temps, sous la forme d'une tâche complexe leur a permis de travailler et de développer plusieurs compétences en Physique-Chimie. Préparer une solution aqueuse par la technique de dissolution est un travail exigé dans le référentiel de baccalauréat professionnel. En travaillant sur la dissolution avec pour objectif la réalisation d'une échelle de teintes, la technique prend tout son sens. Et comme il est aussi possible de réaliser une échelle de teintes grâce à des dilutions successives, je pense mener ce travail sur la dilution sous forme d'une tâche complexe l'an prochain en classe de terminale.

Le travail de raisonnement, de rédaction, d'expérimentation et de validation est donc très intéressant dans cette activité. Les élèves ont bien adhéré à la séance, ils ont été acteurs de leurs apprentissages dans le sens où ils ont trouvé par eux même un moyen de répondre à la problématique posée en proposant de réaliser une échelle de teintes qu'ils ont ensuite préparée de façon collective dans un second temps. Les notes à l'évaluation sont très satisfaisantes avec une moyenne de 15,2/20. Leurs productions écrites rendues (rédaction du protocole et réponses aux questions du TP) ont été rédigées de façon très sérieuse pour l'ensemble du groupe. Leur attitude en classe et en TP a également été très sérieuse, ils ont été impliqués du début jusqu'à la fin du travail. Je reconduirai cette activité c'est certain, en espérant que les élèves soient tout aussi curieux, investis et pertinents que ce groupe classe là avec qui j'ai un réel plaisir à travailler depuis leur entrée l'an passé, en classe de seconde.

## Annexes

### Annexe 1 : le document de travail des élèves

#### Activité : Estimer une concentration massique

**Problème : Un viticulteur biologique retrouve un bidon de bouillie bordelaise déjà préparée, mais il ne sait pas s'il peut l'utiliser pour traiter le mildiou de sa vigne...**

Vous avez à votre disposition un tube à essai contenant la solution de bouillie bordelaise trouvée. En estimant la concentration massique de la solution trouvée, à vous de déterminer si le viticulteur peut l'utiliser ou non pour traiter le mildiou de sa vigne.

#### **Document 1 : Qu'est-ce que la bouillie bordelaise ?**

La bouillie bordelaise est un pesticide constitué d'un mélange de sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ) et de chaux éteinte. Elle agit sur de nombreuses maladies des arbres fruitiers, légumes et plantes.

La bouillie bordelaise exerce son effet par le biais des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$ . Ce sont ces ions qui donnent la couleur bleue à la solution. Plus la solution est concentrée en ions  $\text{Cu}^{2+}$ , plus la teinte bleue est prononcée.

En arboriculture, on sait que ces ions affectent des enzymes dans les spores des champignons et bloquent leur germination.

Dans le commerce, la bouillie bordelaise peut se trouver sous forme solide (on prépare alors la solution par dissolution dans de l'eau) ou sous forme de solution aqueuse déjà prête à l'emploi.



#### **Document 2 : Qu'est-ce qu'une solution aqueuse ?**

Une solution aqueuse est un mélange obtenu en ajoutant une substance chimique dans de l'eau.

L'eau est le « solvant ». L'espèce chimique dissoute est le « soluté ».

La concentration massique de la solution est notée  $C_m$ . Elle s'exprime en  $\text{g.L}^{-1}$  et se calcule grâce à la relation :

$$C_m = \frac{m}{V} \quad \text{avec } m : \text{ la masse de soluté en g}$$

et  $V$  : le volume de solution en L

Exemple :

Si une solution aqueuse a une concentration de  $2 \text{ g.L}^{-1}$ , cela signifie que pour préparer 1L de solution, on dissout 2g de soluté.

### Document 3 : Quelle est la réglementation en agriculture biologique ?

La bouillie bordelaise est très efficace pour lutter contre les maladies des plantes tel que le mildiou. Même si cette solution est tolérée en agriculture biologique, il faut tout de même l'utiliser avec modération et ne pas dépasser les doses recommandées.



Maladies	Cultures	Doses	Mode d'emploi
Mildiou	Pomme de terre	25 g/litre d'eau	Dès le début de la floraison, traiter préventivement
	Vigne	15 g/litre d'eau	De la formation de la grappe aux vendanges, tous les 10 à 15 jours
	Tomate	8 g/litre d'eau	Avant et après floraison

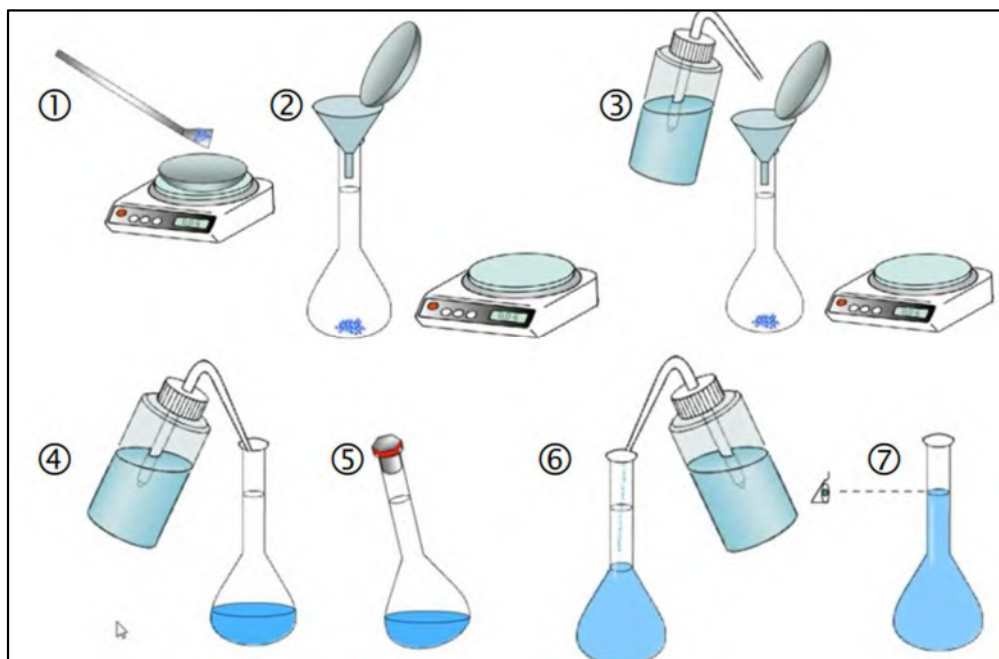
#### Consigne :

Vous disposez de quelques grammes de sulfate de cuivre et d'eau.

Après avoir rappelé la signification des pictogrammes présents sur le sulfate de cuivre, proposer un protocole expérimental afin d'estimer la concentration massique de la solution trouvée par le viticulteur pour conclure s'il peut ou non l'utiliser contre le mildiou de sa vigne.

## Annexe 2 : les deux autres documents envisagés

### Les étapes de préparation d'une dissolution :



### L'échelle de teintes :

Une échelle de teintes est un ensemble de solutions de concentrations différentes d'une même espèce chimique colorée. Elle est souvent préparée par des dilutions successives d'une solution mère de concentration connue.



Des volumes identiques des différentes solutions sont versés dans des tubes à essai, ce qui permet de comparer les teintes.

Dans ces conditions, deux solutions contenant une même espèce chimique colorée à la même concentration ont la même teinte.



**Annexe 3 : le temps de réflexion par petits groupes**



## Annexe 4 : quelques productions d'élèves


### Protocole Expérimentale

**Matériel :**

- Fiole jaugée
- Balance
- Becher avec sulfate de cuivre
- 2 tubes à essais
- petite cuillère

**Matériel élèves :**

- Blouse
- Gants
- Lunettes



Corrosif  
Dangereux pour l'environnement

**Etape 1 :**

Nous allons calculer le nombre de grammes de sulfate de cuivre à mettre dans 100 ml d'eau.

Il faut 15 g de sulfate de cuivre pour 1 L d'eau, donc il faut 1,5 g pour 100 ml d'eau car  $\frac{15 \times 100}{1000} = 1,5$  grammes.

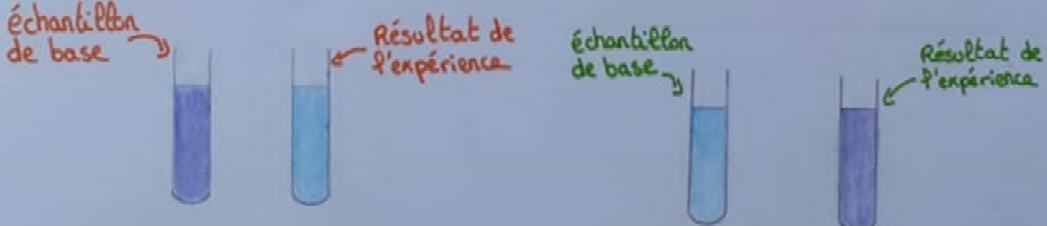
**Etape 2 :**

Nous allons mettre 100 ml d'eau dans une fiole jaugée, puis 1,5 g de sulfate de cuivre dans la même fiole jaugée, ensuite nous allons comparer les couleurs des 2 tubes à essais.

**Conclusion :**

Si la teinte bleu est plus clair que l'échantillon d'origine, le viticulteur ne pourra pas utiliser la bouillie bordelaise pour traiter le mildiou de sa vigne, car cela voudra dire que la dose est plus élevée que 15 g / litre d'eau.

Si la teinte bleu est plus foncé que l'échantillon d'origine, le viticulteur pourra utiliser la bouillie bordelaise pour traiter le mildiou de ses vignes, car cela voudra dire que la dose est inférieure à 15 g / litre d'eau.

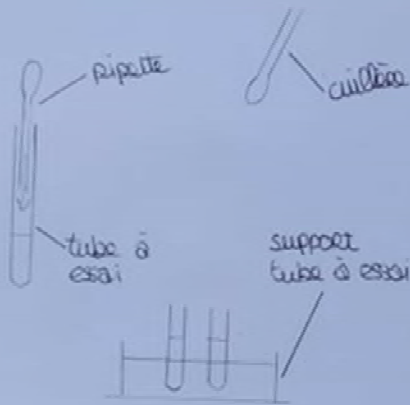
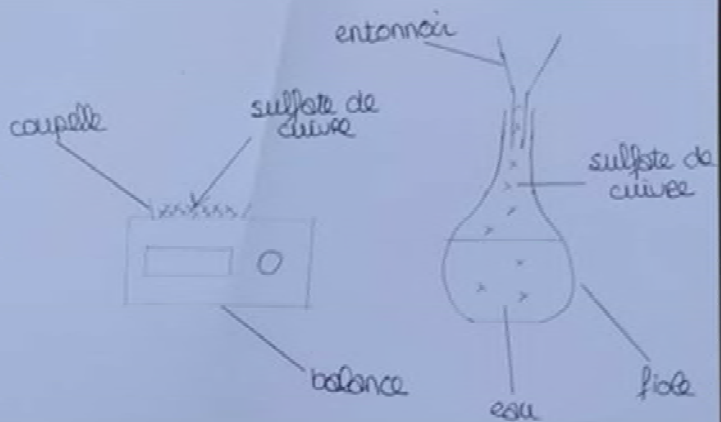




# Protocole expérimentale

## Liste du matériel :

- entonnoir
- blouse
- gants
- lunette
- pipette
- cuillère
- balance
- coupelle
- porte tube
- fiole de 100 ml d'eau
- tube à essai
- bêcher contenant du sulfate de cuivre



## Expérience :

1. peser le sulfate de cuivre pour obtenir 1,5g/100 ml.
2. verser le sulfate de cuivre à l'aide de l'entonnoir.
3. Mélangez
4. A l'aide de la pipette, verser le mélange dans le tube d'essai
5. Comparer les 2 tubes à essai

## Conclusion :

- Si la couleur de la solution préparée est plus claire ou de la même couleur que la solution du viticulteur alors il pourra l'utiliser pour traiter le mildiou de sa vigne.

OR si la couleur est plus foncée que la solution du viticulteur alors il ne peut pas l'utiliser pour traiter le mildiou de sa vigne



Danger pour le milieu aquatique

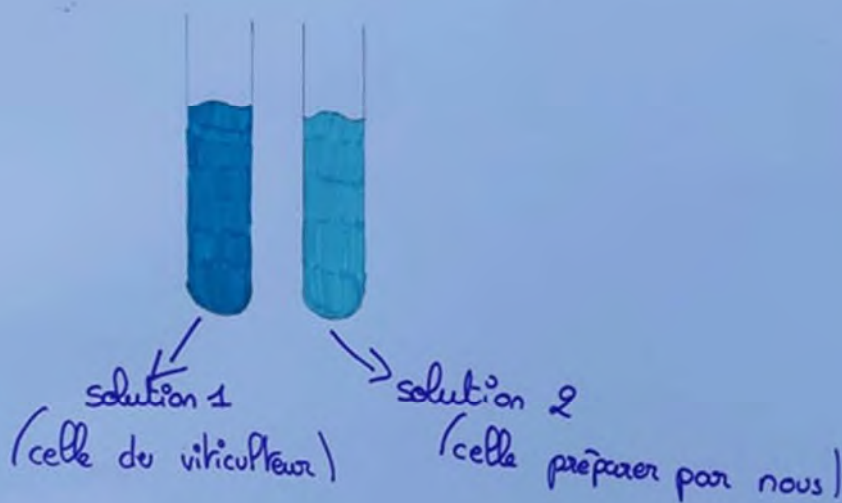


Corrosif

# Activité : Concentration Massique

Matériaux : balance, ponde tubes, tubes à essais, becher, fiole jaugée, gants et blouse.

Pour que le viticulteur bio puisse se servir de la solution, il lui faudra 15g/L de sulfate de cuivre maximum. Pour 100 ml d'eau il faudra 1,5 g de sulfate de cuivre. Il faut comparer la solution 1 avec la solution 2, si la solution 2 est plus foncée que la solution 1 celle-ci est donc la bonne. Si la solution 2 est plus claire ou de la même couleur elle peut être utilisée.



↓  
corrosif

↓  
danger pour  
environnement

## Étapes:

- 1) On s'équipe
- 2) On calcule qu'il faut mettre 1,5g dans l'eau pour préparer 100 ml de solution.
- 3) On pèse 1,5g de sulfate de cuivre
- 4) On verse le sulfate dans le tube à essai
- 5) On rajoute 100 ml d'eau (+ mélange)
- 6) On observe
- 7) On conclue.

# CONCENTRATION MASSIQUE

## Hypothèse :

En comparant chacun des tubes à essai utilisés, on conduira l'expérience par la conclusion du tube se plus rapproché à celui demandé.  
Donc on connaîtra approximativement la dose de sulfate de cuivre dans le tube du viticulteur.

## Protocole :

- Verser tant de mg de sulfate de cuivre dans une fiole.
- Pipeter avec une pipette tant de ml d'eau.
- Ajouter l'eau au colute.
- On obtient une solution avec une certaine coloration de bleu.
- Recommencer les étapes avec des mesures différentes jusqu'à obtenir le même bleu que la solution demandée.

## Conclusion :

On va noter à chaque fois combien de mg de sulfate de cuivre et combien de ml d'eau on a mis dans chacun des tubes à essais. Une fois qu'on aura le tube à essais qui a la même couleur que la solution donnée par le viticulteur, on regardera combien de milligramme de sulfate de cuivre et de ml d'eau on avait mis dans ce tube à essais. Et après on l'aura trouvé, il faudra convertir en g/L pour savoir si la concentration est  $> 15$  g/L d'eau ou non.  
- Si la concentration est  $> 15$  g/L d'eau, alors il ne pourra pas l'utiliser.  
- Si la concentration est  $< 15$  g/L d'eau, il pourra l'utiliser.

## Matériels :

- Fiole / bécher / Tube à essai / pipette
- Sulfate de cuivre / L'eau
- balance



→ Corrosif = attaque/détruit les métaux = ronge la peau et les yeux



→ Dangereux pour l'environnement = effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique



# EXPERIENCE

## Introduction



corrosif



dangereux pour l'environnement

D'après les éléments du texte on en déduit que la bouffie bordelaise est une solution aqueuse ( $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ ) et donc ce sont les ions cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) qui donne la couleur. La couleur bleu au mélange, plus la solution est chargée en ( $\text{Cu}^{2+}$ ) plus la teinte est bleu et intense. On sait que la dose recommandée et de  $1\text{g/L}$  soit  $1,5\text{g}$  pour  $100\text{ml}$  (Doc 3). Suivant la couleur du tube expérimental on verra si la solution est saturée ou pas.

## Developement

Le matériel nécessaire pour l'expérience est :

1. Becher
2. tube à essais
3. tube à essais de P'agri
4. grille
5.  $100\text{ml}$  d'eau
6.  $1,5\text{g}$  de bouffie bordelaise

Etape 1. On verse  $100\text{ml}$  d'eau dans la grille

Etape 2. on pèse  $1,5\text{g}$  de sulfate de cuivre

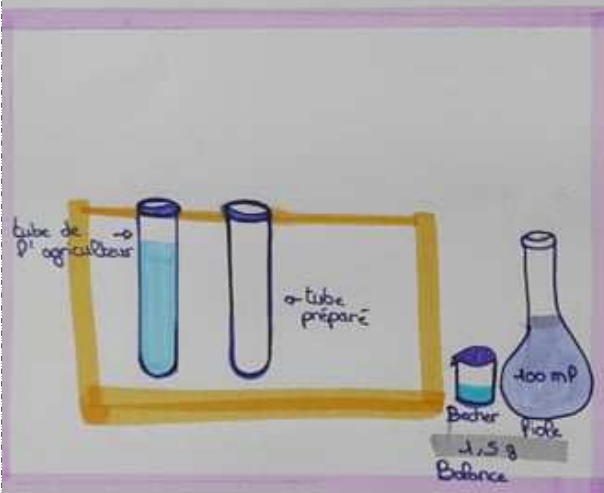
Etape 3. On met le ( $\text{CuSO}_4$ ) dans le becher.

Etape 4. On verse le  $\text{CuSO}_4$  dans la grille

Etape 5. On mélange pour bien dissoudre la poudre

Etape 6. On verse la solution dans le tube à essai

Etape 7. On compare les couleurs de 2 tubes à essais (celui de P'agri et le tube préparé).



## Conclusion

D'après l'expérience nous pouvons en conclure 3 résultats possible dont 2 différentes réponses :

Rep 1. Si le tube à essai est plus claire que celui de P'agri cela veut donc dire qu'il n'est pas réglementaire car il y a trop de  $\text{CuSO}_4$ .

Rep 2. Si le tube à essai est plus foncé ou de la même couleur que celui de P'agri cela veut donc dire qu'il est réglementaire car il ne dépasse pas la dose de  $\text{CuSO}_4$  autorisée

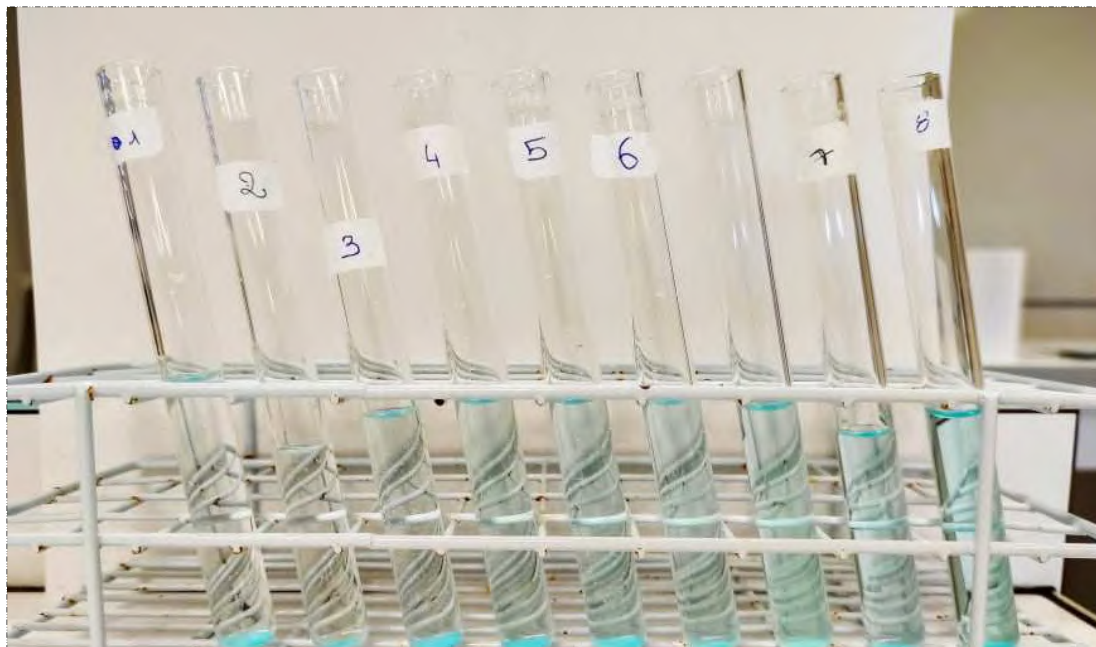
Annexe 5 : La pratique des élèves





**Annexe 6 : l'échelle de teintes préparée par chacun des groupes**

**1<sup>er</sup> groupe : échelle de mesure avec 8 teintes :**



**2<sup>ème</sup> groupe : échelle de mesure avec 4 teintes :**

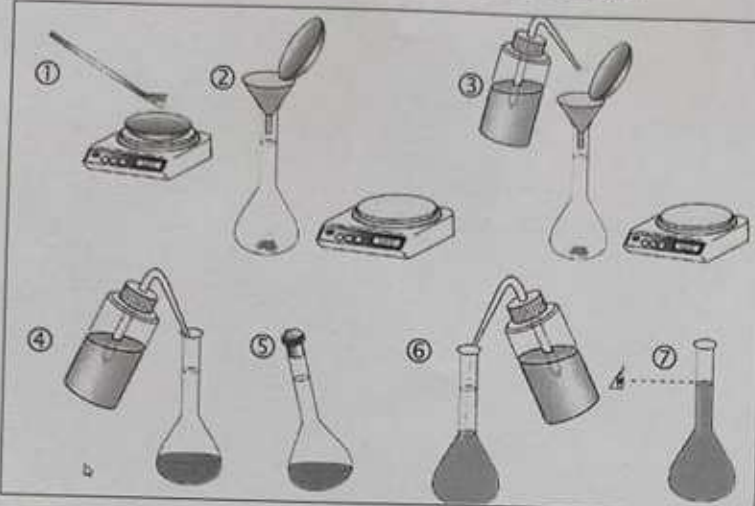



**Annexe 7 : deux exemples de conclusion d'élèves**

**TP : Concentration massique**      Nom/Prénom : Del      Agot.....

On souhaite préparer 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre de concentration  $C_{m4}$  en dissolvant 2 g de sulfate de cuivre.

**I. Préparer une solution aqueuse par dissolution :**

1. Nommer le soluté et le solvant pour préparer la solution aqueuse de sulfate de cuivre.  
soluté : sulfate de cuivre ..... solvant : eau .....

2. Exprimer puis calculer la concentration massique  $C_{m4}$  (en g.L<sup>-1</sup>) de la solution que vous devez préparer.  
 $C_m = \frac{m}{V}$  .....  $C_{m4} = \frac{2}{0,1} = 20 \text{ g/L}$  .....  
la concentration massique est de 20 grammes / litre .....

3. Préparer la solution de concentration  $C_{m4}$  en respectant les 7 étapes de la dissolution  
 Marquer le chiffre 4 sur un tube à essais, puis remplir le tube avec environ 6 mL de la solution préparée.  
 Appeler le professeur

**II. Mesurer une concentration grâce à une échelle de teintes :**

4. Grâce à l'échelle de teinte réalisée précédemment, estimer la concentration massique de la solution de sulfate de cuivre trouvée par le viticulteur. Expliquer la démarche.  
On compare l'échantillon du viticulteur avec notre échelle de teinte .....  
On estime la concentration massique de la solution de sulfate de cuivre trouvée par le viticulteur entre 15 g/L et 20 g/L .....

5. Conclure si le viticulteur peut utiliser cette solution pour traiter le mildiou de ses vignes en agriculture biologique.  
 Justifier la réponse.  
le viticulteur ne peut pas utiliser cette solution pour traiter le mildiou de ses vignes car la concentration est plus élevée que 15 g/L .....

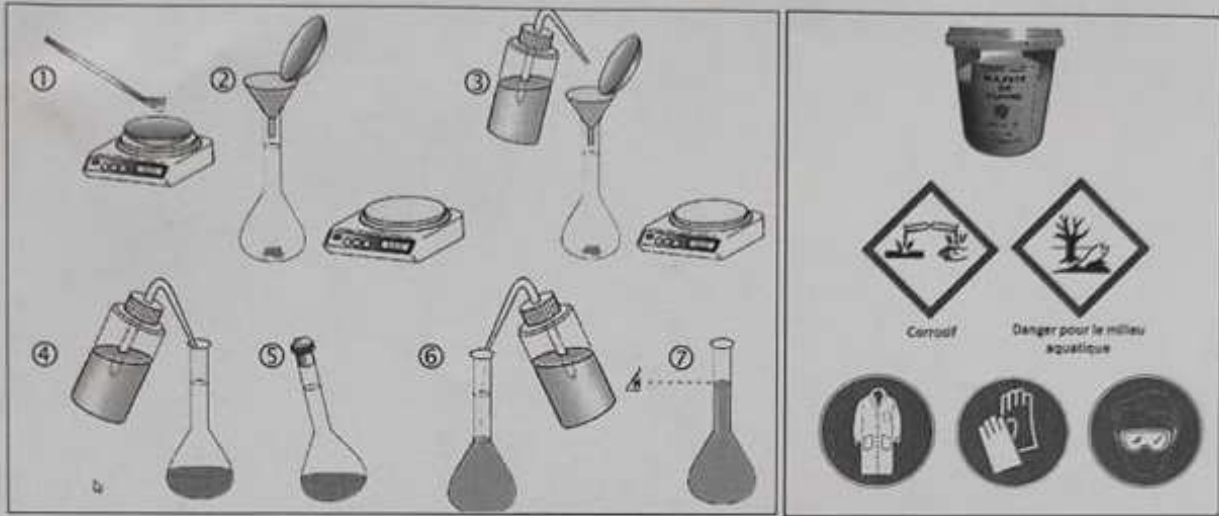
6. Proposer une technique qui permettrait au viticulteur de pouvoir utiliser sa préparation sans la jeter. Expliquer.  
le viticulteur pourrai redilué sa préparation avec de l'eau pour faire diminuer la concentration de sa préparation .....

*N'oubliez pas de rincer la verrerie et de nettoyer la pailleuse*



On souhaite préparer 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre de concentration  $C_{m4}$  en dissolvant 2 g de sulfate de cuivre.

I. Préparer une solution aqueuse par dissolution :



1. Nommer le soluté et le solvant pour préparer la solution aqueuse de sulfate de cuivre.

L'eau est le solvant  
Le sulfate de cuivre est le soluté

2. Exprimer puis calculer la concentration massique  $C_{m4}$  (en  $g \cdot L^{-1}$ ) de la solution que vous devez préparer.

$C_{m4} = \frac{2}{0,1} = 20 \text{ g/L}$

3. Préparer la solution de concentration  $C_{m4}$  en respectant les 7 étapes de la dissolution

Marquer le chiffre 4 sur un tube à essais, puis remplir le tube avec environ 6 mL de la solution préparée.

Appeler le professeur

II. Mesurer une concentration grâce à une échelle de teintes :

4. Grâce à l'échelle de teinte réalisée précédemment, estimer la concentration massique de la solution de sulfate de cuivre trouvée par le viticulteur. Expliquer la démarche.

On estime que la concentration massique est entre 15 g/L et 20 g/L. Nous avons comparé le tube du viticulteur au 4 tubes d'essai préparés.

5. Conclure si le viticulteur peut utiliser cette solution pour traiter le mildiou de ses vignes en agriculture biologique. Justifier la réponse.

Non, le viticulteur ne peut pas l'utiliser car la solution contient trop de sulfate de cuivre.

6. Proposer une technique qui permettrait au viticulteur de pouvoir utiliser sa préparation sans la jeter. Expliquer.

Il faut qu'il divise la solution du bidon en deux (0,5 L) puis qu'il rajoute à chaque moitié 0,5 L d'eau.

N'oubliez pas de rincer la verrerie et de nettoyer la pailleuse



**Annexe 8 : la grille d'évaluation par compétences**

Grille Evaluation : Bouillie bordelaise - Echelle de teintes

Partie 1								
Compétences	Indicateurs d'évaluation	--	-	+	++	Commentaires	Barème	
Communiquer	Rédiger un protocole expérimental						Utilisation de verbes d'action  TB	5,5 / 6
	Lister le matériel nécessaire				X			
	Utiliser un vocabulaire scientifique adapté			X				
	L'illustrer par des schémas				X			
	S'exprimer dans un langage précis				X			
Raisonnement	Donner la signification des pictogrammes de sécurité				X		Démarche de résolution pertinente	4 / 4
	Proposer une stratégie de résolution (pertinence, faisabilité, précision)				X			
Partie 2								
Compétences	Indicateurs d'évaluation	--	-	+	++	Commentaires	Barème	
Réaliser	Exprimer et calculer une concentration massique			X		Rappeler la formule utilisée	4,5 / 6	
	Effectuer les gestes techniques de la préparation d'une dissolution			X		Attention à la précision au niveau du trait de jauge		
	Respecter les règles de sécurité en laboratoire				X			
Valider	Proposer un résultat dans la bonne unité				X		4 / 4	
	Comparer et interpréter un résultat				X			
	Conclure et répondre au problème posé en justifiant la réponse				X			
Nom Prénom : .....XXXXX xxxxxx .....						Très bon travail	18 / 20	