Chimie à l'école élémentaire

PURIFICATION DU SEL GRIS

par J.-P. MARTIN,
Ecole Normale Mixte, Agen.

Cette expérience [1] a été réalisée pendant l'année scolaire 1983-1984 dans un CM 2 de l'Ecole Annexe de l'Ecole Normale Mixte d'Agen.

OBJECTIFS.

— Démystification des produits chimiques.
— Règles de sécurité vis-à-vis de produits inconnus.
— Savoir effectuer une purification par dissolution sélective.
— Approche du concept de solubilité.

L'EXPERIENCE REALISEE.

Les élèves du CM 2 disposent depuis le début de l'année et, par groupe de 4, d'une « boîte de chimie » comprenant un matériel miniaturisé mais très complet, leur permettant de réaliser de nombreuses expériences. En fait, il s'agit d'un véritable mini-laboratoire de chimie dont la constitution est donnée en annexe.

Avec ce matériel, les élèves ont déjà effectué quelques filtrations en vue d'obtenir de l'eau limpide à partir d'eau boueuse.

Aujourd'hui, le problème posé est le suivant : « Comment purifier du sel gris ? » (1).

Les enfants examinent un échantillon du sel impur qui leur a été distribué et proposent diverses solutions :

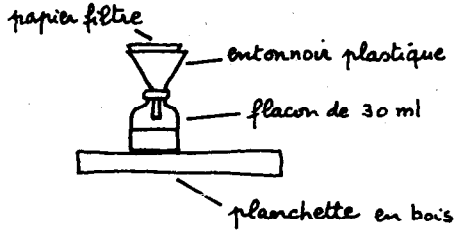
— Nettoyer le mélange avec de l'alcool (2).
— Enlever les petits grains noirs...

(1) Obtenu par un mélange de gros sel ordinaire avec un peu de dioxyde de manganèse (récupéré dans une pile usagée).

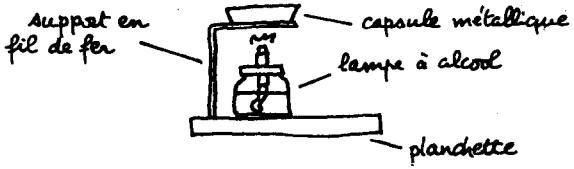
(2) L'alcool est utilisé dans cette classe pour nettoyer le dessus des tables...

Ces possibilités sont expérimentées, mais se révèlent décevantes. Au passage, les élèves observent que le sel ne se dissout pas dans l'alcool.

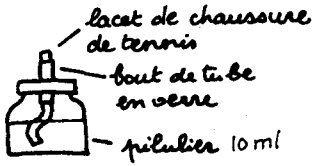
Un enfant propose d'ajouter de l'eau au mélange... Cette opération sera suivie d'une filtration et d'une vaporisation de l'eau, techniques déjà connues des élèves à propos d'autres activités, mais dont l'utilisation dans le cas présent permettra de résoudre le problème posé.



Filtration.



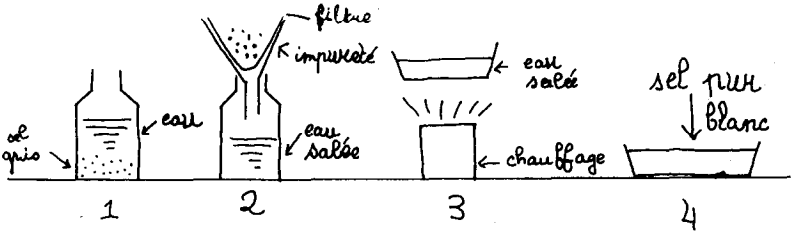
Vaporisation.



Lampe à alcool.

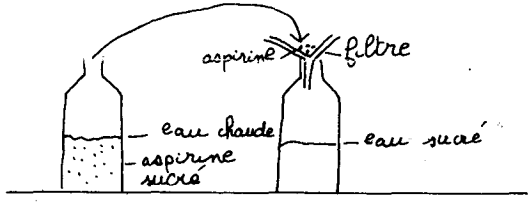
Une fois le sel pur obtenu (et le résultat est très spectaculaire), on passe à la schématisation et à la retranscription de l'expérience effectuée, ces deux activités allant vers la structuration des connaissances abordées.

Un contrôle ultérieur sera ensuite effectué sous la forme d'un exercice proposé aux enfants :



Purification du sel gris (d'après un élève du CM 2).

« On veut purifier de l'aspirine (acide acétyl-salicylique) qui a été mélangé par erreur avec du sucre (saccharose). Comment faire sachant que l'aspirine est insoluble dans l'eau ? »



Proposition d'une élève du CM 2.

MATERIEL UTILISE.

Il s'agit de micro-matériel de chimie [2]. La verrerie de base est constituée avec des flacons de pénicilline de capacité 5 et 30 ml. L'intérêt de ces flacons est leur gratuité (récupération dans des cliniques) et la présence d'un bouchon caoutchouc très étanche et bien pratique.

La boîte de chimie comprend encore une lampe à alcool fabriquée avec un pilulier de 10 ml, un entonnoir en plastique, un support en fil de fer, une planchette en bois, une capsule métallique, etc.

Les avantages du micro-matériel sont très nombreux et on peut citer :

— Faible coût (la quasi-totalité du matériel provient de récupération).

— Tient peu de place.

— Appropriation du matériel par les enfants : il s'agit de « leur » laboratoire dont ils sont entièrement responsables...

— Donne des habitudes de soin et de précision du geste.

— Fait intervenir un minimum de produits : l'expérience complète de vaporisation de l'eau salée décrite précédemment ne nécessite pas plus de 5 ml d'alcool.

— Très peu dangereux du fait de la miniaturisation.

— Solide (les risques de casse sont très limités et ces flacons sont effectivement très résistants).

— Permet une expérimentation rapide (filtration, évaporation...) du fait des faibles quantités mises en jeu.

— Pas de problèmes de joints, ni de bouchons.

— Facile à mettre en œuvre (ainsi, les trous dans les bouchons sont réalisés avec un simple clou chauffé à la flamme d'une bougie).

— Modulable : les flacons servent à fabriquer des thermomètres, la planchette support sert à d'autres activités (circuits logiques, camion-grue, peson à élastique, balance à deux plateaux...).

ANALYSE CRITIQUE.

Ce travail a été guidé, du moins dans sa démarche d'apprentissage, par les thèses constructivistes de PIAGET [3]. L'enfant doit agir sur le matériel pour se forger des structures cognitives. Ceci montre l'insuffisance d'un matériel qui serait seulement montré par le maître ou, pis, par des images de matériel.

Mais agir sur le matériel n'est pas suffisant, car cela pourrait n'aboutir qu'à une simple mobilisation des sens. C'est en fait, l'existence d'un *problème* qui va permettre une réelle activité de l'élève. On rejoint ainsi G. BACHELARD déclarant que « pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir de connaissance scientifique. Rien ne va de soi, rien n'est donné. Tout est construit » [4].

PIAGET distingue également la découverte de l'invention. Ainsi, dans notre cas, l'enfant découvre la solubilité du sel dans l'eau, mais c'est à lui d'inventer le concept de solubilité. Comment passer de cette découverte ponctuelle à la notion plus générale d'interaction soluté - solvant ?

Il semble nécessaire de varier les situations et de constater que :

— Le sel est soluble dans l'eau, mais insoluble dans d'autres solvants (l'alcool par exemple) (3).

(3) A propos de la solubilité de ces produits, voir plus loin.

— Il existe d'autres produits solubles dans l'eau (le sucre, l'alun, le sulfate de cuivre...).

— L'eau dissout certains produits, mais pas d'autres (le soufre, le sulfate de calcium) (3).

— L'alcool ne dissout pas le sel (3), mais dissout d'autres produits (l'acide acétyl-salicylique...).

Enfin, il sera peut-être nécessaire de découvrir que cette solubilité a une limite : c'est le phénomène de saturation. En allant plus loin, on pourra constater que cette saturation dépend de plusieurs facteurs (nature du produit, température).

La méthode choisie de travail en petits groupes permet l'échange des points de vue des enfants et la remise en cause de leurs représentations (les obstacles épistémologiques au sens de BACHELARD) par mise à l'épreuve immédiate sur le concret. A une relation duelle élève-maître, on substitue une interaction élève-matériel-maître favorisant chez l'enfant le recours à l'objectivité par le questionnement expérimental, le maître intervenant davantage comme guide et conseiller que comme détenteur de la réponse au problème posé.

C'est-à-dire que l'accent est mis autant sur les méthodes de la démarche expérimentale que sur les connaissances acquises, en accord avec l'esprit de l'éveil scientifique à l'école élémentaire : « ... Développer chez l'enfant un ensemble de compétences et un système de connaissances qui lui permettent de comprendre le milieu dans lequel il vit... » [5].

Parmi les difficultés relevées chez les enfants, on peut noter :

— confusion très fréquente entre fondre et dissoudre (confusion verbale, due au langage courant...),

— non-distinction entre objet et substance (morceau de sucre et produit sucré, aspirine et cachet d'aspirine...),

— souci poussé à l'extrême du détail (quelques particules observées par transparence dans le filtrat remettent en cause la filtration elle-même...),

— certaines notions telles que corps pur, mélanges étant peu connues sinon explicites chez les élèves, le sucre, le sel, le sulfate de cuivre se retrouvent au même niveau que le café, le lait ou le chocolat,

— passage à l'abstraction : il y a un monde entre la découverte de la solubilité du sel dans l'eau et le concept de solubilité d'un produit dans un solvant donné.

En ce qui concerne le matériel, celui-ci a donné entière satisfaction et n'a pas été l'objet d'un problème particulier. Les

consignes de sécurité ont été respectées à la lettre et sans aucune mauvaise grâce de la part des enfants.

Dès le départ, les élèves ont reçu des consignes très strictes relatives à la sécurité : danger dû au feu, à la précipitation... Interdiction absolue de goûter à un produit inconnu. Un des objectifs d'une introduction de la chimie à l'école élémentaire étant peut-être de montrer qu'il existe des moyens de reconnaître un produit autrement que par une analyse sensorielle (tests de solubilité, d'acidité, etc.).

Ce travail a été suivi par une étude de la solubilité de différents produits dans l'eau (soufre, alun, sulfate de cuivre, sulfate de calcium, sel, sucre) permettant de constater que :

— un produit blanc n'est pas nécessairement soluble dans l'eau,

— un produit soluble dans l'eau ne donne pas nécessairement une solution incolore (cas du sulfate de cuivre).

Enfin, on a constaté qu'il y avait une limite à la solubilité du sulfate de cuivre dans l'eau par des mesures à l'aide d'unités arbitraires, ici à l'aide de capuchons de stylos à bille servant d'étalons.

Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant de montrer que l'eau dissout un peu de sulfate de calcium et que l'alcool dissout un peu de chlorure de sodium, et que plus généralement, un produit n'est jamais parfaitement insoluble dans un solvant déterminé. C'est-à-dire, détruire le concept insoluble provenant de l'opposition insoluble - soluble et qui constitue un obstacle épistémologique, par la construction plus élaborée du concept scientifique de solubilité d'un produit dans un solvant, lequel se traduira par des données numériques accessibles par l'expérience ou par le biais de la documentation. Ainsi, l'opposition insoluble - soluble sera remplacée par la nouvelle notion « la solubilité de ce produit dans ce solvant est de tant de grammes par litre... » par exemple.

CONCLUSION.

Les élèves ont manifesté un réel enthousiasme pour cette initiation à la chimie et le moins impressionnant ne fut pas de découvrir chez ces enfants de l'ère de l'ordinateur, un véritable émerveillement devant certains phénomènes scientifiques jusqu'alors perçus comme inaccessibles !

Quelques opinions d'enfants à la suite de ce travail :

« Je pense que la chimie est très instructive et elle m'intéresse beaucoup. Apprendre des choses qu'on ne connaît pas : par exemple enlever la saleté du sel gris, faire des cristaux..., etc. ».

« C'est super la chimie ! On a fait des expériences que j'ai refaites chez moi... ».

« Moi j'ai bien aimé et j'ai trouvé ça très intéressant. Ça m'a appris beaucoup de choses et j'aimerai bien continuer plus tard... La chimie m'a poussé un peu à faire des expériences à la maison avec mon frère qui était lui aussi très intéressé... ».

« Je pense que la chimie est un métier très intéressant qui apprend beaucoup de choses... ».

REFERENCES

[1] *Purification du sel gris.* Académie de Limoges. B.U.P. n° 594, p. 1071.

[2] CARRETO, CHOMAT, MESMIN, VIOVY. — *Micromatériel de chimie.* B.U.P. n° 613, p. 896-905.

[3] J. PIAGET. — *La psychologie de l'enfant.* P.U.F.

[4] G. BACHELARD. — *La formation de l'esprit scientifique.* Vrin.

[5] *Instructions officielles C.M.* Arrêté du 16 juillet 1980.

ANNEXE

Liste du matériel inclus dans la boîte de chimie :

1 lampe à alcool,
1 capsule métallique,
1 planchette en bois,
1 chiffon,
1 carreau de faïence blanc 15 × 15,
2 flacons pénicilline de 30 ml,
1 boîte d'allumettes,
1 support en fil de fer,
1 pot de yaourt plastique vide,
1 entonnoir en plastique,
1 fond de bouteille plastique,
1 boîte de conserve vide de 1 kg,
5 petits flacons pénicilline 5 ml,
1 cuillère plastique à glace,
1 pince à linge.