

Une étude comparative des idées des élèves français et turcs sur les concepts acide et base: la transposition didactique

Aytekin Cokelez¹ et Alain Dumon²

¹Université d'Ondokuz Mayıs, Faculté de l'Éducation, Samsun, Turquie, E-mail: acokelez@omu.edu.tr. ²IUFM d'Aquitaine, Université Bordeaux II, France.

Résumé: Le but de cette recherche est de mettre en évidence le savoir appris relatif aux concepts d'acide et de base et la différence par rapport au savoir à enseigner au niveau du lycée (grades 11-12) pour les élèves Français et Turcs. Dans ce contexte, nous nous proposons dans ce travail d'identifier dans quelle mesure l'enseignement reçu a permis le passage d'une description des acides et des bases reposant sur le sens commun à une description scientifique et de dégager les idées que les élèves se sont construites des acides et des bases. Des données ont été recueillies, avant et après l'enseignement des concepts concernés, en utilisant un questionnaire qui contient quatre questions ouvertes et quatre questions à choix multiple auprès de 286 étudiants Français et de 242 étudiants Turcs. Les résultats montrent qu'après l'enseignement, les élèves Français définissent les acides et les bases en utilisant le modèle de Bronsted-Lowry et les élèves Turcs utilisent préférentiellement celui d'Arrhenius. De plus, les élèves Turcs se réfèrent au registre empirique pour caractériser les acides et les bases dans leurs interprétations (changement de couleur du papier de tournesol et conduction de l'électricité alors que les élèves Français prennent en compte les valeurs du pH.

Mots clés: didactique des sciences, transposition didactique, modèle, acide, base.

Title: A comparative study of French and Turkish students' ideas on acid-base: didactical transposition.

Abstract: The purpose of this study is to highlight the acquired knowledge concerning the concepts of acid and base, and difference according to knowledge to be taught at the level of upper secondary school (grades 11-12) for both French and Turkish students. We propose in this study to identify in which extent the received teaching allowed the passage of description of acids and bases resting on common sense to a scientific description and to release the ideas constructed by students (grade 11-12). Data were collected, before and after the relevant teaching was conducted, using a questionnaire containing four open-ended and four multiple-choice questions from 286 French students, and 242 Turkish students. The results showed that after the received teaching, French students defined acids and bases using Bronsted-Lowry model. However, most of Turkish students used Arrhenius model, few used Bronsted model and none of them used Lewis model. Therefore, Turkish students refer to empirical register to characterize acids and bases in their explanations. These students defined

acids and bases by color change of tournusol paper and by conductivity of electricity. However, French students take the pH values into consideration.

Keywords: science education, didactical transposition, model, acid, base.

Introduction

Selon la «théorie de la transposition didactique» (Chevallard, 1985), le «savoir» que l'observateur rencontre dans la pratique de classe est le «savoir enseigné». Ce savoir enseigné tire son origine du savoir savant, mais ce n'est pas nécessairement le savoir savant, celui que construisent les chercheurs dans leurs laboratoires et qui est donc propre aux spécialistes du domaine, qui doit devenir savoir à enseigner. Ce sont souvent les différents savoirs qui ont successivement fait leurs preuves et été admis par la communauté des scientifiques au cours de la construction de la science qui vont être pris en considération en fonction des services qu'ils peuvent rendre: ils sont nommés «savoirs de référence». La dernière étape concerne le travail de l'élève: elle conduit au savoir appris ou assimilé.

La notion de modèle mental a été introduite par Gentner et Stevens (1983) pour désigner le fait que, comme les scientifiques, les apprenants se construisent des représentations mentales pour interpréter leur expérience et pour donner du sens au monde physique. Ce sont des modèles personnels, privés, construits par les élèves à partir des informations assimilées (Gilbert et Boulter, 1998a; Norman, 1983). Ils ne sont souvent ni scientifiques ni précis, car fréquemment déficients sur un certain nombre de points, et peuvent inclure des concepts contradictoires, erronés et non nécessaires (Hafner et Steward, 1995; Norman, 1983). Ils sont cependant généralement causals et définis de façon fonctionnelle en ce sens qu'ils permettent à un individu de s'engager dans la description, l'explication et la prévision de phénomènes (Gilbert et Boulter, 1998b, 1998c; Hafner et Steward, 1995). S'ils fonctionnent, c'est parce qu'ils ont la même structure relationnelle que l'objet ou le processus qu'il s'agit de modéliser (Johnson-Laird, 1983). Ces modèles mentaux ne peuvent être exprimés de façon consciente par les individus (Gilbert et Boulter 1998b, 1998c ; Johnson-Laird, 1983; Norman, 1983). C'est à travers les *modèles exprimés* (Gilbert et Boulter, 1998b, 1998c) lors de productions orales ou écrites que le chercheur va en inférer les modèles mentaux qui en découlent (Harrison et Treagust, 1996). Dans l'enseignement des concepts d'acide et de base, Lin et Chiu (2007) identifient différentes sources possibles à l'origine des conceptions des élèves: l'enseignement reçu, le langage utilisé, l'expérience de la vie de tous les jours, l'environnement social, la relation causale et l'intuition.

Nous nous proposons dans ce travail d'identifier dans quelle mesure l'enseignement reçu a permis le passage d'une description des acides et des bases reposant sur le sens commun à une description scientifique et de dégager les idées que les élèves se sont construit des acides et des bases.

Analyse des travaux antérieurs

Caractérisation des acides et des bases par leurs propriétés perceptibles

Les premières idées qu'un individu se construit sur les acides sont dérivées des expériences sensibles de la vie de tous les jours comme, goûter un aliment aigre, boire un jus de citron ou une boisson gazéifiée, et même des histoires de crimes (bains d'acides pour faire disparaître les corps) (Driver et al., 1994). C'est ainsi que les conceptions initiales des élèves du secondaire (avant enseignement) (der Borght et Mabilie, 1989; Hand et Treagust, 1988), sont que les acides sont des liquides corrosifs (qui rongent les matériaux ou qui peuvent "brûler" la peau), piquants, toxiques et dangereux ; l'acide sulfurique est l'exemple le plus connu. Même après enseignement de telles conceptions persistent (Cissé, 1998; Langlois et al., 1994; Nakhleh et Krajcik, 1994; Ross et Munby, 1991): les aspects perceptifs sont mieux retenus que les concepts scientifiques. L'acidité est surtout liée à la notion d'agressivité : c'est dangereux, ça pique, c'est corrosif, un acide ne peut être ingéré, etc. C'est certainement ce type de conception qui fait dire à de nombreux étudiants (Banerjee, 1991) que le pH de l'eau de pluie en un lieu exempt de pollution est de 7 ou qu'une solution de pH égal à 6 ne peut être bue (Cros et al., 1986). Paradoxalement, lorsqu'on demande aux élèves de fin de secondaire de citer des substances acides dans leur vie quotidienne (Vidyapati et Seetharamappa, 1995), ils sont nombreux à répondre : fruits, soda/boissons et vinaigre. Cette caractérisation des acides et des bases par leurs propriétés perceptibles est dénommée par Lin et Chiu (2007) «modèle phénoménologique». Les propriétés des acides et bases sont essentiellement leur état physique (liquide, couleur), leurs propriétés organoleptiques (goût) et l'action qu'ils provoquent en réagissant sur une base ("bulles" ou "effervescence") ou sur les métaux (ils font "fondre les métaux").

Une autre constatation concerne la différence de statut entre les acides et les bases (Langlois et al., 1994 ; Nakhleh et Krajcik, 1994). Les élèves ont tendance à opposer acide et base: si les acides sont forts les bases sont faibles, si les acides sont piquants les bases sont douces, si les acides sont colorés les bases sont claires, si les acides sont dangereux les bases sont rassurantes, si les acides sont forts les bases ne le sont pas. En outre, divers auteurs (Cross et al., 1986; Hand, 1989; Hand et Treagust, 1988; Langlois et al., 1994; Ross et Munby, 1991; Toplis, 1998) ont constaté que les élèves ont peu d'idées sur les bases. S'ils sont capables de donner de nombreux exemples d'acide (minéraux ou organiques) ce n'est pas le cas pour les bases : la soude est omniprésente, l'ammoniac arrive très loin derrière, et peu d'autres bases sont spontanément citées. Cette mauvaise appréhension du concept de base peut s'interpréter (Driver et al., 1994; Hand et Treagust, 1988; Toplis, 1998) par le fait que les élèves ont peu d'expériences personnelles de ce qu'est une base, terme peu utilisé dans le langage quotidien.

Caractérisation des acides et des bases dans le registre des modèles

Alors que la perception commune entend l'usage des sens de manière purement passive, la perception scientifique englobe la première et implique

une activité mentale de lecture et de représentation modélisante des phénomènes «perçus». Après enseignement (der Borght et Mabilie, 1989; Hand et Treagust, 1988; Lin et Chiu, 2007; Ouertatani et al., 2007), il semble que les conceptions relatives à la définition d'un acide ou d'une base et à leur caractérisation évoluent vers une formulation plus scientifique, mais les connaissances sont souvent très formelles et superficielles. Lorsque différents modèles des acides et des bases sont présentés aux élèves, ces derniers donnent souvent une définition pour une autre (Vidyapati et Seethanaramappa, 1995) ou se construisent un modèle hybride (Ouertatani et Dumon, 2008). C'est ce que résume Hawkes (1992) en disant «*Arrhenius confuse students*». Pour de nombreux élèves, un acide est souvent identifié par la présence de l'élément hydrogène dans la formule représentative de la substance et une base par la présence d'un groupement OH (Demerouti et al., 2004 ; Nakhleh et Krajcik, 1994 ; Zoller, 1990). C'est ce qui peut expliquer que l'ammoniac soit classé parmi les acides (Ross et Munby, 1991) ou qu'un ion négatif (tel CO_3^{2-}) ne contenant pas d'ions HO^- a du mal à être considéré comme une base (Cros et al., 1988; Hawkes, 1992).

Brève présentation longitudinale du savoir à enseigner

Pour les différents niveaux et les deux pays, l'analyse des savoirs à enseigner à travers les programmes et quelques manuels en vigueur au moment de l'étude est résumée ci-après:

Les contenus d'enseignement en rapport avec notre étude repérés dans les manuels de la classe de troisième (Collège) (programme de 1999 en France et programme de Chimie de 1992 en Turquie) font apparaître des similitudes entre les deux pays et parfois (précisées entre parenthèses) quelques particularités.

Une solution est acide si son pH est inférieur à 7, basique s'il est supérieur à 7 et neutre si son pH est égal à 7.

Les ions H^+ sont responsables de l'acidité et les ions HO^- de la basicité. Une solution acide contient plus d'ions hydrogène H^+ que d'ions HO^- , basique si elle contient plus d'ions HO^- que d'ions H^+ , neutre si elle contient autant d'ions H^+ que d'ions HO^- .

Une échelle d'acidité comprise entre 1 et 14 est présentée aux élèves associée au caractère acide ou basique de solutions ou de substances de la vie courante.

Le pH se mesure avec un papier pH (papier au tournesol en Turquie), avec un pH mètre (France) ou avec un indicateur coloré (Turquie).

Les solutions acides ou basiques concentrées sont dangereuses, corrosives, peuvent provoquer des brûlures (France) ; les substances dont le pH est inférieur à 3 ou supérieur à 12 sont dangereuses (Turquie)

Les produits de la vie courante dont la valeur du pH est mesurée (France: Hachette, collection étincelle et Hatier, collection arc en ciel) ou indiquée (Turquie: Kizildag et Dursun, 2002; Varol et Rurocak, 2002) sont: (a) Acides: boissons gazeuses, vinaigre, jus de citron (de fruits en Turquie), lait (France), fromage, tomates et thé (Turquie), anticalcaire (France), (b) Basiques: médicaments pour l'estomac (hydrogénocarbonate de sodium),

eau savonneuse, eau de javel, déboucheur liquide, lessives, etc., (c) Neutres: eau minérale.

L'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium sont les exemples types de composés acides ou basiques. En France, alors que dans des exercices ou des activités documentaires sont mentionnées les acides citrique, sulfurique, nitrique et acétique, on ne trouve pas d'autres exemples de bases. En Turquie les autres acides mentionnés sont les acides sulfurique, phosphorique, citrique et lactique.

Dans les deux pays, en première année du lycée (grade 10), il n'y a pas d'enseignement spécifique relatif aux acides et aux bases. Cependant, en France les élèves vont rencontrer ou manipuler lors des enseignements, en particulier dans la partie du programme de 2001 intitulée «chimique ou naturel», divers autres acides, soit sous forme solide (acides benzoïque, citrique acétylsalicylique), soit en solution (acétique, sulfurique, phosphorique). En ce qui concerne les bases, seuls l'ammoniac et l'hydroxyde de calcium sont mentionnés.

En France, en classe de première (grade 11) (B.O.E.N. 2000), les acides nitrique, chlorhydrique, sulfurique, benzoïque, acétique, citrique et acétylsalicylique, ainsi que les hydroxydes de sodium, de potassium et de calcium interviennent dans l'enseignement, en début du programme, avant l'enseignement relatif aux acides et aux bases. A noter que le chlorure d'hydrogène intervient sous forme gazeuse dans l'expérience du jet d'eau qui est présentée aux élèves pour montrer la solubilité d'un composé moléculaire. A l'issue de l'enseignement des acides et des bases (durée 5/6h dont 1 ou 2 TP), les élèves doivent être capables: (a) de définir un acide et une base au sens de Brønsted; (b) de connaître quelques couples acide/base et d'y reconnaître l'acide de la base ($\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-_{(\text{aq})}$, $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_3_{(\text{aq})}$, $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}/\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}$), (c) de savoir écrire l'équation d'une réaction acido-basique.

Lors des différentes activités proposées dans les manuels (Hachette, collection Durupthy; Hatier et Bordas) apparaissent d'autres acides ($\text{CO}_{2,\text{aq}}$, $\text{SO}_{2,\text{aq}}$) ou bases (CO_3^{2-} , HO^-) de Brønsted, des ampholytes (H_2O et HCO_3^-), des exemples de produits acides de la vie courante (fruits, vin, vinaigre, anticalcaire) et des acides carboxyliques tels que les acides citrique et ascorbique (dans la limonade), lactique, formique et acétylsalicylique. Le seul exemple de produit basique de la vie courante relevé est le déboucheur liquide de canalisation contenant de la soude et qui sert de support à une activité expérimentale de titrage par suivi conductimétrique. Notons que les consignes de sécurité insistent sur le fait que les acides et les bases sont très corrosifs lorsqu'ils sont concentrés. D'autres exemples d'acides carboxyliques seront ensuite introduits lors de l'étude de la chimie organique (acide méthanoïque ou formique et acides aminés). Il convient également de noter qu'en début du programme de terminale (grade 12), l'acide oxalique est utilisé à plusieurs reprises dans le chapitre traitant des «Réactions lentes ou rapides?». En Turquie, à l'issue de l'enseignement de la classe de première (durée 15h dont 6 ou 7 TP), les élèves doivent être capables: (a) de reconnaître les propriétés communes des acides et des bases et de donner des exemples de la vie de tous les jours, (b) de définir

un acide et une base dans les sens d'Arrhenius, Bronsted-Lowry, et Lewis, (c) de définir les concepts du pH et pOH.

Notons qu'en général c'est le modèle d'Arrhenius qui est utilisé dans les activités figurant dans les manuels (Kizildag et al., 2007; Polat and Arik, 2003).

Les caractéristiques générales des acides et des bases sont données en relation avec le registre empirique. Dans les activités proposées aux élèves apparaissent les acides classiques (Chlorhydrique, nitrique, acétique, phosphorique) et un acide de Lewis (BF_3); des bases classiques (hydroxydes de sodium, de potassium, de calcium et d'aluminium) et des bases de Brønsted (HO^- , NH_3 , CO_3^{2-} , HCO_3^-). Les exemples d'acides de la vie courante rencontrés sont tomate, orange, urée et ceux de bases, l'eau de mer et l'ammoniac utilisé comme produit domestique.

S'il existe plusieurs études pour expliquer les raisons des différences observées entre le savoir à enseigner et le savoir appris par les élèves, il n'existe par contre aucune étude comparative relative à l'évolution du savoir pendant deux années successives concernant les élèves de deux pays n'a été réalisée. L'objectif principal de cette étude est d'identifier le savoir appris et sa différence avec le savoir à enseigner au niveau du lycée pour les élèves Français et Turcs. Les questions de recherche sont les suivantes: (1) A quoi se réfèrent les élèves pour parler des acides et des bases avant et après l'enseignement donné en classe de première (grade 11)? Font-ils référence au domaine empirique (connaissances familières, propriétés physiques ou chimiques) ou à des éléments du monde des théories et modèles (pH, ions en solution, modèles enseignés); (2) Sous quel état physique peut-on trouver les acides et les bases et quelles propriétés peuvent leur être associées? (3) Comment classifient-ils les produits de la vie courante et ceux utilisés dans le laboratoire en termes d'acidité, basicité et neutralité? Quelles conceptions des concepts acide et base se sont-ils construits, et comment évoluent ces conceptions entre deux années scolaires?

Méthodologie

Dans un premier temps, les programmes et des manuels ont été analysés. Dans un deuxième temps, l'enquête (annexe 3) à été réalisée auprès de 286 élèves Français (128 1^{re} et 158 Terminale) de différents lycées de l'agglomération paloise (en France) qui ont suivi le même enseignement, et en général utilisé le même manuel (A Pau, c'est la collection Hachette - Durupthy - qui est privilégiée), et auprès de 242 élèves Turcs (119 1^{re} et 123 Terminale) de différents lycées de Karabük en début d'année scolaire. Afin de recueillir des données relatives à l'appropriation des concepts d'acide et base par les élèves, quatre questions ouvertes (Q1, 2, 5, 6) et quatre questions à choix multiples (Q3, 4, 7, 8) tenant compte du niveau scolaire leur ont été posées à l'aide d'un questionnaire papier crayon. Les questions sont écrites en Français et en Turc, les langues d'enseignement des deux pays, contrôlées par des enseignants expérimentés en chimie et les corrections nécessaires ont été faites avant la présentation aux élèves.

La transcription des données a été réalisée selon les étapes suivantes: les questionnaires ont été numérotés; les réponses des élèves ont été regroupées dans des tableaux en différentes catégories établies selon les caractéristiques communes des réponses des élèves (Creswell, 1988); les données regroupées selon les thèmes ont été supportées par les citations écrites en italique des justifications des élèves de façon à montrer les idées et expériences des élèves (Yıldırım et Şimşek, 2005). Les données ont été catégorisées, interprétées, et mises en relation par deux chercheurs. Comme les élèves ont souvent donné plusieurs réponses aux questions ouvertes, le nombre des éléments différents des explications identifiées est supérieur au nombre des élèves. Précisons qu'étant donné que nous nous intéressons aux idées que les élèves se sont construit des acides et des bases, une analyse a priori des réponses aux questions ne s'impose pas.

Résultats

Caractérisation des acides et des bases

Pour répondre à la première question de recherche il a été demandé aux élèves de préciser ce qu'était une substance acide/base et de donner ses caractéristiques spécifiques. Les réponses des élèves jugées recevables ont été classées en six catégories elles mêmes regroupées en deux classes : la registre empirique et le registre des modèles. Les pourcentages d'élèves ayant fait apparaître dans leur réponse des éléments des différentes catégories sont reportés dans l'annexe 1 et traduits sous forme d'histogrammes dans la figure 1.

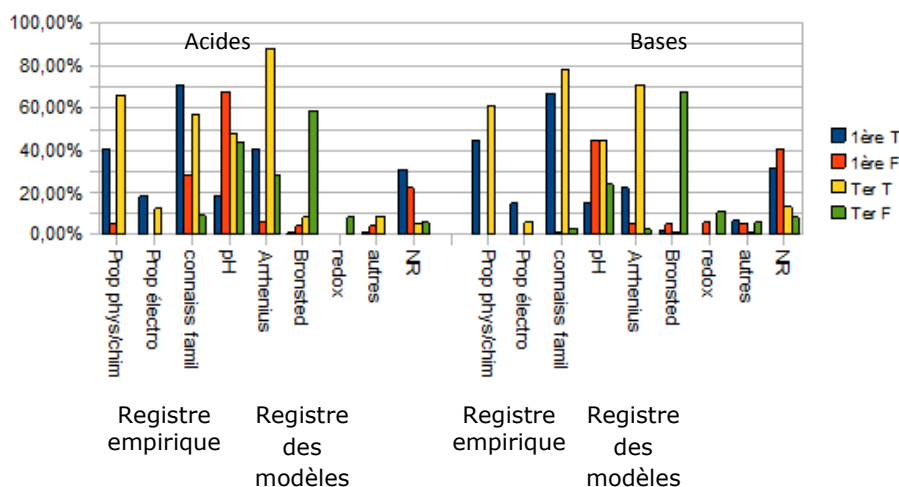


Figure 1.- Caractérisation des acides et des bases.

La comparaison des taux de non réponse des élèves des différentes classes nous amène à constater que les élèves de première des deux pays ont plus de difficulté à caractériser un acide ou une base que ceux de terminale, et plus pour les bases que pour les acides.

La deuxième constatation est que les élèves Turcs se réfèrent beaucoup au registre empirique pour caractériser les acides (67%, 1^{re} ; 47%, Ter.) et

les bases (74%, 1^{re} ; 55%, Ter.) alors que les élèves Français ne s'y réfèrent que peu (30%, 1^{re}, 6%, Ter. pour l'acide ; 1%, 1^{re} et 2%, Ter. pour la base). Les connaissances familières mobilisées par les élèves turcs (et 28% des élèves de première Français) pour caractériser une substance acide sont les suivantes : « *Elle brûle/ronge/abîme ; Elle est corrosive/dangereuse/piquante/amère ; Il faut la manipuler avec précaution ; etc.* ». En ce qui concerne les bases, ils sont respectivement 67% (1^{re}) et 78% (Ter) à utiliser de telles connaissances pour les caractériser : « *Elle est glissante ; Elle est amère ; Elle est douce/sans risque ; Elle n'est pas corrosive/dangereuse/piquante, etc.* ». Certaines réponses montrent bien l'opposition entre acide et base relevée dans la revue de littérature : « *Elle est contraire/opposée/inverse de l'acide* » (1^{re} et Ter., T).

Vient ensuite la caractérisation des substances à partir de leurs propriétés, principalement chimiques et accessoirement physiques (de l'ordre de 43% pour les acides et 63% pour les bases). Une substance acide: « *Elles transforment la couleur du papier pH en rouge* » (1^{re} et Ter., T) ; « *Elle réagit sur les métaux (et produit le gaz H₂)* » (1^{re}, F ; Ter., T) ; « *Elle est liquide, solide, etc.* » (Ter., F.). Quant à la base : « *Elle transforme la couleur du papier pH en bleu; elle est dans l'état gaz/solide* » (1^{re} et Ter., T).

Enfin, une faible proportion des élèves Turcs (environ 15%) fait référence aux propriétés électrolytiques des acides : « *Leur solution aqueuse est un bon conducteur d'électricité* » ; « *Lors de la réaction elles se dissocient en ions* » (1^{re}, T) et un peu moins (environ 10%) pour les bases, en disant parfois, pour ceux qui pensent qu'elle est l'opposée de l'acide, « *Leur solution aqueuse ne transmet pas l'électricité* » (1^{re}, T).

Dans le registre des modèles les constatations suivantes peuvent être faites:

Un acide est plutôt caractérisé par la valeur de son pH par les élèves de première français (68%), une base un peu moins (45%), et les élèves de première Turcs ne sont environ que 16% à mentionner le pH pour les deux substances alors que le caractère acide ou basique d'une solution a été définie pour les deux populations à partir de la valeur du pH. En terminale le taux de réponses faisant apparaître le pH est d'environ 45% pour les élèves turcs et français dans le cas des acides ; de 45% dans le cas des bases pour les élèves Turcs alors qu'il diminue à 24% en France.

C'est le modèle d'Arrhenius qui a la préférence des élèves Turcs pour caractériser une substance acide (41% en 1^{ère}, 88% en terminale) : « *Elle contient H⁺, elle est composée de H⁺* » ; « *Un acide peut intervenir dans une réaction acido-basique (il se produit l'eau et le sel)* » (1^{re} et Ter. T). Concernant la base, le taux des élèves Turcs de terminale faisant référence au modèle d'Arrhenius est trois fois plus grand que celui des élèves de première (22%, 71%) : « *Elle contient des ions HO⁻ (dans la solution aqueuse)* » ; « *elle neutralise l'acide* » ; « *elle s'associe aux acides et produit des sels* » (1^{re} et Ter. T). Par contre la référence aux ions H⁺ ou HO⁻ pour caractériser un acide et une base intervient peu chez les élèves français de première, malgré l'enseignement reçu au collège qui attribue à ses ions les propriétés acides et basiques, mais la référence aux ions H⁺ atteint 29% pour les élèves de terminale : « *une substance acide est*

composée d'ions $H^+(H_3O^+)$, « cette acidité est due aux ions H^+ » (Ter., F.) alors que la référence aux ions HO^- pour caractériser une base reste très faible.

En toute logique, avant enseignement, très peu d'élèves des deux pays utilisent le modèle de Bronsted pour caractériser les acides et les bases. Par contre, après enseignement ce modèle est utilisé par la majorité des élèves Français (59% pour l'acide ; 68% pour la base) et très peu par les élèves Turcs (8% et 1%) à qui le modèle a pourtant été enseigné mais qui ont le plus souvent fait fonctionner le modèle d'Arrhenius : « acide (au sens de Bronsted..) : entité chimique susceptible de céder un (ou plusieurs) H^+ », « elle fait partie d'un couple acide/base » (Ter., F.), « il possède une base conjuguée et réagit avec des bases lors de réaction acido-basique », « il intervient dans un couple d'acide/base » ; « une base au sens de Bronsted est une molécule capable de capter un ou des protons donnés par un acide », « $B + H^+ = BH^+$ » (Ter., F.), avec parfois des formulations faisant apparaître une maîtrise incomplète du modèle « c'est une substance chimique (exact pour Arrhenius, pas pour Brønsted) , une molécule capable d'acquérir des protons » (Ter., F.).

État physique et propriété des acides et des bases

Dans le but de compléter et de préciser les informations dégagées des réponses à la première question, deux questions à choix de réponse ont ensuite été posées :

Question 2: Un acide peut être ; Question 3 : Une base peut être

(Portez dans 3 cases de votre choix les chiffres 1 à 3 suivant l'importance que vous accordez à ces caractéristiques d'un acide/d'une base ; 1 le plus important à 3 le moins important)

1 un gaz, 2 un liquide, 3 un solide, 4 dangereux, 5 non dangereux, 6 fort, 7 doux, 8 effervescent, 9 piquant, 10 concentré, 11 corrosif.

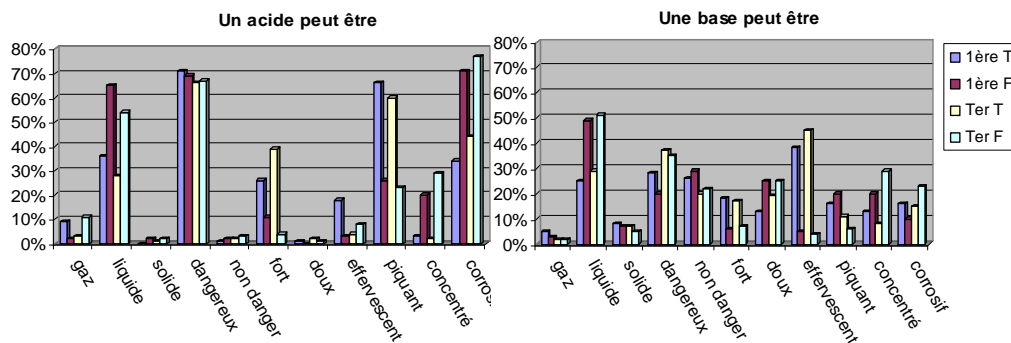


Figure 2.- État physique et propriétés des acides et des bases.

Il convient de préciser que la formulation de la question n'avait pas pour but de conduire à réaliser un classement des caractéristiques mais simplement de conduire les élèves à choisir trois des principales caractéristiques qu'ils associent aux acides et aux bases.

Dans un premier temps, on notera que les avis concernant les acides sont plus nombreux que pour les bases. En ce qui concerne les acides, ils sont dangereux pour une grande majorité des élèves des deux classes et des deux pays (de l'ordre de 68%). Les élèves turcs les considèrent ensuite comme piquant (environ 63% et seulement 25% des élèves français) alors que pour les élèves français, ils sont surtout corrosifs (environ 73% et de l'ordre de 40% pour les élèves turcs). La troisième propriété des acides est, pour les élèves turcs, qu'ils sont forts (environ 1/3) et pour les élèves français qu'ils sont concentrés (de l'ordre de 1/4). En ce qui concerne leur état se sont essentiellement des liquides (environ 60% des élèves français et 30% des élèves turcs). L'état gazeux est seulement envisagé par environ 10% des élèves de première turcs et des élèves de terminale français. Il semble qu'un acide ne puisse être un solide, même pour les élèves français qui en ont manipulé dans cet état lors de leurs enseignements.

Les bases sont moins dangereuses que les acides. Seulement environ 30% des élèves les considèrent comme dangereuses (un peu plus en terminale qu'en 1^{ère}) et pour environ 1/4 des élèves elles ne présentent pas de danger. Ainsi leur caractère corrosif n'est que faiblement signalé par rapport à celui des acides alors que dans les consignes de sécurité les deux catégories de substances sont traitées à égalité. Alors qu'un acide ne pouvait être doux, les bases le peuvent pour environ 1/4 des élèves français (15% des élèves turcs), par contre elles peuvent être fortes pour environ 18% des élèves turcs. Notons enfin un pourcentage non négligeable d'élèves turcs de 1^{ère} et terminale (environ 40%) qui considère qu'une base peut être effervescente alors que seulement 18% des élèves de 1^{ère} ont envisagé ce comportement pour un acide. Si l'état liquide est également privilégié pour une base (50% des élèves français et 1/4 des élèves turcs), une base peut être un solide pour une faible proportion d'élèves.

Les acides et les bases que les élèves citent spontanément

Les questions « Citez trois exemples d'acides/de bases que l'on utilise dans la vie courante et au laboratoire de chimie » ont pour objectif de déceler si la connaissance des bases est de la même importance que celle des acides. Les réponses des élèves ont été traduites sous formes des histogrammes de catégories reportées dans la figure 3.

La première constatation est que les élèves ont plus de connaissances des acides que des bases, aussi bien pour les produits de la vie courante que pour les produits de laboratoire. En ce qui concerne les produits de la vie courante, on notera que les élèves turcs semblent connaître le caractère acide ou basique d'un plus grand nombre d'entre elles (et plus en première qu'en terminale) que les élèves français. Cela peut être attribué à l'enseignement reçu qui accorde une plus grande importance à ce point. Dans ce domaine, les produits d'entretiens ménagers occupent une place importante, et plus en Turquie qu'en France (et pourtant en France, ils sont l'objet de titrages expérimentaux). Un produit d'entretien est avant tout une base (plus de 80% de citation des élèves turcs et plus de 20% des élèves français) mais il peut être également un acide pour les élèves turcs. Si les agrumes et leurs jus sont également connus comme étant des acides, et plus par les élèves turcs que les élèves français, la faible citation du vinaigre comme substance acide par les élèves français, alors qu'il apparaît dans

diverses activités, semble étonnante. Peut-être est-ce du à leur interprétation du « et » de la question : le vinaigre, acide de la vie courante n'est pas un acide du laboratoire. Il en est de même pour les boissons gazeuses.

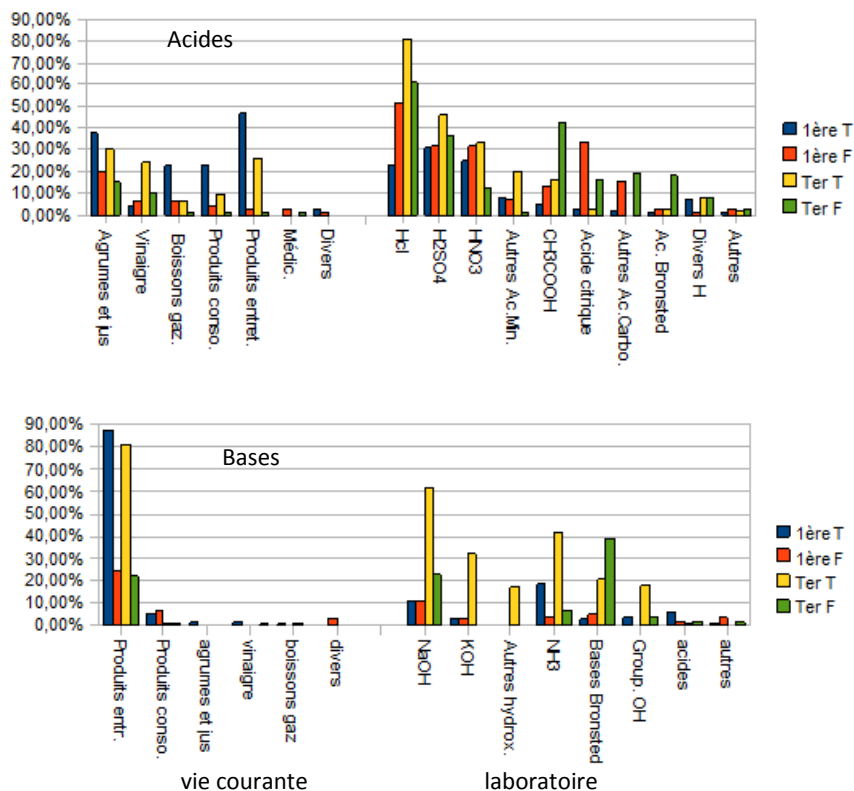


Figure 3.- Les exemples d'acides et de bases cités par les élèves.

Du côté des produits de laboratoire, l'acide chlorhydrique est majoritairement cité par les élèves français des deux niveaux d'enseignement (entre 50 et 60%) et les élèves turc de terminale (80%). Viennent ensuite pour tous les élèves les acides sulfuriques (entre 35 et 45%) et nitriques (de l'ordre de 30%). Une proportion importante d'élèves turcs de terminale (20%) cite d'autres acides minéraux tels que H₂S, HF, HBr tandis que pour les élèves français ce sont les acides carboxyliques qui sont ensuite cités en proportion non négligeable (CH₃COOH - 40% en terminale ; acide citrique - plus de 30% en première ; et entre 15 et 20% de divers autres acides carboxylique en première et terminale). Les acides de Brønsted cités par les élèves français de terminale sont l'eau (dont le caractère amphotère est précisé) et les ions H₃O⁺ et NH₄⁺. En ce qui concerne les bases, on observe une diversité et un taux de citation moins important que pour les acides. Il est paradoxal de constater que le taux de citation de l'hydroxyde de sodium n'atteint une valeur élevée (environ 60%) que pour les élèves turcs de terminale alors que c'est l'exemple type utilisé dans les divers curriculums. De plus, de nombreux élèves turcs de terminale donnent des exemples d'autres hydroxydes comme KOH (plus de 30%) ou Ca(OH)₂, Ba(OH)₂, Mg(OH)₂ (17%). Il semble en outre que le caractère basique de NH₃ soit mieux perçu par les élèves turcs que par les élèves français. Par contre la citation de bases de Brønsted atteint 40% pour les

élèves français de terminale : l'eau, les bases conjuguées d'acides carboxyliques et les ions HO⁻, ions qui sont les seuls cités par les élèves turcs de terminale. On constate que pour certains de ces élèves (18%) la présence d'un groupement OH dans la formule d'une espèce chimique (CH₃CH₂OH ou CH₃COOH) entraîne une identification à une base.

Les acides et les bases identifiés par les élèves

En faisant l'hypothèse que ce n'est pas parce qu'une substance/entité acide ou basique n'est pas spontanément citée comme exemple que les élèves ne connaissent pas ou ne savent pas identifier son comportement acido-basique, il leur a été demandé de choisir entre les divers caractères acido-basiques que pouvaient présenter des produits de la vie courante ou de laboratoire. Ces derniers étaient symbolisés par leur formule dans le but d'évaluer si la présence ou l'absence de l'élément hydrogène ou du groupement OH dans cette formule influe sur le choix. Les résultats sont reportés dans l'annexe 2 ; les réponses attendues sont surlignées en gris.

En ce qui concerne les produits de la vie quotidienne, sont considérés comme acides par la majorité des élèves des deux pays et des deux niveaux d'enseignement ceux qui ont un goût acide : citron, jus d'orange, vinaigre, pomme, limonade et boissons gazeuses. Par contre les produits « naturels » comme le lait ou l'eau de pluie ne peuvent être acide, ils sont considérés comme neutre. Le cas de l'eau minérale montre une différence de point de vue entre les élèves français pour qui, conformément à l'enseignement reçu, elle est neutre et les élèves turcs pour qui elle est acide. Le vin n'est acide que pour une majorité des élèves turcs de terminale et environ le tiers des élèves des autres classes alors qu'une forte proportion d'élèves français classe l'alcool parmi les acides. Les médicaments tels que la vitamine C (acide ascorbique) et l'aspirine (acide acétylsalicylique) ne sont pas considérés de façons identiques. La vitamine C est plutôt un acide (de 45% à 68% de choix) alors que l'indécision pour l'aspirine est forte (1/3 acide, 1/3 ou plus ne sais pas). Quant aux produits d'entretiens, qui sont cités comme exemples d'acide et de base et qui servent de support à des activités expérimentales en France, les avis sont partagés. Seuls les élèves turcs classent majoritairement un détartrant parmi les substances acides et le savon et les détergents parmi les substances basiques. Pour les élèves français, un détartrant est plutôt acide mais considéré comme une base par environ le tiers des élèves; les détergents sont plutôt acides (seuls environ 30% les considèrent comme une base) et le savon est pour environ 1/3 des élèves soit basique soit neutre. Des difficultés de classification apparaissent pour les autres produits ménagers cités comme exemples de base dans diverses activités d'enseignement comme le déboucheur liquide des canalisations ou l'eau de Javel. Un déboucheur liquide, présenté comme un produit dangereux, est majoritairement classé comme acide par les élèves turcs (66% et 75%) alors que les avis sont partagés entre acide, base ou « je ne sais pas » pour les élèves français et l'eau de Javel est soit acide, soit basique pour environ 40% des élèves des deux pays.

Parmi les entités chimiques dont le caractère acido-basique devait être donné, figurent les formules d'acides et de bases « classiques » (HCl, H₂S et CH₃COOH ; NaOH et NH₃), des ions caractérisant l'acidité ou la basicité d'une solution (H⁺aq et HO⁻), des entités moléculaires ou ioniques acides

au sens de Brønsted (H_2O , CO_2aq , NH_4^+) ou basiques (H_2O , CH_3COO^- , S^{2-} , CO_3^{2-}) et la formule de l'éthanol ou apparait un groupement OH. Certaines sont objet d'enseignement dès la classe de troisième (grade 9)) (HCl , NaOH ; H^+aq et HO^-), d'autres ne sont introduites que lors de l'étude des acides et des bases en première : CH_3COOH (vue en France en seconde (grade 10)), NH_3 , H_2S (principalement en Turquie) et les acides et les bases de Brønsted (sauf peut-être S^{2-}). On peut donc s'attendre à une proportion importante de réponse « je ne sait pas » de la part des élèves en début de classe de première pour les entités qui seront introduites lors de l'enseignement. On constate que ce taux de non réponse est majoritaire (> 50%) chez les élèves de première des deux pays (excepté pour l'eau et CO_2 du côté des élèves français), et plus pour les élèves turcs que pour les élèves français. Seuls de l'ordre de 20 à 30% d'entre eux semblent avoir retenu le caractère acide de HCl et H^+aq et basique de NaOH et HO^- . Ce pourcentage augment pour les élèves de terminale, mais ils ne sont cependant en France que 55% à dire que HCl est un acide et 44% à dire que NaOH est une base. Si les élèves de terminale Turcs sont 71% à classer H_2S parmi les acides, les autres sont environ $\frac{1}{4}$ à considérer que c'est un acide ou ne savent pas répondre. On peut se demander si ce n'est pas la présence de l'élément H dans la formule qui conduit au premier choix puisque cet acide n'est pas objet d'enseignement. Une remarque identique peut-être faite pour NH_3 . 60% des élèves de terminale turcs et 41% des élèves français indiquent que c'est une base mais ils sont entre 20% et 30% pour les différentes classes et les différents pays à considérer que c'est un acide. Le cas de CH_3COOH mérite également un commentaire. Il est classé comme acide par seulement 59% des élèves de terminale français (et $\frac{1}{3}$ des élèves de terminale turcs) et comme base par 50% des élèves turcs de ce niveau (et 20% des élèves français). Il semble bien ici que se soit la présence du groupement OH dans la formule qui conduise à un tel choix. Cette impression est confirmée par le fait que 67% des élèves turcs (20% des élèves français) de terminale considèrent que $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ est une base et comme 37% des élèves français de terminale considèrent que c'est un acide on peut penser que pour eux c'est la présence de plusieurs H dans la formule qui conduit à ce choix. En ce qui concerne les acides et bases de Brønsted, NH_4^+ est bien un acide pour une majorité d'élèves de terminale français et turcs et CH_3COO^- une base pour 65% des élèves français de cette classe. Les élèves turcs hésitent entre le caractère basique (33%) et le caractère acide (37%) de cette dernière entité. Est-ce la présence de l'élément H dans la formule qui conduit à cette hésitation et qui fait que 23% des élèves français considèrent que c'est un acide ? Parmi les autres entités, seul le caractère acide de CO_2 semble être connu de 55% des élèves turcs de terminale, le même pourcentage d'élèves français de ce niveau considère qu'il est neutre. Quant à S^{2-} et CO_3^{2-} leur caractère basique est peu connu. Enfin, l'eau qui est aussi bien un acide qu'une base au sens de Brønsted, elle a un comportement neutre pour la majorité des élèves qui donnent une réponse. Il apparait que l'échelle de pH ou d'acidité l'emporte sur la modélisation de Brønsted.

Conclusion et implications

L'enseignement concernant les acides et les bases dispensé au collège (grade 9), dans les deux pays, introduit des éléments du registre du modèle

(valeur du pH et ions en solution responsables du caractère acide ou basique) et des éléments du registre empirique (caractérisation à l'aide d'indicateurs colorés, danger présenté par les solutions concentrées qui sont corrosives, propriétés conductrices des solutions). Qu'ont retenu les élèves de l'enseignement reçu pour caractériser les acides et les bases ? A la fin de la classe de première, pour les élèves turcs, un acide est avant tout corrosif/dangereux/piquant/ etc. (61%), puis il contient des ions H⁺ (41%) ou transforme la couleur du papier pH en rouge (37%) ; une base est amère/glissante (63%) puis transforme la couleur du papier pH en bleu (39%). Pour les élèves français, l'acide est caractérisé par la valeur de son pH (<7) (62%) puis par le fait qu'il est corrosif/dangereux/piquant/ etc. (28%). La base est essentiellement caractérisée par la valeur de son pH (>7) (45%). Il semble donc que les élèves turcs utilisent de préférence les propriétés perceptives et les élèves français un des éléments du registre des modèles (le pH) pour caractériser les acides et les bases. Il convient de noter que les ions en solution ne sont pris en considération de façon non négligeable que par les élèves turcs et uniquement pour les acides.

En classe de première (Grade 11) les modèles de Brønsted (France et Turquie), d'Arrhenius et de Lewis (Turquie) sont introduits pour définir les acides et les bases ; seuls les élèves turcs doivent être capables de définir le concept de pH. A la fin de la classe de première, pour les élèves turcs c'est la référence au modèle d'Arrhenius qui prédomine pour caractériser un acide (88%) ou une base (71%), toujours accompagné de la transformation de la couleur du papier pH en rouge (66%) ou en bleu (61%) et des connaissances familières (57% et 78%) auxquelles s'ajoutent la valeur du pH (48% acide et 45% base). Pour les élèves français, l'acide et la base sont essentiellement caractérisés par le modèle de Bronsted (59% et 68%), et par la valeur du pH (<7) pour un acide (44%). Apparaît cependant chez certains des élèves français des formulations montrant que le modèle de Brønsted est incomplètement maîtrisé et parfois proche du modèle d'Arrhenius (par exemple : «une substance acide est composée d'ions H⁺»). La préférence des élèves turcs pour le modèle d'Arrhenius et la référence au modèle d'Arrhenius par des élèves français sont en conformité avec l'interprétation de Demerouti et al. (2004) disant que le modèle d'Arrhenius est plus familier (plus proche du sens commun) pour les élèves. Enfin, la référence des élèves turcs au domaine empirique est en accord avec le savoir à enseigner qui dit qu'à l'issue de l'enseignement de la classe de première, les élèves doivent être capables «de reconnaître les propriétés communes des acides et de bases».

Conformément aux études antérieures, il semble que les acides et les bases aient des statuts différents (Langlois et al., 1994 ; Nakhleh et Krajcik, 1994). Pour une grande majorité des élèves des deux classes et des deux pays, les acides sont des liquides (confusion entre l'état de la substance et la solution) dangereux car corrosifs et ayant un goût piquant. Ils peuvent être forts (élèves turcs) ou concentrés (élèves français). Les bases sont également des liquides (toujours la confusion entre l'état de la substance et la solution) moins dangereuses que les acides (leur caractère corrosif n'est que peu relevé) ou ne présentant pas de danger et, alors qu'un acide ne pouvait être doux, les bases le peuvent.

En ce qui concerne la connaissance du caractère acide ou basique de produits de la vie courante ou de produits de laboratoire, on constate que, conformément à ce qui est signalé dans les études antérieures, les élèves sont capables de donner plus d'exemples d'acides que de bases. Mais compte tenu du contenu des curriculums et des différences observées entre les élèves des deux pays, on peut se demander si ce n'est pas plutôt du à l'enseignement reçu qu'à la faible expérience personnelle qu'ont les élèves de ce qu'est une base, terme peu utilisé dans le langage quotidien. Il semble en effet que les exemples d'acides donnés aux élèves soient plus nombreux que les exemples de bases et que ces exemples diffèrent d'un pays à l'autre. On notera que des produits naturels comme le lait ou l'eau de pluie ne peuvent être acide, ils sont considérés comme neutre et qu'en ce qui concerne l'identification du caractère acide ou basique d'entités chimiques dont la formule est donnée, il apparaît que de nombreux élèves des deux pays se réfèrent, dans le cas où ces entités sont peu connues, à la présence d'un groupement OH ou d'un hydrogène dans la formule pour faire un choix. Par contre les entités comme CO₂, S²⁻ ou CO₃²⁻ sont considérées comme neutres ou les élèves ne donnent pas de réponse.

References

- Bulletin Officiel de l'Éducation nationale Hors série n°4 du 22 juillet 1999 - Programmes des classes de 3^{ème} des collèges.
- Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale n°7 du 31 août 2000-Classe de première.
- Banerjee, A.C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13, 4, 487-494.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage, Grenoble.
- Cissé, Z. (1998). School knowledge and professional skills: The case of acids and base in agriculture. *Diploma of Detailed Studies of didactics of the scientific disciplines*. Claude Bernard Lyon 1 University (France).
- Creswell, J.V. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Cros, D.; Maurin, M. et J. Leber (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases. *European Journal of Science Education*, 8, 3, 305-313.
- Cros, D.; Chastrette, M. et M. Fayol (1988). Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10, 3, 331-336.
- Demerouti, M., Kausathana, M. et G. Tsapalis (2004). Acid-base equilibria, part I. Upper students' misconceptions and difficulties. *Chem. Educator*, 204, 9, 122-131.
- der Borght, C.D.B.V et A. Mobbille (1989). The evolution in the meanings given by Belgian secondary school pupils to biological and chemical terms. *International Journal of Science Education*, 11, 3, 347-362.

Driver, R.; Squire, A.; Rushworth, P. et V. Wood-Robinson (1994). *Making sense of secondary science*. London: Routledge.

Gentner, D. et A.L. Stevens (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gilbert, J.K. et C. Boulter (1998a). Learning science through models and modelling. In B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education* (pp: 53-66). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J.K. et C. Boulter (1998b). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?. *International Journal of Science Education*, 20, 1, 83-97.

Gilbert, J.K. et C. Boulter (1998c). Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?. *International Journal of Science Education*, 20, 2, 187-203.

Hafner, R. et J. Steward (1995). Revising explanatory models to accommodate genetic phenomena: Problem solving in the "context of discovery". *Science Education*, 79, 2, 111-146.

Hand, B. (1989). Student understandings of acids and bases: a two year study. *Research in Science Education*, 19, 133-144.

Hand, B.M. et D.F. Treagust (1988). Application of a conceptual conflict teaching strategy to enhance student learning of acids and bases. *Research in Science Education*, 18, 53-63.

Harrison, A.G. et D.F. Treagust (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80 (5), 509-534.

Hawkes, S.J. (1992). Arrhenius confuses students. *Journal of Chemical Education*, 69 (7), 542-43.

Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kizildag, G. et M.F. Dursun (2002). *Chemistry: Lycee 2* (in Turkish). Istanbul: Milli Egitim Basimevi.

Kizildag, G. ; Dursun, M.F. ; Erturk, A.T. et A. Karahan (2007). *Chemistry Lycee 2* (in Turkish). Istanbul : Milli Egitim Basimevi.

Langlois, F. ; Raulin, P. et M. Chastrette (1994). Une activité pour les modules: la construction des cartes conceptuelles. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 88 (760), 69-83.

Lin, J.W. et M.H. Chiu (2007). Exploring the characteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases. *International Journal of Science Education*. 29, 6, 771-803.

Nakhleh, M.B. et J.S. Krajcik (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 10, 1077-1096.

Norman, D.N. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner and A.L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Ouertatani, L. et A. Dumon (2008). L'appropriation des "objet de savoir" relatives aux titrages acide-base par les élèves et les étudiants tunisiens. *Didaskalia*, 32, 9-39.

Ouertatani, L., Dumon, A., Trabelsi, M.A. et M. Soudani (2007). Acids and bases: The appropriation of the Arrhenius model by Tunisian grade 10 students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 483-506.

Polat, R. et A. Arik (2003). *Chemistry Lycee 2* (in Turkish). Istanbul : Oran Yayıncılık.

Programme de Chimie de 1992 TTK. Tebligler Dergisi (in Turkish), Ankara.

Ross, B. et H. Munby (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13, 1, 11-23.

Toplis, R. (1998). Ideas about acids and alkalis. *School Science Review*, 80 (291), 67-70.

Varol, S. et M. Rurocak (2002). *Chemistry: Lycee 2* (in Turkish). Ankara: Bilim ve Kultur Yayınevi.

Vidyapati, T.J. et J. Seetharamappa (1995). Higher secondary school students' concepts of acids and bases. *School Science Review*, 77, 278, 82-84.

Yıldırım A. et H. Şimşek (2005). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Zoller, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 10, 1053-1065.

Annexe 1: Caractérisation des acides et les bases

En termes de:		Première				Terminale				
		Turquie		France		Turquie		France		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Acide et ses caractéristiques	Registre empirique	Référence aux propriétés chimiques	49	41	7	5	81	66	-	-
		Référence à leurs propriétés	21	18	-	-	15	12	-	-
		Références aux connaissances	84	71	36	28	70	57	15	9
		<i>Total</i>	154	67	43	30	166	47	15	6
	Registre des modèles	Référence au pH	21	18	87	68	59	48	69	44
		Modèle d'Arrhenius	49	41	8	6	108	88	46	29
		Modèle de Bronsted	1	1	5	4	10	8	94	59
		<i>Total</i>	71	31	100	69	177	50	209	88%
	Autres	Confusion avec	-	-	-	-	-	-	13	8
		Autres	5	4	1	1	10	8	-	-
	<i>Nombre total de caractérisations données</i>	230		144		353		237		
	Non réponse	37	31	28	22	6	5	10	6	
	<i>Nombre total des élèves</i>	119		128		123		158		
En termes de :		Première				Terminale				
		Turquie		France		Turquie		France		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Bases et ses caractéristiques	Registre empirique	Référence aux propriétés chimiques	53	45	-	-	75	61	-	-
		Référence à leurs propriétés	18	15	-	-	7	6	-	-
		Références aux connaissances	80	67	1	1	96	78	4	3
		<i>Total</i>	151	74	1	1	178	55	4	2
	Registre des modèles	Référence au pH	18	15	57	45	55	45	38	24
		Modèle d'Arrhenius	26	22	6	5	87	71	4	3
		Modèle de Bronsted	2	2	6	5	1	1	107	68
		<i>Total</i>	46	22	69	78	143	44	149	79
	Divers	Par rapport à l'acide	-	-	5	4	-	-	2	1
		Confusion avec oxydoréduction	-	-	8	6	-	-	17	11
Autres		8	7	6	5	1	1	9	6	
	<i>Nombre total de caractérisations données</i>	205		89		322		181		
	Non réponse	38	32	52	41	16	13	12	8	
	<i>Nombre total des élèves</i>	119		128		123		158		

Annexe 2: Les acides et les bases identifiés par les élèves

substance	ACIDE				BASIQUE				NEUTRE				J.N.S.P.			
	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F
Jus d'orange	57	80	88	80	11	7	1	4	11	5	4	6	20	9	7	14
Vinaigre	73	86	89	85	17	7	5	8	1	2	0	1	8	6	7	8
Boisson gaz ;	45	61	58	63	6	15	3	14	16	11	19	9	34	13	21	18
Citron	86	98	94	96	6	1	2	1	3	0	0	1	5	1	4	3
Détartrant	57	41	55	42	29	32	28	37	2	5	1	3	13	22	15	22
Limonade	50	71	77	63	10	9	1	13	16	6	7	9	24	14	15	19
Eau de pluie	19	20	7	25	10	9	6	11	50	61	75	58	20	9	13	2
Lait	20	5	34	4	11	31	2	29	42	55	50	54	26	9	15	17
Pomme	62	67	73	62	3	12	5	11	18	13	11	14	17	9	11	16
Vitamine C	45	46	68	51	8	11	5	9	11	10	6	9	37	32	21	39
Eau minérale	68	1	63	3	15	15	19	15	7	76	6	78	10	9	13	7
Vin	29	33	54	35	15	30	12	28	6	9	5	11	50	28	28	33
Eau de Javel	45	48	45	46	45	36	44	39	2	2	1	5	8	13	11	13
Déboucheur liquide	66	32	75	44	28	31	22	33	1	2	0	1	6	34	3	28
savon	19	13	5	14	64	39	89	35	8	34	2	42	7	15	4	8
Alcool	29	43	29	51	24	20	18	13	11	10	28	11	35	27	25	25
Aspirine	28	37	34	32	8	20	15	28	18	9	25	8	46	33	25	32
Détergents	25	47	9	44	55	29	80	32	3	3	2	1	17	20	10	23
Entité chimique	ACIDE				BASIQUE				NEUTRE				J.N.S.P.			
	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F	1 ^{er} T	1 ^{er} F	Te T	Te F
H ₂ S	25	24	<u>71</u>	28	8	8	4	11	3	10	6	25	64	58	20	35
NaOH	13	17	6	23	23	22	<u>93</u>	44	7	8	1	12	57	54	1	21
H ⁺ _{aq}	23	19	<u>72</u>	<u>71</u>	14	10	2	16	8	24	16	6	55	46	10	6
CH ₃ COO ⁻	10	23	37	23	25	16	33	<u>65</u>	1	7	12	2	64	54	18	11
CH ₃ COOH	18	27	33	<u>59</u>	8	7	50	20	7	11	7	11	66	55	11	10
H ₂ O	8	3	9	7	5	9	3	9	34	67	78	56	51	20	9	11
NH ₃	20	24	26	29	18	15	<u>60</u>	41	5	9	5	15	56	53	9	15
OH ⁻	9	17	3	23	28	17	<u>63</u>	<u>63</u>	5	10	5	4	58	57	29	10
NH ₄ ⁺	16	24	<u>51</u>	<u>66</u>	9	12	32	19	5	4	7	3	69	60	11	13
CO ₂	15	15	<u>55</u>	8	8	13	3	14	12	28	20	55	66	44	21	23
HCl	24	32	<u>97</u>	<u>55</u>	13	7	1	15	5	11	1	15	57	50	2	16
S ²⁻	8	14	11	11	21	14	23	37	4	11	34	20	67	61	32	32
CH ₃ CH ₂ OH	8	17	9	37	16	9	67	22	3	9	9	11	73	65	15	30
CO ₃ ²⁻	7	13	32	13	13	10	15	34	5	15	25	20	75	61	28	34

Annexe 3 : Questions d'enquête

1. Qu'est-ce qu'une substance acide et quelles sont ses caractéristiques spécifiques ?

2. Qu'est-ce qu'une base et quelles sont ses caractéristiques spécifiques ?

3. Un acide peut être :

(portez dans 3 cases de votre choix les chiffres 1 à 3 suivant l'importance que vous accordez à ces caractéristiques d'un acide ; 1 le plus important à 3 le moins important)

un gaz, un liquide, un solide, dangereux, non dangereux, fort, doux, effervescent, piquant, concentré, corrosif

4. Une base peut être :

(portez dans 3 cases de votre choix les chiffres 1 à 3 suivant l'importance que vous accordez à ces caractéristiques d'un acide ; 1 le plus important à 3 le moins important)

un gaz, un liquide, un solide, dangereuse, non dangereuse, forte, douce, effervescente, piquante, concentrée, corrosive

5. Citez trois exemples d'acides que l'on utilise dans la vie courante et au laboratoire en chimie.

6. Citez trois exemples de bases que l'on utilise dans la vie courante et au laboratoire en chimie.

7. Les produits suivants de la vie courante sont-ils acides, basiques ou neutres?

Solutions

Caractère de la solution

	Acide	basique	neutre	je ne sais pas
Jus d'orange	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vinaigre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Boissons gazeuses	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Citron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Détartrant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limonade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eau de pluie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lait	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pomme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vitamine C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eau minérale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eau de javel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Déboucheur liquide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Savon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ethanol (Alcool)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aspirine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Détergents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

