



HAL
open science

Transformations chimiques : un apprentissage entravé par les conceptions à propos de la matière elle-même

Fabien Nicolas

► **To cite this version:**

Fabien Nicolas. Transformations chimiques : un apprentissage entravé par les conceptions à propos de la matière elle-même. Education. 2023. dumas-04394302

HAL Id: dumas-04394302

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04394302v1>

Submitted on 15 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

CY Cergy Paris UNIVERSITÉ – INSPÉ de l'académie de Versailles
Site de Neuville

Année universitaire 2022-2023

Mémoire

présenté en vue d'obtenir le **Master MEEF2**

Mention : « Physique-Chimie »

Transformations chimiques : un apprentissage entravé par les conceptions à propos de la matière elle-même

Fabien NICOLAS

Directeurs de mémoire : **Rita Khanfour-Armalé, Christophe Jungblut**

Date de soutenance : 05/2023

Remerciements

Merci à Christophe Jungblut et Rita Khanfour-Armalé pour leur accompagnement et leur soutien.

Résumé

Les transformations chimiques sont un point pivot de la chimie, mais leur apprentissage a été démontré source de nombreuses incompréhensions. Plusieurs conceptions ont été identifiées chez les élèves à ce sujet, provenant notamment de la notion même de matière.

Cette étude sonde quatre conceptions à propos de la matière chez des élèves de 5e. Il est montré que ces erreurs sont ancrées avant même tout apprentissage des réactions chimiques.

Une remédiation théorique et expérimentale est mise en œuvre. Malgré une réussite en termes de résultats scolaires, l'effet mesuré sur les conceptions élèves est faible. Ceci vient abonder dans le sens des autres recherches effectuées : la Chimie est le sujet d'un contexte culturel et sociétal ancien, profondément ancré, pour lequel des pistes de remédiations plus ambitieuses sont proposées.

Mots-clés : matière, substance, corps pur, transformations chimiques, conceptions, remédiation

Table des matières

Remerciements.....	2
Résumé	3
Table des matières.....	4
Liste des tableaux.....	7
Liste des figures.....	8
Liste des annexes.....	9
Introduction.....	10
I.1.1. <i>Question de départ</i>	10
I.1.2. <i>Ancrage</i>	10
I.1.3. <i>Calendrier</i>	10
I.1.4. <i>Problématique finale</i>	11
II. État de l'art	12
II.1. L'impact d'une conception initiale	12
II.1.1. <i>Introduction</i>	12
II.1.2. <i>Théories de l'apprentissage : une vue d'ensemble</i>	12
II.1.3. <i>Applications avec l'enseignement</i>	13
II.2. Obstacles culturels à la chimie : science et industrie ambiguë	14
II.2.1. <i>La supposée incompréhension du public</i>	14
II.2.2. <i>La chimie, art du factice</i>	15
II.2.3. <i>La pollution</i>	16
II.3. Obstacles didactiques à la notion de réaction chimique	17
II.3.1. <i>Les conceptions sur les réactions chimiques</i>	17
II.3.2. <i>Problèmes didactiques avec les substances</i>	17
II.3.2.1. Un problème de mots	17
II.3.2.2. Un contournement scolaire	18
II.3.2.3. Conceptions sur les substances	19
II.3.2.4. Language.....	19
II.4. Les conceptions à étudier	19
II.4.1. <i>Conception A : Dépendance à l'origine</i>	20
II.4.2. <i>Conception B : Confusion objet/matière</i>	21
II.4.3. <i>Conception C : Excès de matérialité</i>	22
II.4.4. <i>Conception D : Confusion entre les 3 états</i>	22
III. Dispositif de terrain	23
III.1. Qu'allons-nous faire ?.....	23
III.1.1. <i>Objectif</i>	23
III.1.2. <i>Remédiation expérimentale</i>	23
III.1.3. <i>Étapes</i>	24
III.2. Séquence de remédiation	25

III.2.1. Plan de travail en classe entière	25
III.2.2. Activité expérimentale en demi-classe.....	26
III.3. Construction du questionnaire.....	26
III.3.1. Structure du questionnaire.....	27
III.3.2. Consignes des trois parties.....	27
III.3.3. Questions du tableau de la partie 3.....	27
III.4. Axes d'analyse.....	27
III.4.1. Tests de A : Dépendance à l'origine	28
III.4.1.1. Test A1 : Dépendance à l'origine.....	28
III.4.1.2. Test A2 : Opposition « naturelle »/« chimique ».....	28
III.4.1.3. Test A3 : Association artificialité — « chimique ».....	28
III.4.1.4. Test A4 : Association « chimique » — « danger ».....	28
III.4.1.5. Test A5 : Association « naturel » — inoffensif.....	28
III.4.2. Test de B : Confusion objet-matière.....	28
III.4.3. Test de C : Immatériels.....	29
III.4.4. Test de D : Confusion 3 états	29
III.4.5. Listes des items proposées aux élèves.....	29
III.4.6. Récapitulatif.....	31
IV. Analyse des réponses recueillies	32
IV.1. Introduction.....	32
IV.2. Analyse des rédactions « Matière ».....	32
IV.3. Analyse des rédactions « Chimique ».....	34
IV.4. Analyse des tableaux	35
IV.4.1. Synthèse.....	35
IV.4.2. Exploitabilité des réponses	35
IV.4.3. Résultats pour A1 — Dépendance à l'origine	36
IV.4.4. Résultats pour A2 — Chimique/Naturel.....	36
IV.4.5. Résultats pour A3 — Artificiel-Chimique	36
IV.4.6. Résultats pour A4 — Association Chimique-Danger.....	37
IV.4.7. Résultats pour A5 — Association « Naturel » et Inoffensif.....	37
IV.4.8. Résultats pour B — Confusion objet.....	37
IV.4.9. Résultats pour C — Matérialité.....	37
IV.4.10. Résultats pour D — 3 états	37
IV.5. Limites et perspectives d'amélioration du dispositif de terrain	38
IV.5.1. Richesses du recueil de données.....	38
IV.5.2. Défauts du recueil de données	38
IV.5.3. Remédiation.....	39
IV.5.4. Remédiation expérimentale.....	39
Conclusion.....	40
Synthèse.....	40
Pistes pour de futures remédiations	41

Bibliographie	43
Annexes	45

Liste des tableaux

Questions posées dans le questionnaire	27
Listes des items proposées aux élèves dans le questionnaire :	30
Tableau récapitulatif pour analyse du questionnaire :	31
Diagramme synthèse de l'analyse des rédactions à la question « Matière ? »	32
Tableau Analyse des rédactions « Matière »	33

Liste des figures

Trois activités du plan de travail :	25
Activité expérimentale en demi-classe :	26
Exemple de réponse élève :	32
Diagramme synthèse de l'analyse des rédactions à la question « Chimique ? »	34

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire de recueil de données	44
Annexe 2 : Résultats de recueil de données	47
Annexe 3 : Séquence de remédiation	52
Annexe 4 : Tâtonnements vers une problématique	64

Introduction

I.1.1. *Question de départ*

Les conceptions initiales des élèves sur les liens entre le « chimique » et le « naturel » interfèrent-elles avec leurs apprentissages ?

I.1.2. *Ancrage*

Au cours de mes études de sciences, j'ai souvent vécu la contradiction entre les notions scientifiques et les notions « grand-public ». Quand j'ai été journaliste scientifique, nous documentions des solutions chimiques aux problèmes environnementaux : quel produit pour traiter l'eau durablement, quels procédés chimiques pour produire sans polluer... là où le public demandait le contraire : tout faire sans chimie. Les titres fonctionnaient mieux si tout était reformulé sur le registre du « naturel ».

J'étais donc resté avec l'idée de cette incompréhension forte.

Or en arrivant au collège, en tant que contractuel puis en tant que stagiaire, les élèves se sont étonnés pendant mon cours : « Mais les espèces chimiques, c'est dans l'eau ? » et j'ai pu constater leurs diverses difficultés sur ce thème. Je me suis entendu et j'ai entendu mes collègues répéter à loisir des affirmations comme « naturel ou pas, tout est chimique ». Mais ceci semblait peu porter sur les élèves. La chimie les attirait assurément pour le côté expérimental, mais sa théorie rebutait. La première raison semblait être la difficulté, à cause du haut niveau d'abstraction de la discipline. Mais aussi une incrédulité plus forte, un refus.

Il est postulé que l'apprentissage scolaire de la chimie est handicapé par des tensions sous-jacentes. Si celles-ci ne sont pas adressées, elles se retrouveront encore chez les adultes. Je souhaite donc dans ce travail de mémoire mieux comprendre et documenter cette relation des élèves au « chimique ».

I.1.3. *Calendrier*

Descriptions des étapes chronologiques.

- ⑩ Printemps 2022 : Première fiche de lecture
- ⑩ Juillet 2022 : Lectures en didactiques, rédaction d'un premier état de l'art
- ⑩ Fin 2022 : Tâtonnements vers une problématique, nouvelles lectures
- ⑩ Début 2023 : Recueil de données
- ⑩ Printemps 2023 : Dépouillage, compilation des données et rédaction.

Des tâtonnements plus détaillés vers la problématique peuvent être trouvés en annexe E.

I.1.4. Problématique finale

Peut-on, en adressant les conceptions élèves sur les substances, aider à leur compréhension des réactions chimiques ?

II. État de l'art

II.1. L'impact d'une conception initiale

II.1.1. Introduction

Les apprentissages en chimie d'un élève peuvent-ils être favorisés ou gênés par ses idées préalables ?

Les enfants sont aujourd'hui exposés très tôt au débat « écologique ». Ils entendent exprimer une opposition naturel/artificiel et des impacts de notre monde industriel sur cette nature. À l'arrivée dans nos salles de classe, ils ont donc déjà des idées sur le sens et ils attribuent des connotations à un mot comme « chimique » (Bensaude-Vincent, 2004).

Tout enseignant souhaite que son cours place dans les esprits les idées du programme officiel et des sciences en général. La question cruciale est donc de savoir si cela est compatible avec les conceptions préalables, ou si au contraire celles-ci forment un obstacle majeur.

II.1.2. Théories de l'apprentissage : une vue d'ensemble

Dans les théories de l'apprentissage les plus installées historiquement, les idées préalables de l'élève étaient implicitement considérées n'avoir aucun impact sur l'acquisition de nouveaux savoirs. Au début du XXe siècle, le behaviorisme modélisait ainsi l'élève comme un récipient considéré vide, dans lequel l'enseignant déversait la connaissance. L'esprit de l'élève était comparable à un vase que l'on remplit d'eau, ou à une page vierge où l'on copie un savoir extérieur.

Ce modèle behavioriste est focalisé sur le conditionnement, aussi surnommé « le bâton et la carotte », avec renforcement des savoirs et compétences souhaitées. Fondée notamment par Pavlov vers 1903, cette théorie ne conçoit donc pas d'interférences entre des connaissances passées et les nouvelles. Toutefois, les recherches au cours du XXe siècle ont poussé à dépasser cette théorie.

L'approche du cognitivisme tout d'abord, a été développée par Bruner vers 1955, et a insisté notamment sur l'importance du traitement de l'information reçue. Il n'y a jamais de « copier-coller » : l'esprit de l'élève effectue une synthèse avant d'écrire sur la page vierge. Les stimulus ne sont pas liés tels quels à des comportements, mais transformés, par exemple pour généralisation.

Mais surtout, sous l'influence notamment de Piaget vers 1960, de nouvelles théories s'intéressent ensuite aux idées ancrées chez l'apprenant avant apprentissage. Ce savoir préalable est ici nommé les « conceptions » de l'élève. Le vase n'est donc pas vide ; l'esprit a déjà de nombreuses feuilles écrites.

La recherche en apporte des preuves : pour faire sens des nouvelles informations, l'apprenant doit résoudre le conflit avec ses anciennes connaissances.

En 2013, C. Orange et D. Orange-Ravachol le présentent ainsi :

« L'apprentissage ne se fait pas à partir de rien : l'élève a des façons de penser les questions scientifiques avant enseignement, de sorte que celui-ci ne vise pas simplement à apporter des connaissances, mais à

changer les conceptions des élèves. Ces conceptions ont une résistance au changement, car elles sont, dans une certaine mesure, cohérentes et efficaces. »

La résistance évoquée n'est pas anecdotique. Steve Masson (2012) a renforcé à l'aide d'imagerie cérébrale une idée encore plus forte, déjà défendue notamment par Olivier Houdé (2004) : les conceptions ne s'effacent quasi jamais du cerveau de l'apprenant, elles y persistent. Le nouvel apprentissage va seulement créer une inhibition de l'ancien, qui ne s'activera plus dans certaines circonstances... mais sera toujours présent. Et ces conceptions initiales pourront toujours être utilisées dans de nombreuses autres situations. (Sources : voir Willame, 2015)

Enfin des chercheurs de comme Vygotsky ont mis en avant des théories de l'apprentissage dites « socio-constructivistes ». Les interactions sociales y sont alors essentielles (camarades, enseignants, parents.) La relation à autrui permet d'ouvrir une gamme d'apprentissages impossibles seul.

Or, à propos de la Chimie, comment se reposer sur autrui si les parents disent un soir « ne mange pas ça, c'est chimique » tandis que l'enseignant affirme le lendemain « tout est chimique » ? L'élève choisira-t-il un camp, au risque d'éliminer une des deux sources d'informations ?

Jérôme Bruner notamment travailla cette approche socioconstructiviste, et insista sur l'importance de la relation pédagogique, arguant qu'elle serait toujours plus importante que la qualité didactique des supports. Or cette relation pédagogique est forcément dégradée en cas de conflit idéologique.

Par ailleurs, chez l'enfant devenant adolescent puis adulte, les valeurs morales s'affirment peu à peu et sont constitutives de la construction de l'individualité. (Jeammet P., 2005). Un élève souhaitant s'inscrire dans les mouvements de développement durable, de lutte contre la pollution ou contre les perturbations climatiques, vivra un conflit fort nuisible en étudiant la chimie, science et industrie réputée justement responsable des maux contre lesquels il s'insurge.

II.1.3. Applications avec l'enseignement

Que se passe-t-il chez un apprenant si une conception préalable, comme « Ce qui est chimique est toxique », contredit un apprentissage comme « La chimie est la science de la matière, qu'elle soit toxique ou non » ?

En premier lieu, ce conflit cognitif peut susciter un rejet des nouvelles connaissances. Consciemment ou pas, l'apprenant se désengage de cet apprentissage. Le manque d'investissement peut alors amener l'ennui, le manque de travail, des problèmes de mémorisation (souci d'accommodation au sens de Piaget), voire même des comportements perturbateurs en classe.

Dans le cas d'un élève studieux, la concentration pourra être maintenue et la nouveauté mémorisée. Le conflit aura tout de même des conséquences. L'élève maintient alors deux savoirs contradictoires dans sa mémoire et apprend aussi à les activer dans des contextes différents. (À la maison, ce qui est chimique est toxique, tandis qu'en classe, chimique signifie matériel.)

Le risque étant que le savoir enseigné à l'école... ne soit jamais plus jamais réactivé une fois la scolarité achevée, une fois la discipline non choisie en option ou, pire, jamais activé en dehors de la salle de classe spécifique où elle a été apprise.

De façon plus observable, les études incitent à penser qu'un tel conflit empêche notablement le transfert de compétences (Perrenoud, 2011). Une compétence acquise dans un contexte ne sera pas transférée à un autre contexte, même à l'intérieur de la salle de classe. Il est aisé d'imaginer la frustration d'un élève qui, scolaire, a appris le tableau d'avancement d'une réaction acide avec métal, mais a le sentiment de recommencer à zéro face au tableau d'avancement d'une combustion de sucre... La généralisation est indispensable.

Ces dilemmes sont à même de détourner l'élève de ses apprentissages en chimie, et ce mémoire a pour objet de les adresser.

II.2. Obstacles culturels à la chimie : science et industrie ambiguë

II.2.1. La supposée incompréhension du public

Nous sommes loin de « l'âge d'or » de la Chimie », moment où son image publique était connotée positivement et qui semble avoir pris fin dans les années 40.

Comment comprendre la franche opposition entre naturel et chimique, alors que la Chimie se veut étude de la nature ? Bernadette Bensaude-Vincent, dans son article de 2004, décrit même une « solidarité entre l'essor d'une pensée écologique et la diabolisation de la chimie ».

Une enquête de 2004 donne à l'industrie chimique seulement 48 % d'opinions favorables en Europe, dont seulement 33 % en France. Ce score est bien plus faible que celui d'autres industries, comme l'automobile ou l'alimentaire. Il est du même ordre que le 35 % de l'industrie nucléaire. De plus, cette faible popularité de la chimie est paradoxale, car par ailleurs les personnes interrogées la reconnaissent essentielle (à 70 %) et lui prêtent diverses qualités... (Chastrette, 2006, citant Devisscher, 2004 ; CEFIC, 2004)

Bensaude-Vincent pose que la réaction classique du savant, chercheur ou vulgarisateur, est de supposer que cette mauvaise image est due à l'incompréhension du public. Les non-chimistes sont estimés ignorants et donc dans l'erreur quant à leur appréciation de ce qu'est la Chimie. Les discours vont alors répéter à l'envi des arguments clés : tout est chimique dans la Nature ; la pureté ne s'obtient que par des processus chimiques ; la connaissance chimique d'une substance permet bien mieux de s'assurer de son innocuité qu'une origine dite « naturelle », etc.

Mais ces arguments rationnels sont des coups d'épée dans l'eau.

Matraquer à grande échelle ce type de discours a semblé suffire au début du XXe siècle : après la Première Guerre mondiale, l'usage militaire de chimie et notamment des gaz de combat avait fortement dégradé l'image de la Chimie, et pourtant d'intenses campagnes publicitaires suffirent à inverser temporairement la situation. La Chimie devient pour un temps symbole de la modernité, pourvoyeuse de confort.

Comme le dit Bensaude-Vincent :

[...] les campagnes de l'« âge d'or » pour les industries chimiques mobilisent le public comme une masse de consommateurs dociles et naïfs. C'est ce même public supposé naïf qui semble aujourd'hui rejeter tout ce qui est chimique en l'assimilant hâtivement à tout ce qui est « non naturel ».

Une des raisons à cela est l'ambiguïté de la Chimie : le mot désigne tout autant une science qu'une industrie. Au contraire de la physique et de l'ingénierie par exemple, la connaissance chimique pure n'est pas dissociée des technologies et des mises en œuvres les plus terre-à-terre. Or le public n'est pas ignorant des conséquences des mises en œuvre industrielles sur le monde. Il ne les comprend que trop.

La science chimique souffre donc directement des conséquences de l'industrie chimique, sans que soient prises en compte les responsabilités de décisions économiques, sociales et politiques.

[...] la dichotomie « chimique ou naturel », avec toutes les connotations qu'elle véhicule – poison, souillure, nuisance et ravage – ne procède pas de l'ignorance ou de la crédulité d'un public ignare et assez ingrat pour rester aveugle à tout ce qu'il doit à la chimie. Elle repose sur un trait historique de l'industrie chimique, à savoir son développement dans le contexte d'une économie visant la production de masse et la société de consommation. [...]

C'est moins la chimie elle-même qui est en cause que le système économique et social dans lequel elle s'est développée. Le temps des croisades où les compagnies chimiques redoraient leurs blasons en finançant des campagnes publicitaires est donc révolu. (Bensaude-Vincent, 2004)

Un phénomène de bouc émissaire est donc une des causes de la mauvaise image de la Chimie.

II.2.2. La chimie, art du factice

Ce n'est toutefois pas la seule cause. Cette animosité s'ancre plus profondément dans la culture occidentale, dans la notion même de « faux », « factice » et « artificiel ».

La chimie abordée comme science de la matière se définit comme une connaissance de la nature, mais le grand public la perçoit au contraire comme une corruption de la nature.

Ainsi « avant même l'essor des produits de synthèse, la chimie fut toujours associée au factice. » (Bensaude-Vincent, 2004) L'ammoniaque indispensable aux teintures, les matières destinées à la verrerie ou, plus ancien encore, la panoplie chimique du tanneur ont depuis toujours des arts chimiques, des arts du « créé par l'homme ».

Au XIV^e siècle, à la fondation des universités en Europe, les alchimistes sont exclus. Les autres disciplines connaissent une période de formalisation et de partage, tandis l'alchimie est refusée pour des raisons philosophiques et théologiques. Car de façon globale, l'alchimiste apparaît comme charlatan, et de façon plus argumentée : il est impossible que la Chimie crée de nouvelles matières, car l'art ne peut qu'imiter la nature. Cette idée très ancienne était présente chez Sénèque au I^{er} siècle, et a été intégrée aux cultures chrétiennes notamment par l'influence de Thomas d'Aquin : l'art ne peut qu'imiter la nature, seul dieu est le véritable créateur. (Bensaude-Vincent, Faut-il avoir peur de la Chimie)

La chimie a toujours été la science de l'artificiel. Les matières issues de la chimie sont caractérisées comme artificielles, voire « fausses ». (Bensaude-Vincent, 2004)

Cette exclusion officialise donc l'alchimie, et la chimie après elle, comme productrice de faux, de factice.

La culture occidentale est donc prédisposée depuis longtemps à considérer la Chimie néfaste.

II.2.3. La pollution

Le mot « pollution » est important pour les débats environnementaux. Il est donc remarquable que son origine soit lourde de connotations. Le mot français contemporain « pollution » provient du latin *pollutio*, signifiant dans l'antiquité « salissure, souillure ». Dans la chrétienté, il avait surtout conservé un sens de souillure très connotée, il s'agit d'une « profanation », dès le 17^e d'après le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (Cnrtl), qui donne cet exemple : « La pollution d'une église dure jusqu'à ce qu'elle ait été bénite de nouveau (Ac.). » Le mot n'a dans cette phrase aucune connotation « matérielle », c'est le sens du sacré qui intervient. Pour un public possédant toujours culturellement des traces de cette conception, toute gestion de la pollution apparaît comme un tour de passe-passe, incapable de rendre véritablement à la nature sa sacralité originelle.

Plus ancienne encore, mais encore courante au XX^e siècle, l'expression « pollutions nocturnes » désigne les éjaculations de l'enfant mâle, avec une connotation morale. Le Cnrtl donne cette citation de 1314 : « Pollution est projection de semence sans savoir le tans que c'est fait ». Il était traditionnellement énoncé que l'enfant avait alors commis une faute, la salissure du drap blanc symbolisant la souillure de la pureté.

La notion de pollution a donc été fondée à partir d'un concept lourd de connotations non scientifiques. Or ces connotations s'emboîtent tout à fait avec le débat écologique : c'est la nature qui est sacrée, pure tant que l'Homme n'y intervient pas.

Les trois points qui viennent d'être abordés — la chimie bouc émissaire, la chimie intrinsèquement factice et la chimie connotée moralement — donnent une idée de la toile de fond culturelle devant laquelle la chimie s'apprend, et qui interfère avec les apprentissages.

II.3. Obstacles didactiques à la notion de réaction chimique

La transformation chimique est un des principaux fondements de la Chimie. Dans le système scolaire, elle est décrite à l'aide du modèle de la réaction chimique et de la mise en équation.

Les collégiens découvrent l'abstraction chimique pendant le cycle 4, dans notre collège en classe de 4^e. Ils quittent pour la première fois les propriétés perceptibles de la matière pour descendre vers l'infiniment petit, fondamentalement invisible.

II.3.1. Les conceptions sur les réactions chimiques

Dans des publications comme celle de Solomonidou (1994) et Chambenois (2003), il est établi que l'apprentissage du concept de réaction chimique est entravé par la mauvaise compréhension sous-jacente du concept de substance.

Chambenois établit deux catégories d'erreurs dominantes sur les réactions chimiques chez les élèves de 4^e :

- une réaction chimique est lorsque deux ou plusieurs réactifs donnent un ou plusieurs produits ;
- une réaction chimique est ce qui est responsable de modifications visibles dans un système donné.

Dans la première, les élèves sont poussés à attribuer le statut de « réactifs » à tout ce qui entre en contact, se mélangent... Ils désignent une flamme comme réactif, une couleur, et même le temps lui-même... Dans la deuxième, ils peinent à qualifier de réaction chimique toute transformation lente ou sans manifestation perceptible. Ce n'est pas le changement des substances elles-mêmes qui importe, mais des épiphénomènes.

En amont de ces deux conceptions, on trouve donc un même problème avec le concept de substance.

II.3.2. Problèmes didactiques avec les substances

II.3.2.1. Un problème de mots

Pour le chimiste, la notion de substance est si fondamentale qu'elle peut être difficile à expliciter.

Plusieurs termes ont des sens proches sur le sujet, notamment : matière, corps pur, et substance.

« Matière » est un registre de langage très courant, et donc ambivalent. De l'eau salée est-elle une matière ou bien deux ? Le chimiste a besoin d'une rigueur que ne lui apporte pas le mot « matière ».

Le terme « substance » vient de l'anglais et est courant en recherche chimique et didactique. Mais il n'apparaît pas dans les programmes scolaires français.

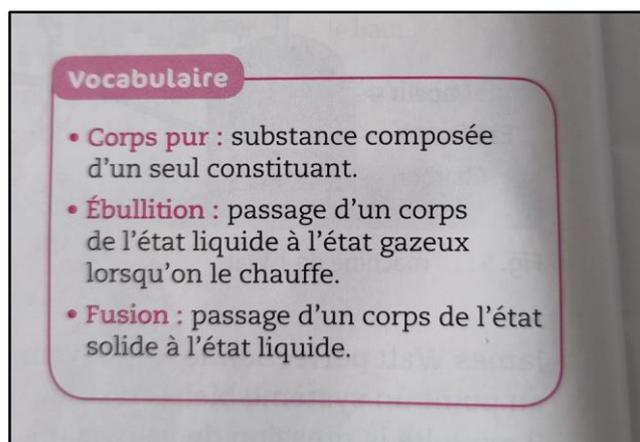
Les programmes utilisent le terme « corps pur ». Les diverses définitions scolaires peuvent se réduire à deux types :

Définition 1

« Un corps pur est une matière constituée d'un seul constituant. »
(Exemple image ci-contre, Manuel Hatier Cycle 4, 2017)

Définition 2

« Un corps pur est une matière ne comportant qu'une espèce chimique. »
(Exemple image ci-dessous : physique-chimie-college.fr, cours de 4e.)



Un corps pur est une substance ([solide](#), liquide ou [gaz](#)) qui n'est constituée que d'une seule sorte de molécule.

Exemples :

- [L'eau](#) distillée est un corps pur car elle n'est constituée que de molécules d'eau.

Dans les deux cas, pour définir « Corps pur », les enseignants et les manuels scolaires se reposent sur d'autres termes. Or ceux-ci amènent des questions supplémentaires.

Qu'est-ce qu'un constituant ? La définition 1 implique que les atomes ne comptent pas comme composants. Mais c'est implicite et impossible à justifier aux élèves sans justement aller dans les chapitres suivants, voir les années suivantes.

La définition 2 repose sur une notion est encore plus avancée que celle de corps pur, la notion d'espèce chimique. Et le problème serait le même si un mot comme « molécule » était utilisé.

Une définition officielle d'un corps pur peut être trouvée avec le GoldBook de l'IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). (« Corps pur » se traduisant au premier abord en *Chemical substance*).

Chemical substance : matter of constant composition best characterized by the entities (molecules, formula units, atoms) it is composed of. Physical properties such as density, refractive index, electric conductivity, melting point etc. characterize the chemical substance. (IUPAC Gold Book)

Les termes molécules et formules semblent incontournables. Il est donc en fait difficile pour un chimiste de définir concrètement un corps pur sans passer par des explications complexes.

Un corps pur est normalement identifié grâce à ces propriétés intensives citées par l'IUPAC. Citer des valeurs de propriétés intensives est très limité au niveau collège, à l'exception de la densité, de température de changement d'état pour l'eau, et des paliers de températures.

Ce serait une troisième définition, phénoménologique :

Définition 3

Un corps pur change d'état à température constante.

Cette définition a l'avantage de l'historicité, mais l'inconvénient de ne pas expliquer les corps purs eux-mêmes.

II.3.2.2. Un contournement scolaire

Face à ces multiples définitions et leurs difficultés, les élèves peuvent réussir leurs exercices scolaires en contournant le problème : les corps purs sont... toutes les matières qui ne sont pas des mélanges.

Mais ce n'est qu'un critère scolaire, en fait circulaire. Le premier définit le second, qui définit le premier... La notion de corps pur est en fait évitée, et ne prépare pas l'introduction du concept d'espèce chimique. Les mélanges sont confondus avec toute matière ayant subi une action de mélange.

Ce critère scolaire ne permet pas de distinction expérimentale. Il encourage ainsi les élèves à ne pas relier leurs apprentissages au monde réel.

Pour résumer, pour mieux enseigner la réaction chimique, un problème sous-jacent provient des conceptions sur la matière subissant les réactions chimiques, et notamment le constituant élémentaire qui va se transformer, le corps pur.

Comment amener les élèves à ce concept ?

II.3.2.3. Conceptions sur les substances

Une base utile provient de Solomonidou (1994) : « la construction du concept chimique de substance ne peut être que le fruit [du] passage de l'idée de substance-objet (inerte), ayant une seule propriété utilitaire, ou fonction, à l'idée de substance chimique, identifiée par un ensemble de propriétés-interactions. »

L'enseignant saute généralement de la description des propriétés physiques (masse, volume, forme et autres aspects sensibles) à une description microscopique, sans travailler sur les propriétés chimiques. Une explication à ce saut est qu'ils confinent les propriétés chimiques justement à un chapitre « Réaction chimique ». Mais ceci ne fait alors pas assez de liens entre les transformations observées macroscopiquement avec les modèles de réactions chimiques étudiées.

II.3.2.4. Language

Solomonidou (1994, p.78) souligne qu'un des principaux savoirs spontanés des élèves est la persistance de l'identité d'une matière. Ainsi de l'œuf cuit est toujours de l'œuf ; du brocoli devient à la cuisson « du brocoli cuit ». Au contraire, les chimistes savent que les substances présentes ont changé sous l'effet de la chaleur.

Cela n'est d'ailleurs l'apanage des élèves, le langage quotidien est le véhicule de ces conceptions même chez les spécialistes. Pensons à la pratique multimillénaire de la chaux : on appelle *chaux vive* l'espèce CaO , *chaux éteinte* une autre espèce Ca(OH)_2 et *eau de chaux* si cette même espèce Ca(OH)_2 sature une solution... Il s'agit pourtant de matières aux propriétés physiques et

chimiques très différentes, mais rassemblées avec un même mot « chaux », car dans la pratique, préparer l'un se fait à partir de l'autre. C'est la pratique qui dicte les noms, et non pas la nature chimique.

Ainsi non seulement le langage quotidien induit les élèves en erreur, mais même les langages adultes n'aident pas à lever les ambiguïtés.

II.4. Les conceptions à étudier

Les conclusions de l'analyse par Solomonidou en 1994 nous fournissent un ensemble de conceptions sur les transformations chimiques. À partir d'elles, et des éléments didactiques et culturels tels que décrits précédemment dans cet état de l'art, des conceptions sur la matière elle-même sont proposées pour ce travail de recherche.

Quatre hypothèses de conceptions sur la matière sont retenues :

Conception A : Dépendance à l'origine

Conception B : Confusion objet/matière

Conception C : Excès de matérialité

Conception D : Confusion par les 3 états

Ces hypothèses de conceptions permettront de construire des questions pour permettre d'évaluer l'investissement des élèves de classe de 5e dans chacune.

Ces conceptions sont détaillées ci-après.

II.4.1. *Conception A : Dépendance à l'origine*

Dans cette conception, c'est l'origine qui définit les propriétés d'une matière, pas sa composition. (Voir notamment : Solomonidou C. 1994, page 84) Les élèves considèrent que même un corps pur est différent s'il n'a pas la même origine qu'un autre.

Exemple : du sel de mer serait différent du sel de mine, même s'il est composé à 100 % de NaCl.

Piste de médiation : on insistera sur les propriétés de chaque matière, liées uniquement à sa composition.

Autre piste de médiation : traiter des transformations lentes, à commencer par la rouille. Quitte à laisser en arrière de la salle de classe une expérience de transformation lente. Montrer la présence de substances actives dans la vie courante.

Plus précisément, les matières du laboratoire ne sont pas celles de la vraie vie, elles appartiennent à une catégorie différente. Le critère est ici qu'elles soient celles qui ont des irisations, des couleurs fluorescentes ou chimiluminescences. Elles provoquent des explosions, de la mousse, des effets impressionnants.

Le « chimique » est spectaculaire et s'oppose au « banal ».

La pratique courante de présentation de la Chimie via des transformations spectaculaires renforce cette conception. (voir notamment Chambenois 2003.)

Les matières « normales » sont celles trouvées dans le quotidien, généralement plus inertes (en fait pour des raisons de sécurité...). Cette catégorie de matière évolue lentement (feuilles d'arbres à l'automne, pomme qui s'oxyde...) et généralement spontanément, sans autre réactif.

Cette conception amènera ensuite l'élève à ne repérer de transformation chimique que par un événement, un changement visuel ou un son.

Dans cette conception, les matières « normales » sont de natures différentes des matières « chimiques », « de laboratoire » ou « faites de molécules ».

Cette conception inclut ce qui est appelé dans la littérature sur les réactions chimiques la conception agent-patient. D'un côté des matières actives, d'un autre des matières passives.

La langue véhicule l'idée qu'un acide « attaque » un métal, un solvant « dissout » un vernis : une des deux substances est active, l'autre passive. La substance active est généralement celle considérée intrinsèquement « chimique », (alors que c'est en général la forte concentration et la pureté qui sont typiques des produits de laboratoire...)

Lors de l'apprentissage des transformations chimiques, cette conception poussera les élèves à chercher un « attaquant ». S'ils n'en trouvent pas, ils attribueront ce rôle au feu ou à tout autre déclencheur, le confondant avec un réactif.

(Voir notamment Solomonidou, 1994, p.77)

Au-delà de l'aspect général, cette conception recouvrant de multiples sujets, elle est déclinée en plusieurs sous-aspects pour analyse :

- ⑩ A1 est l'aspect général de dépendance à l'origine.
- ⑩ A2 : opposition chimique / naturel
- ⑩ A3 : association chimique – artificiel
- ⑩ A4 : association chimique – danger
- ⑩ A5 : association naturel – inoffensif

L'aspect A2 s'intéresse à la différenciation entre les matières dites « chimiques » et celles dites « naturelles ». Le mot « chimique » est chargé de connotations sociétales (tels qu'évoquées dans l'état de l'art, partie II).

L'aspect A3 concerne l'association entre le caractère artificiel et le caractère chimique. Cet aspect existe couramment dans notre société ; par exemple la lutte contre les « aliments transformés » dans la diététique, où l'accent est mis sur la transformation elle-même et non pas sur la matière finale.

L'aspect A4 a été centré sur l'association automatique de la chimie et du danger. Les consignes de sécurité renforcent cette conception. Le lieu et le moment de la Chimie sont le lieu et le moment du danger, donc le chimique est intrinsèquement dangereux.

Un déodorant considéré « naturel », comme la pierre d'alun, serait automatiquement sain, tandis qu'un déodorant « industriel » serait nocif à cause de l'aluminium dans les composants. (Alors que l'alun est un composé d'aluminium.) Ceci fait écho à notre état de l'art (notamment (Carretto 1994)).

Enfin, un dernier test (A5) explore une association opposée ; entre naturel et inoffensif.

II.4.2. Conception B : Confusion objet/matière

Dans cette conception, les propriétés ne sont pas forcément attachées à la matière elle-même, mais à l'objet. Typiquement un élève peut dire qu'une matière va « perdre sa couleur », et pourtant affirmer qu'il s'agit de la même matière. (Solomonidou, 1994, p.78)

Dans la vie courante, un œuf cru peut devenir un œuf cuit. Si cela est vrai pour l'objet « œuf », cela ne l'est pas pour la matière « œuf ». L'objet maintient son identité et l'élève pense que la matière est de même.

Comme le disait Bergson, un lampadaire chauffé au-delà du point de fusion devient-il un lampadaire fondu ou bien un tas de métal ? Y a-t-il un degré de fusion particulier où l'objet perd son identité ? Cette question philosophique est insoluble pour l'élève. Tant que le concept de matière n'est pas bien séparé de celui d'objet, il y a blocage.

Piste de médiation : on insistera sur la distinction objet/matière, définissant ainsi mieux le concept de matière. On prendra garde à tous les cas où la langue courante dit « de l'eau », « du beurre », « de la farine » indifféremment pour distinguer la matière ou une quantité formant un corps... (« de la farine » peut signifier « la matière farine », mais aussi « une cuillère de farine », donc une matière ou un « objet »/corps.) Le vocabulaire de « corps » aiderait peut-être, d'autant plus qu'il est déjà présent dans « corps pur ».

Autre piste de médiation : la compréhension du concept d'homogénéité et de corps pur sera clé. L'élève voyant un corps homogène (jus d'orange, acier, etc.), il le conceptualise comme une seule « chose », une seule matière... une seule substance.

L'élève doit devenir familier avec l'idée qu'une matière homogène puisse être constituée de plusieurs substances.

Autre piste de médiation : mieux faire définir une substance par ses propriétés chimiques intensives.

II.4.3. Conception C : Excès de matérialité

Les difficultés à faire acquérir les lois de conservation aux élèves proviennent notamment de leur concept de ce qu'est la matière.

Ceci se nourrit notamment du statut ambigu de la chaleur, des couleurs, de la température, la lumière... phénomènes liés à la matière, affectant la matière, mais n'étant pas matière eux-mêmes.

Tant que ces immatériels ne sont pas bien distingués des matières, l'élève identifie les transformations chimiques à la création et destruction de feu, de lumière... et ne peut se construire un modèle de conservation des espèces chimiques.

II.4.4. Conception D : Confusion entre les 3 états

Autre source de souci de conservation dans les transformations chimiques, au contraire il est documenté que les élèves ne considèrent pas vraiment les gaz comme des matières. Ceci rend les lois de conservations peu convaincantes pour l'élève, puisqu'il voit des matières être consommées, mais « seulement » des gaz être produits...

Pistes de médiation : définir la matière par leur caractéristique de masse ; travailler sur les gaz comme matière à part entière. (Solomonidou, 1994, p.77)

Par ailleurs, il y a confusion changement d'état/changement de substance

L'eau à l'état solide est désignée par un nom propre « glace », comme s'il s'agissait d'une matière distincte. De même pour la vapeur d'eau. Et lors d'une transformation physique, de nombreuses propriétés extensives et intensives changent. Comment être surpris alors que cette transformation soit confondue avec une transformation chimique ?

Seules les propriétés chimiques sont conservées lors d'un changement d'état (et encore : les vitesses de réaction changent souvent drastiquement.)

Un cas ambigu est celui d'un mélange glace/eau liquide. (Les deux étant considérés comme constitués d'eau pure.) S'agit-il d'une matière ou de deux ? Le langage commun en considère deux. Mais le chimiste pense à une unique espèce chimique dans deux phases séparées. Or la définition scolaire d'un corps pur intervient entre le langage commun et l'expertise du chimiste. L'enseignant de chimie au collège dira ainsi facilement « L'eau et la glace changent d'état, mais il s'agit toujours d'eau. C'est la même matière. C'est de l'eau à l'état liquide et de l'eau à l'état solide. »

Pistes de médiation : montrer la conservation de certaines propriétés ou de la substance elle-même lors des transformations physiques.

III. Dispositif de terrain

III.1. Qu'allons-nous faire ?

III.1.1. *Objectif*

Il a été suggéré de résoudre les problèmes sur les réactions chimiques en introduisant très rapidement le niveau microscopique (Chambenois, 2003), notamment à l'aide de modèles particuliers.

Toutefois ceci ne construit pas un concept macroscopique du corps pur, laisse de côté l'aspect « propriétés intensives », principal aspect observable et non lié à une interprétation.

Comme on l'a vu dans l'état de l'art (B.I.a.), une fois une conception ancrée chez l'apprenant, elle est très difficile à dépasser. (Steve Masson 2012, Olivier Houdé 2004). Le nouvel apprentissage consistera en une inhibition de l'ancien, qui ne s'activera plus dans certaines circonstances... mais sera toujours présent dans d'autres.

Introduire les réactions chimiques via l'abstraction microscopique laisse donc s'ancrer des notions macroscopiques erronées. Il importe donc de construire un concept macroscopique du corps pur.

III.1.2. *Remédiation expérimentale*

Nous intervenons avec des élèves de 5e, qui n'ont de ce fait pas encore découvert le niveau microscopique.

Il y a consensus sur la nécessité de privilégier une approche expérimentale, avant de passer à l'abstraction. La principale raison de la non-dominance de l'expérimentation est sa difficulté de mise en œuvre, tant en termes de coût financier qu'en temps humain, pour préparer le matériel et gérer la sécurité.

L'autre principale limite de l'expérimentation réside dans la difficulté pour les élèves à tirer des conclusions par eux même, sans que l'enseignant ne sur-étaye et amène en fait sa propre réponse. Entre autres, distinguer transformation chimique d'une transformation physique n'est pas forcément possible pour un élève en raisonnant au niveau macroscopique. (Carretto, 1994)

III.1.3. Étapes

Nous allons donc :

1. recueillir les conceptions des élèves sur les substances (corps purs)
2. leur proposer une séance de remédiation
3. puis recueillir à nouveau leurs conceptions
4. analyser les données recueillies.

III.2. Séquence de remédiation

La remédiation travaillera donc le concept de matière chez l'élève. Elle consiste en une séquence longue de 3 séances en classe entière et 1 séance en demi-classe.

III.2.1. Plan de travail en classe entière

En classe entière, les élèves travaillent par petits groupes sur des activités insistant entre autres sur la notion de corps pur. (Modalité « Plan de travail » : sur 7 activités disponibles, ils doivent sur les 3 heures en valider au moins 4.)

Ci-dessous, trois activités du plan de travail liées à ce sujet. (Tous les sujets d'activités sont disponibles dans les Annexes)

Trois activités du plan de travail :

Activité Beurre de coco Objectif : confusion liée au changement d'état	Activité Pureté Objectif : mise en évidence des corps purs	Activité Gaz Objectif : mise en avant de la masse																																								
<p>Elève : _____ Compétences travaillées : E10 - Extraire des informations E2 Rédiger</p> <p>Beurre de coco ou huile de coco ? 10' 5°</p> <p>Objectif : 4E. Caractériser les changements d'états</p> <p>Un jour pendant une canicule en août, un employé de supermarché s'étonne de voir les pots marqués « Beurre de coco » tous remplis non pas de beurre, mais d'un liquide incolore.</p> <p>Puis, un jour fin octobre, il reçoit le même produit... mais cette fois la boîte est remplie d'un solide blanc ! Le produit a-t-il changé ? Doit-il s'inquiéter ?</p> <p>Un souvenir de cours de Physique-Chimie le pousse à regarder le thermomètre du magasin : l'été est fini, il fait désormais 18°C.</p> <p>Doc.1 : Beurre de coco Une recherche « Beurre de coco » sur Wikipedia donne ceci :</p> <p>Propriétés physiques T° fusion : 20 à 28 °C ;</p> <p>Doc.2 : Changements d'états Quand une matière change d'état, la ou les substance(s) qui la compose ne changent pas. Par exemple de l'eau solide ou gazeuse reste de l'eau. Elle ne devient jamais de l'huile. Si de nouvelles substances apparaissent, ce n'est pas un changement d'état. Par exemple, du sucre qui devient du caramel n'est pas un changement d'état. Il est incorrect de dire que le sucre « fond », car le caramel est une nouvelle substance.</p> <p>● Rédiger un court texte citant un changement d'état pour expliquer ce qui s'est passé.</p>	<p>Elève : _____ Compétences travaillées : E10 : S'orienter sur des graphiques E20 : Rédiger</p> <p>Ce beurre est-il pur ? 10' 5°</p> <p>Objectif : 4H.4I Expliquer les changements d'état des corps purs</p> <p>Dans le froid, le beurre de coco est un solide blanc mou. Mais quand il fait chaud, c'est un liquide incolore. Il s'agit pourtant de la même matière, mais elle a subi un changement d'état à cause de la température. Exactement comme la glace (eau état solide) peut fondre pour devenir de l'eau à l'état liquide.</p> <p>Il y a toutefois une différence avec l'eau. Si on fait chauffer de la glace pure (eau pure état solide) ou du beurre de coco, on relève ces températures :</p> <p>Doc.1 : deux graphiques</p> <p>Evolution de la température lors de la fusion de l'eau pure</p> <table border="1"> <tr><th>Temps (min)</th><td>0</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td></tr> <tr><th>Température (°C)</th><td>-10</td><td>-5</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td></tr> </table> <p>Evolution de la température lors de la fusion de beurre de coco</p> <table border="1"> <tr><th>Temps (min)</th><td>0</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td></tr> <tr><th>Température (°C)</th><td>-10</td><td>-5</td><td>0</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td></tr> </table> <p>● Rédigez au dos de cette feuille un court texte (cinq lignes maximum) justifiant si le beurre de coco est un corps pur ou pas.</p> <p>Doc. 2 : La propriété spéciale des corps purs Une matière d'apparence homogène peut être un mélange, cela ne se voit pas. Mais avec les changements d'état, on peut savoir. Les corps purs ont une propriété spéciale : pendant un changement d'état, la température stagne. (Le graphique est horizontal.) Au contraire, les mélanges continuent de changer de température pendant un changement d'état.</p> <p>Doc de rappel Les corps purs ne contiennent qu'une seule substance. Les mélanges contiennent plusieurs substances.</p>	Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	Température (°C)	-10	-5	0	0	0	0	5	10	15	Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	Température (°C)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	<p>Elève : _____ Compétence travaillée : E2R - Rédiger</p> <p>Les gaz sont-ils de vraies matières ? 15' 5°</p> <p>Objectif : 4A. Identifier une matière</p> <p>Document 1 : Qu'est-ce qu'une matière ? Une matière a une masse. Ensuite, une matière a des propriétés physiques et chimiques : - Exemples de propriétés physiques : la forme, la solidité... - Exemples de propriétés chimiques : inflammable, acide, oxydant... Il existe aussi des choses qui ne sont pas des matières, qui n'ont pas ces caractéristiques.</p> <p>Document 2 : Photos d'époque. Le LZ129 Hindenburg est un zeppelin de 235m de long, le plus grand jamais construit. Il était rempli de gaz hydrogène, plus léger que l'air. C'est justement cette masse très réduite qui permettait au gaz de faire voler le zeppelin.</p> <p>Le 6 mai 1937, dans le New Jersey (USA), les 200 000m³ d'hydrogène s'enflamment. Après cette catastrophe, le monde entier arrêta de construire des zeppelins.</p> <p>Document 3 : Des rayons de lumière se croisent sans se gêner les uns les autres. Un rayon peut s'arrêter dès qu'il touche un objet, mais il s'allonge à nouveau si on enlève l'obstacle. Une balance ne montre aucune différence de masse si elle est éclairée fortement ou dans le noir.</p> <p>● Rédiger en cinq lignes maximum : expliquer si le gaz hydrogène et la lumière sont des matières. (Justifier en vous référant aux documents.)</p>
Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																	
Température (°C)	-10	-5	0	0	0	0	5	10	15																																	
Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40																																	
Température (°C)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30																																	

Une dernière activité, en clôture de séquence, introduit la différence entre transformation physique et transformation chimique.

III.2.2. **Activité expérimentale en demi-classe**

Il est également important de passer par l'expérimentation. Le palier de température est à la fois une approche historique et expérimentale de l'identification des corps purs. Accessibles en collège, ils ont donc été choisis pour cette remédiation.

Les élèves doivent suivre la température d'eau pure plongée dans un bain réfrigérant. À l'aide de la courbe tracée, ils constatent le palier de température durant le changement d'état.

Activité expérimentale en demi-classe :

<p>Elève : _____ Notion travaillée : Savoir identifier les propriétés d'un changement d'état</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;"> </div> <h4 style="text-align: center;">La température d'un corps pur lors d'une solidification</h4> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">Objectif d'apprentissage</th> <th style="width: 50%;">Critères d'évaluation</th> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Compétence « Expérimenter » (Proposer et mettre en œuvre un protocole d'expérience)</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> - Protocole valide rédigé dans le temps imparti (verbes d'actions à l'infinitif, étapes atteignant le but fixé) - Formuler une hypothèse avant l'expérience - Mettre en œuvre le protocole - Conclure après l'expérience - Comportement conscient de la sécurité </td> </tr> </table> <p>La petite histoire</p> <p><i>La jeune Chloé et ses parents ont oublié les bouteilles d'eau à l'arrière de la voiture. Le matin, Chloé en prend une pour aller à l'école, mais elle découvre qu'un morceau de glace y flotte ! Il a fait froid cette nuit... Toutefois, plus des trois quarts de l'eau est encore liquide. Elle se dit qu'elle est arrivée à temps : le reste de l'eau n'a pas encore autant totalement refroidi ! Elle boit la partie liquide... et horreur, l'eau est si froide que cela lui fait mal à la tête instantanément.</i></p> <p><i>Elle croyait que cette eau était encore liquide parce qu'elle était un petit peu plus chaude, mais maintenant elle se demande s'il n'y a pas autre chose...</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Objectif de la séance</p> <p>Expérimenter pour mesurer comment évolue la température lors de la solidification de l'eau pure.</p> </div> <p>Commençons ensemble à préparer votre expérience</p> <p>Quel matériel pour cette expérience ?</p> <p>Comment rédige-t-on un protocole d'expérience ?</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>	Objectif d'apprentissage	Critères d'évaluation	<p>Compétence « Expérimenter » (Proposer et mettre en œuvre un protocole d'expérience)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protocole valide rédigé dans le temps imparti (verbes d'actions à l'infinitif, étapes atteignant le but fixé) - Formuler une hypothèse avant l'expérience - Mettre en œuvre le protocole - Conclure après l'expérience - Comportement conscient de la sécurité 	<h4>Partie I : Construction d'un protocole</h4> <p>Consigne : chaque élève complète le protocole dans ce tableau et l'hypothèse en dessous. Si votre enseignant valide, passer à la partie Manipulation.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">Liste du matériel</th> <th style="width: 50%;">Étapes du protocole</th> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • • • </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>1)</p> <p>2)</p> <p>...</p> </td> </tr> </table> <p>Hypothèse</p> <p>Ecrire une hypothèse : on sait que l'eau va se solidifier, mais comment la température va-t-elle évoluer ?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <h4>Partie II : Manipulation</h4> <p>Consigne : Mettre en œuvre le protocole et compléter ce tableau de mesures. Vous serez arrêtés 15 minutes avant la sonnerie.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 10%;">Temps t (en min)</th> <th>0</th> <th>0,5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">Température T (en °C)</th> <td></td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">Ce que j'ai compris après l'expérience</p> <p style="text-align: center;">Consigne : Rédiger un court texte expliquant ce que vous avez compris sur l'évolution de la température lors d'une solidification. (5 minutes)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> </div>	Liste du matériel	Étapes du protocole	<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<p>1)</p> <p>2)</p> <p>...</p>	Temps t (en min)	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Température T (en °C)														
Objectif d'apprentissage	Critères d'évaluation																																						
<p>Compétence « Expérimenter » (Proposer et mettre en œuvre un protocole d'expérience)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protocole valide rédigé dans le temps imparti (verbes d'actions à l'infinitif, étapes atteignant le but fixé) - Formuler une hypothèse avant l'expérience - Mettre en œuvre le protocole - Conclure après l'expérience - Comportement conscient de la sécurité 																																						
Liste du matériel	Étapes du protocole																																						
<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<p>1)</p> <p>2)</p> <p>...</p>																																						
Temps t (en min)	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																									
Température T (en °C)																																							

III.3. Construction du questionnaire

Pour sonder ces conceptions chez les élèves, nos questions sont orientées.

Les élèves de 5e connaissent peu de matières différentes et ont peu de culture quant aux processus ayant créé celles qu'ils connaissent. Ils ne peuvent donc pas s'appuyer sur ces connaissances comme le ferait un adulte.

L'objectif n'est pas non plus à tester leur apprentissage de définitions de chimie comme « corps pur » ou « homogène », car celles-ci sont justement des conceptions qui risquent d'être confinées à la classe de chimie, voir juste au chapitre. Des informations sont visées.

III.3.1. **Structure du questionnaire**

Ce questionnaire s'inspire de celui utilisé par Chambenois et Bromont en 2003, qui documentait les conceptions sur les réactions chimiques.

NICOLAS Fabien

Le questionnaire commence par deux parties qui demandent à l'élève de rédiger. Le collégien est peu à l'aise avec cette tâche. Une troisième partie lui demande donc une autre type de réponse, un tableau à compléter qui permet d'éclaircir ce que la rédaction a laissé peu clair.

III.3.2. **Consignes des trois parties**

- 1) Qu'est-ce qu'une matière ? Rédigez quelques phrases.
- 2) Que veut dire « chimique » ? Rédigez quelques phrases.
- 3) Complétez le tableau au dos de cette feuille. Choisissez ce qui vous semble le mieux décrire la matière à chaque ligne.

III.3.3. **Questions du tableau de la partie 3**

Questions posées dans le questionnaire	Matière(s) naturelle(s) ?	Matière(s) chimique(s) ?	Combien de matière(s) ?	Dangereux ?
Réponses possibles (et leur code)	0 : non 1 : oui 2 : ni oui ni non	0 : non 1 : oui 2 : ni oui ni non	0 : Aucune 1 : Une seule 2 : Deux 3 : Trois ou plus	0 : non 1 : oui, pour l'environnement 2 : oui, pour le corps humain 3 : oui, attaque d'autres matières

Une série d'une vingtaine d'items est alors proposée à l'élève, qui complète pour chaque les quatre questions : Naturel ? Chimique ? Combien de matières ? Dangereux ?

Volontairement, les termes chimique et naturel ont été séparés, pour ne pas suggérer aux élèves que ces réponses s'excluent mutuellement.

Les rédactions et les valeurs dans le tableau donneront deux approches pour cerner les conceptions élèves.

III.4. **Axes d'analyse**

Comme vu à la fin de l'état de l'art, quatre hypothèses de conceptions doivent être testées.

Conception A : Dépendance à l'origine

Conception B : Confusion objet/matière

Conception C : Confusion par les 3 états

Conception D : Immatérialité

Des questions aux élèves permettront d'évaluer l'investissement des élèves dans chaque conception.

III.4.1. Tests de A : Dépendance à l'origine

Cette conception est déclinée en plusieurs aspects pour analyse, chaque aspect donnant un test dans les données du questionnaire.

III.4.1.1. Test A1 : Dépendance à l'origine

Test général de A. Des paires de corps purs d'origines différents sont proposées : si les réponses à « Naturel ? » « Chimique ? » ou « Dangereux, » sont différents, cela atteste de la présence de cette conception chez l'élève.

Exemples d'items :

- ⑩ (a) et (b) Un diamant venu d'une mine/un diamant de synthèse,
- ⑩ (j) et (k) Alcool pur produit à partir d'une plante/Alcool pur produit à partir de pétrole.

Les tests suivants s'intéressent aux différentes connotations liées aux origines :

III.4.1.2. Test A2 : Opposition « naturelle »/« chimique »

Pour tous les items, les réponses à « Naturel ? » sont-elles systématiquement opposées à celle de « Chimique ? »

III.4.1.3. Test A3 : Association artificialité — « chimique »

Les items considérés d'origine « artificielle » (technique, laboratoire, etc..) sont-ils jugés « Chimique ? »

III.4.1.4. Test A4 : Association « chimique » — « danger »

Pour tous les items, les réponses à « Chimique ? » sont-elles systématiquement jugées dangereuses ?

III.4.1.5. Test A5 : Association « naturel » — inoffensif

Pour tous les items, les réponses à « Naturel ? » sont-elles systématiquement jugées non dangereuses ?

III.4.2. Test de B : Confusion objet-matière

Cette conception est testée en proposant des objets en plusieurs quantités.

Corps purs et mélanges, il est demandé de donner la quantité de matières présentes : une, deux, trois ou plus.

Exemples d'items :

- ⑩ (m) Huits lames en acier de couteaux
- ⑩ (i) Deux petits tas de farine

III.4.3. Test de C : Immatériels

Le test consiste à proposer des items non matériels quoiqu'ayant une réalité physique.

Comme pour (B), on demande la quantité de matières présentes. Mais on ajoute l'option de réponse : aucune. Le nombre d'items immatériels comptés comme des matières renseigne sur la croyance en cette conception.

Exemples d'items :

- ⑩ (h) : Deux rayons de soleil
- ⑩ (l) : Une flamme

III.4.4. **Test de D : Confusion 3 états**

Des matières sont proposées sous différents états. On regarde le nombre donné en réponse à « Matière(s) ? », pour savoir si l'élève les considère toutes comme des matières.

D1 : les liquides ont-ils été considérés comme des matières ?

D2 : les gaz ont-ils été considérés comme des matières ?

Exemples d'items :

- ⑩ (d) : Un litre d'eau qui bout, avec des volutes blanches qui en sortent
- ⑩ (q) : Une bougie dont le sommet est un petit bassin de cire fondue

III.4.5. **Listes des items proposées aux élèves**

Chaque item est utile pour tester une ou plusieurs conceptions.

Les items sont ici présentés dans un ordre logique, mais ce n'est pas le cas dans les questionnaires élèves : un mélange aléatoire permet d'éviter des biais. (Les items sont repérés par des lettres, en première colonne, correspondant à l'ordre dans le questionnaire élève.)

Listes des items proposées aux élèves dans le questionnaire :

	Conception liée :	A1	B	C	D	A3	A5
	Caractéristique utile :	Paires à comparer	Plusieurs objets	Immatériels	État liquide ou gazeux	Artificiel	Quotidien
a	Deux diamants venus d'une mine	x	x				
b	Deux diamants fabriqués en laboratoire	x	x			x	

j	Un litre d'alcool pur produit à partir d'une plante	x			x		x
k	Un litre d'alcool pur produit à partir de pétrole	x			x	x	
n	Arôme de vanille extrait de la plante vanille	x			x		x
o	Arôme de vanille synthétisé en laboratoire	x				x	
l	Une flamme			x			
h	Deux rayons de soleil		x	x			x
i	Deux petits tas de farine		x				x
m	Huit lames d'acier de couteaux		x				x
g	Trois blocs de pâte à modeler		x				x
d	De l'eau qui bout, avec des volutes blanches qui en sortent				x		x
q	Une bougie dont le sommet est un petit bassin de cire fondue.				x		x
r	Cachet de paracétamol (médicament contre mal de tête)					x	x
c	Un tube de colle (en bâton, pour l'école)					x	x
s	Un litre de shampoing				x	x	x
t	Un kg de bois et de cendre de bois		x		x		x

III.4.6. *Récapitulatif*

Tableau récapitulatif pour analyse du questionnaire :

	Titre de la conception	Résumé de l'erreur	Résumé sommaire du test
A	Dépendance à l'origine	Les propriétés d'une matière dépendent de l'origine et non pas seulement de la composition.	Matières d'origines différentes. Testées par comparaison des réponses entre : <i>Naturel, Chimique et Dangereux</i>

B	Confusion objet/matière	Les propriétés sont véhiculées par l'objet, pas par les matières.	Matières dans plus d'un objet/corps Le nombre répondu à <i>Matière(s)</i> ? renseigne sur cette conception.
C	Excès de matérialité	Feu ou lumière sont des matières. La conservation des entités chimiques ne pourra alors pas faire sens.	Corps non matériels : flammes, lumière, etc. ainsi que des gaz. La réponse « Aucune » à <i>Matière(s)</i> ? indique cette conception.
D	Confusion 3 états	Les gaz ne sont pas des matières. Tout est transformation de substance, dès qu'il y a changement.	Matières sous différents états. Le nombre répondu à <i>Matière(s)</i> ? renseigne sur cette conception.

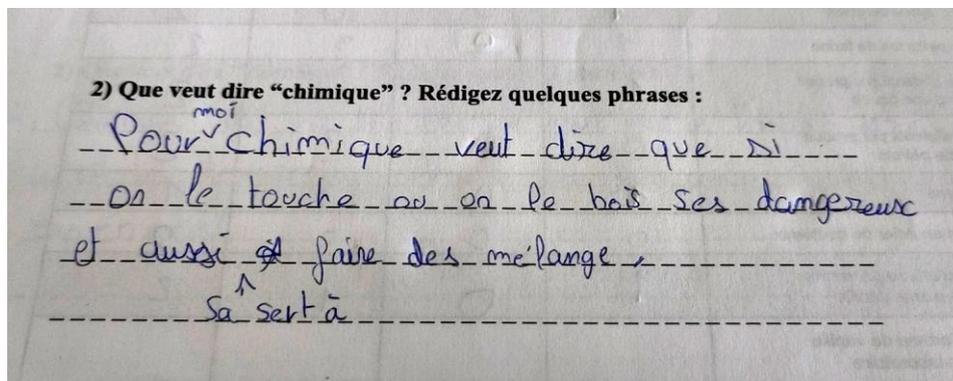
IV. Analyse des réponses recueillies

IV.1. Introduction

Les rédactions d'élèves recouvrent plusieurs catégories, et ci-dessous sont données les catégories les plus présentes. (Le détail des quantités peut être trouvé en annexe.)

Chaque rédaction peut être comptée dans plusieurs catégories. Par exemple, la rédaction donnée en photo ci-dessous est comptée comme « Dangereux » et « Mélange ».

Exemple de réponse élève :



IV.2. Analyse des rédactions « Matière »

Diagramme synthèse de l'analyse des rédactions à la question « Matière ? »

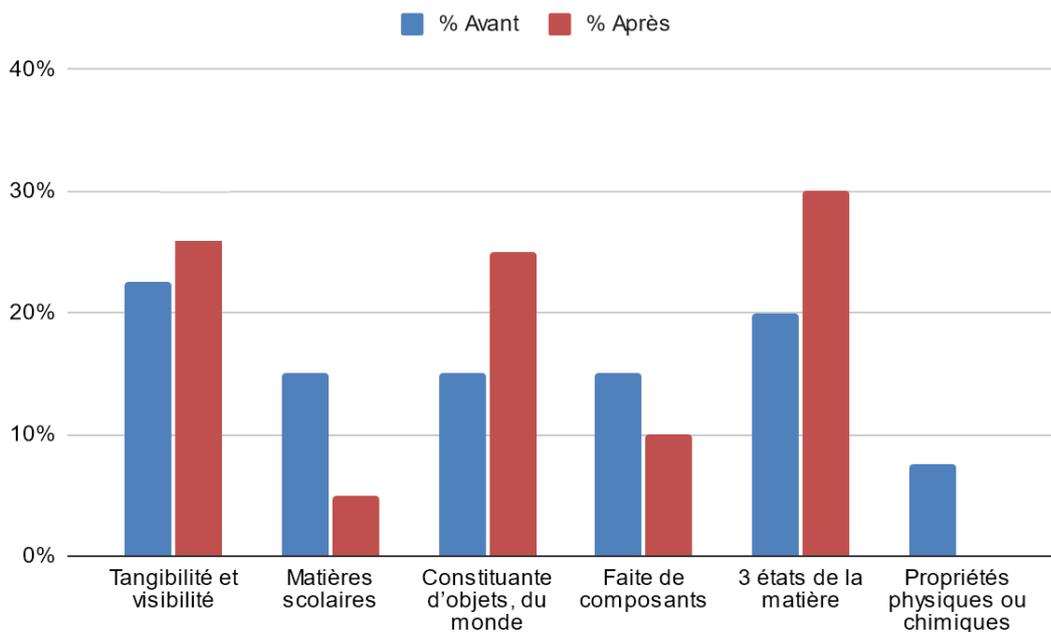


Tableau Analyse des rédactions « Matière »

<u>Catégories</u>	<u>Descriptions, exemples</u>	<u>Avant</u>	<u>Après</u>
Tangibilité et visibilité	<p>Élève 13 : « <i>la matière est tout ce qui peut être touché ou vu.</i> »</p> <p>Définition la plus rédigée. Elle exclut les gaz et correspond à la conception C décrite précédemment.</p>	23 %	35 %
Matières scolaires	<p>Des élèves évoquent les « matières » scolaires : maths, français... L'occurrence du questionnaire à la fin d'un cours de Chimie n'est donc pas suffisant pour eux pour contextualiser le mot.</p> <p>« <i>Une matière est l'ensemble de plusieurs chapitres, partant tous d'une même base.</i> »</p> <p>La remédiation a toutefois fait presque disparaître ce hors-sujet.</p>	15 %	5 %
Constituante d'objets, du monde	<p>La matière est définie comme étant ce qui constitue le monde ou les objets.</p>	15 %	25 %
Faite de composants	<p>Que ce soit avec le mot composant, constituant ou espèce, la matière est définie comme ce qui est assemblage de composants plus petits.</p> <p>« <i>Une matière est un ensemble de composants chimiques.</i> »</p> <p>Un élève cite « ce qui est dans la tableau périodique ».</p>	20 %	10 %

3 états de la matière	Durant la remédiation les élèves ont révisé les trois états, il n'est donc pas surprenant que cette logique soit encore plus invoquée pour définir la matière. « La matière ça peut être solide, liquide, transparent. »	20 %	30 %
Propriétés physiques ou chimiques	Même cumulées, ces définitions rigoureuses sont hélas peu évoquées dans les rédactions. (Volume, masse, acidité...) « C'est l'ensemble du volume et de la masse ».	8 %	0 %

IV.3. Analyse des rédactions « Chimique »

Diagramme synthèse de l'analyse des rédactions à la question « Chimique ? »

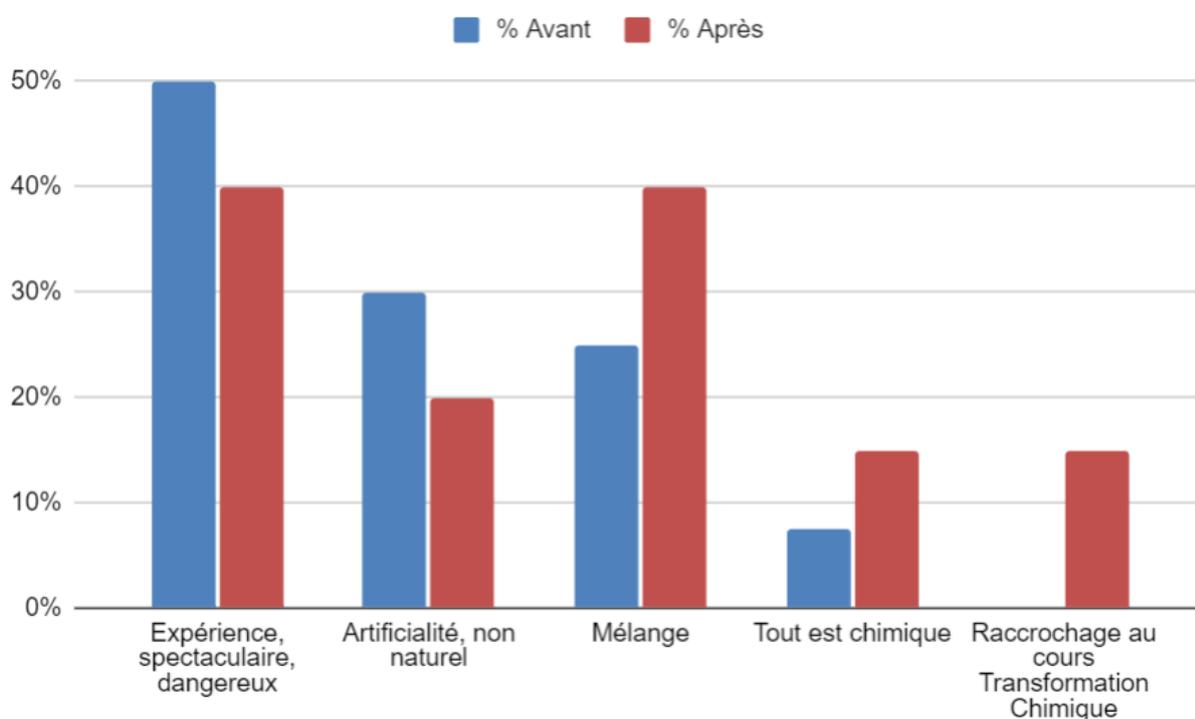


Tableau synthèse de l'analyse des rédactions à la question « Chimique ? »

<u>Catégories</u>	<u>Descriptions, exemples</u>	<u>Avant</u>	<u>Après</u>
-------------------	-------------------------------	--------------	--------------

Expérience, spectaculaire, dangereux	Définition la plus rédigée. « Chimique veut dire que l'on ne peut pas le toucher, car c'est très dangereux. Et ça me fait penser à des expériences. »	50 %	40 %
Artificialité, non naturel	« Chimique est quelque chose créé par l'homme, qui n'est pas naturel »	30 %	20 %
Mélange	» Cela exprime les différents mélanges possibles et le produit obtenu à la fin »	25 %	40 %
Tout est chimique	Certains élèves tout de même ont intégré le discours sur la science chimique. Exemple de rédaction : « Toute ce qui compose une matière, un élément »	8 %	15 %
Raccrochage au cours sur les Transformation	Après la séquence de remédiation, des élèves rapportent la définition de cours qu'ils viennent d'apprendre, parce qu'elle comporte le mot « chimique ». Exemple : « Nom d'une transformation où des substances sont créées ou détruites »	0 %	15 %

La remédiation sur les Transformations n'a donc pas donné la conception espérée. De plus, le terrain semble favorable à une confusion entre transformations et mélanges. (C'est le mélange qui déclenche les transformations, conception qui exclut les réactions à un seul réactif, comme l'autoprotolyse, mais aussi avec des réactifs non visibles et/ou lents à réagir (oxydation des métaux...)).

IV.4. Analyse des tableaux

IV.4.1. Synthèse

Conception A — Dépendance à l'origine : présente à 7/10 en moyenne des tests.

Conception B — Confusion objet : présente à 6/10 puis 6/10

Conception C — Ambiguïté des gaz : présente à 8/10 puis 8/10

Conception D — Matérialité : présente à 7/10 - 5/10

D1 : 0/10 (Les liquides sont bien considérés comme des matières.)

D2 : 7/10 puis 5/10 (Les gaz ne sont pas jugés matériels.)

IV.4.2. *Exploitabilité des réponses*

Certains formulaires apparaissent manifestement mal remplis, à cause de réponses incohérentes. Surtout dans les fins de questionnaire. La lassitude ou le manque de sérieux de certains élèves, sur ce travail non noté, les ont poussés à mal remplir, par exemple au hasard.

Nous éliminons donc de nos résultats des réponses, voire de larges plages de réponses, si elles semblent suspectes.

Par exemple : si dans la colonne « combien de matières ? » Un élève a répondu « 0 » dans de nombreux items pourtant non ambigus. Il est donc supposé un mauvais remplissage et la colonne est exclue. Ses autres colonnes sont également suspectes.

Des réponses sont également écartées plus spécifiquement si elles semblent non pertinentes pour un test en particulier. Par exemple : dans le cas du test de C (matérialité des fluides), à l'item « Un litre d'eau qui bout, avec des volutes blanches qui en sortent », la réponse « Une seule matière » est intéressante, la réponse « Deux matières » est intéressante, mais par contre certains élèves ont répondu, apparemment avec sérieux, « Trois matières ou plus ». Cette erreur vient peut-être par exemple de la confusion objets/matières, où chaque volute de vapeur serait considérée être une matière différente... mais en tout cas la réponse n'est pas pertinente pour notre test C, et nous l'écartons donc.

IV.4.3. *Résultats pour A1 – Dépendance à l'origine*

Avant remédiation le test valide cette conception à 60 %, et après remédiation ceci monte à 64 %, variation a priori non significative.

Ce test global montre donc que les élèves croient majoritairement que les propriétés d'une matière dépendent tout autant de son origine que de sa composition. Ce n'est toutefois pas une validation écrasante et ceci est logique, dans la mesure où ce test recouvre plusieurs sous-conceptions, qui seront justement détaillées dans A2, A3, A4 et A5.

IV.4.4. *Résultats pour A2 – Chimique/Naturel*

Les tests initiaux donnent 78 % de positif pour cette conception.

Certains des items testés étaient plus complexes que d'autres, comme « Un litre d'alcool produit à partir d'une plante ». Les élèves répondent ici parfois Naturel ET Chimique. Cela est a priori en lien avec la transformation subie par la plante, qui peut donner l'impression d'un caractère « chimique ». Ce biais n'est pas pris en compte dans le calcul du score, qui pourrait donc être plus élevé.

Quoi qu'il en soit globalement, les élèves considèrent une forte opposition entre les deux termes.

Le résultat passe à 82 % après remédiation. Cette variation est donc dans l'aléa de notre mesure, la remédiation n'a eu aucun impact sensible.

IV.4.5. *Résultats pour A3 – Artificiel-Chimique*

Les matières d'origine technique sont jugées comme « Chimique » à 95 % puis 80 %.

Le mot « chimique » est donc plébiscité dès que l'item semble avoir une origine technique (laboratoire, pétrole, cachet...) Même un diamant est systématiquement décrit comme « chimique » s'il vient d'un laboratoire.

Ce test semble avoir des biais.

Par exemple, un des élèves a complété toute la colonne « Chimique ? » avec des « 1 — Oui ». Après avoir supposé un mauvais remplissage, cette piste a été écartée, car elle ne correspond pas au profil de l'élève. Il a été réalisé qu'il avait en fait appliqué à la lettre la définition de la Chimie : science de la matière. Il a donc considéré tout corps matériel comme chimique... ce qui n'est pas faux, mais illustre bien les immenses écarts de sens sur ce sujet.

IV.4.6. Résultats pour A4 — Association Chimique-Danger

Avec 73 % de positif puis 63 % après remédiation, cette conception est bien ancrée.

Par exemple, l'alcool pur produit à partir de pétrole (item k) est considéré chimique et plus dangereux. La notion de corps pur vient pourtant d'être apprise, avec succès par la plupart des élèves : ils ne devraient pas tenir compte de l'origine d'un corps s'il est pur. Mais le sens commun domine.

IV.4.7. Résultats pour A5 — Association « Naturel » et Inoffensif

Avec 51 % puis 56 % de réponses associant Naturel à Inoffensif, cet aspect n'est pas vraiment validé. Les élèves comprennent globalement qu'une matière naturelle peut être dangereuse.

IV.4.8. Résultats pour B — Confusion objet

Une baisse est observée après la remédiation : de 67 %, le taux de positif passe à 57 %. Ceci n'est qu'une petite baisse par rapport à la majorité des cas.

Les élèves confondent majoritairement le nombre d'objets avec le nombre de matières.

« (t) Un tas de bois et de cendre de bois » a été le plus largement raté, avec presque tous les élèves considérant qu'il y avait une seule matière. Une explication à cela serait que ce cas est plus difficile : il y a moins d'objets que de matières, au contraire des précédents où il y en avait plus.

IV.4.9. Résultats pour C — Matérialité

Les tests initiaux donnent 72 % de positif pour cette conception. Les élèves adhèrent donc massivement à l'idée que la lumière ou une flamme sont faites de matière.

Après la séquence de médiation, ce résultat diminue à 52 %, ce qui est notable, mais pas massif. Une des activités abordait pourtant explicitement le sujet.

Les tests pour cette conception ont la variance la plus élevée (19 % avant et 24 % après), ce qui indique une séparation nette entre ceux qui ont saisi le concept et une majorité qui donne un sens très large au mot matière.

IV.4.10. Résultats pour D – 3 états

Pour les liquides seuls, (j) « un litre d'alcool pur » et (s) « un litre de shampoing », les élèves les ont systématiquement bien considérés comme des matières.

Par contre, la très grande majorité ignore les gaz (80 % dans nos tests initiaux).

Dans les deux questions (d) et (q) testant les gaz, il y a beaucoup de réponses non exploitables. Notamment des réponses « 3 — Trois matières présentes ou plus ». Il est possible que l'idée de la flamme et des fumées aient interféré avec la question, ou la conception B (objets/matières).

Chez des élèves plus avancés, il serait possible que cela reflète une notion d'espèce chimique commune, mais ici nos élèves ont surtout une conception gênante sur les gaz.

Notre séquence de remédiation ne semble pas avoir eu d'effet notable.

De plus, nos résultats sur cette conception, particulièrement après remédiation, semblent peu fiables, car il n'y avait pas assez d'items pour les tester.

Rédactions intéressantes : « La matière peut être invisible, liquide et solide. » « la matière est quelque chose de touchable, que ce soit liquide ou dur ».

IV.5. Limites et perspectives d'amélioration du dispositif de terrain

IV.5.1. Richesses du recueil de données

La méthode de recueil de données s'est avérée très riche : beaucoup de données sont récupérées dans le tableau — elles n'ont d'ailleurs pas toutes été exploitées, dans le sens où il y a assurément encore d'autres recoupements possibles.

Ces données quantitatives sont illustrées avantageusement par les données qualitatives de la rédaction : les deux modes de recueil se complètent et s'étayent mutuellement.

IV.5.2. Défauts du recueil de données

La conception exacte du questionnaire semble par contre avoir encore beaucoup de marge de progrès. Un soin particulier doit être porté au choix des items : ce questionnaire-ci pêchait par le trop faible nombre d'items pour certains tests et une surabondance pour d'autres, créant des disparités dans la fiabilité des résultats.

Plusieurs raisons sont en cause : au besoin d'items les plus nombreux possibles s'oppose la longueur du questionnaire. Un remplissage trop long décourage les élèves, surtout sur un tel travail non évalué et sans retour sur investissement. La longueur

excessive a amené certains élèves à manquer d'investissement, par exemple en remplissant uniformément la dernière colonne de « 1 2 3"... Ceci a obligé à vérifier régulièrement la pertinence des données et à en écarter certaines.

Réduire le nombre de cases à remplir par les élèves a été tenté, mais a été hélas la source des critères en trop petits nombres, gênant la fiabilité du résultat.

Il eut été intéressant d'exploiter des items de mélanges (eau salée...) pour discuter des leurs propriétés, mais au moment de la conception, le temps a manqué pour trouver des items simples à décrire et malgré tout pertinents.

IV.5.3. Remédiation

La remédiation proposée n'a pas été efficace. La présence des conceptions a très peu diminué.

Ceci contraste avec les résultats purement scolaires : la grande majorité des élèves ou presque ont été évalués « Satisfaisant » ou « Très satisfaisant » quant à leur travail sur ce chapitre.

Cette inefficacité abonde dans le sens de Maurice Chastrette notamment : l'image de la Chimie ne se modifie pas à l'aide de simples communications. (Chastrette, 2006) Ainsi, même si tous nos élèves ont validé une activité explicitant que la lumière n'est pas une matière, ils étaient toujours une majorité à répondre 1 ou 2 à la question « Combien de matières ? » sur « Deux rayons de soleil. » Seul un petit nombre d'élèves répondaient « 0 : Aucune ». La lumière reste donc une matière pour beaucoup.

IV.5.4. Remédiation expérimentale

L'activité expérimentale mise en œuvre n'a pas suffi à provoquer un changement notable. Parmi les pistes possibles pour expliquer cette inefficacité, un manque de lien entre manipulation et connaissances. Davantage d'exploitations après les manipulations auraient pu remédier à cela.

Il est tentant pour l'enseignant en collège de passer par le niveau microscopique pour enseigner les corps purs (Carretto, 1994). Une définition comme « Un corps pur est fait d'une seule espèce chimique » est rigoureuse, mais fait appel à la notion encore plus abstraite d'espèce chimique. Pour un élève, la définition n'est donc fondée que des années après, ce qui le pousse facilement à déconnecter totalement la notion de corps pur du réel, en obtenir une vue purement scolaire...

La construction du concept macroscopique chez l'élève passe, de l'avis de la recherche en didactique, par les manipulations expérimentales

Aussi, avec le recul, une erreur apparente dans notre remédiation expérimentale a été d'utiliser d'une part le mot « corps pur » en manipulation et d'autre part le mot « matière » en questionnaire, décorrélant les deux.

Ceci correspond toutefois à une difficulté plus profonde, de vocabulaire. Il est difficile de tester l'élève sur les bons concepts avant qu'il ne maîtrise le vocabulaire technique (corps pur), et celui-ci n'interfère justement avec le concept générique (matière, qui inclut corps pur et mélanges...)

Ces difficultés de vocabulaire sont aussi celles de la langue française. Sans utiliser le terme technique « espèce chimique », il est difficile de préciser en français la définition d'un mélange. Seul l'emprunt à l'anglais « substance » permet une définition

claire (Un mélange contient plusieurs substances), mais la traduction de « substance » en « corps pur », seul terme du programme du secondaire, ne fonctionne pas (un mélange ne contient pas plusieurs corps purs, puisqu'ils sont mélangés...)

Les enseignants ont donc des défis de clarté à relever sur ces sujets.

Conclusion

IV.6. Synthèse

L'apprentissage et la compréhension des transformations chimiques sont un point pivot pour l'élève apprenant la Chimie. Or cet apprentissage est difficile.

Exemple typique, il a été montré que les élèves « miment » les équilibrages d'équations chimiques sans avoir de compréhension, sans relier l'équation à une réalité, simplement comme puzzle ou exercice de logique. (CHAMBENOIS D., 2003)

Les nombreuses difficultés des transformations chimiques remontent particulièrement à un concept sous-jacent, celui de matière. Et plus précisément, celui de substance.

Ce concept racine est abordé en classe de 5e et c'est donc à ce niveau que notre étude a pris place.

À partir des conceptions gênantes sur les transformations chimiques établies par Solomonidou (1994), quatre conceptions sur la matière ont été établies et testées. Le recueil de données confirme largement les hypothèses initiales. Pour résumer, les élèves de 5e ont donc déjà couramment pour conceptions :

- A) Les propriétés d'une matière dépendent de son origine, même à composition identique, même pour des corps purs.
- B) Une confusion entre les matières et les objets.
- C) Un caractère matériel attribué à l'excès, notamment à la lumière et à la chaleur.
- D) Des confusions liées aux 3 états, notamment que les gaz ne soient pas des matières.

Dans la conception A, plusieurs points différents sont distingués. Il est testé (A2) que les élèves opposent (78 %) ce qui est naturel à ce qui est chimique, et le terme « Chimique » est utilisé pour décrire toute matière d'origine technique (laboratoire, usine, etc.) (A3, 95 %). La Chimie n'est donc pas pour ces élèves la science de la matière, mais la science de certaines matières, non naturelles, particulières.

De plus ces matières sont intrinsèquement dangereuses, quelle que soit leur composition (A4, 73 %)

Par contre les élèves semblent bien estimer qu'une matière d'origine naturelle peut éventuellement être dangereuse, le test sur le sujet n'ayant pas donné de valeur extrême (A5, 51 %.)

Globalement, les quatre conceptions sur la matière sont donc bien ancrées dès le niveau 5e. Il ne faut pas attendre pour les redresser, car elles perturberont ensuite la compréhension des transformations chimiques.

Ainsi la dépendance à l'origine (A) empêche la compréhension du concept de corps pur et donc celui d'espèce chimique. À partir de là, il n'y a pas de fondation solide pour la compréhension de la consommation et production de réactifs et produits.

La confusion matière/objet (B) amène à mal identifier les composants d'un mélange et à confondre mélanges et transformations chimiques. (CHAMBENOIS D., 2009) Comment distinguer une technique de séparation d'une opération de synthèse, si l'extraction du sel semble pour l'élève être la production d'une nouvelle « matière » ?

L'excès de matérialité (C) ainsi que le statut des gaz (D) génèrent fortement les équilibrages d'équations bilans. Telle réaction semblera équilibrée parce qu'elle produit de la lumière, telle autre ne le semblera pas parce qu'elle ne produit que des gaz, donnant l'élève l'impression qu'il n'y a pas de loi de conservation.

IV.7. Pistes pour de futures remédiations

Pour replacer au rang de croyances les conceptions décrites, il sera important de développer des remédiations efficaces sur les concepts de matière et de substance.

Il est proposé de déployer le volet expérimental sur plusieurs années : par exemple poser des bases dès la 6e via les mélanges et séparations (évaporation de l'eau salée...), puis continuer les paliers de température en 5e et enfin s'appuyer en 4e sur la masse volumique pour identifier la pureté des corps. Une exploitation intentionnelle d'expériences comme celles-ci permettrait de remplir l'objectif, à savoir de construire un concept macroscopique du corps pur.

Il est souhaitable que l'existence des corps purs donne du poids à l'abstraction microscopique, au contraire de la tentation inverse de fonder les corps purs sur l'abstraction microscopique.

Il s'agirait de construire les concepts dans l'ordre :

- 1) Les matières, même homogènes, peuvent avoir plusieurs composants. (Cycle 3)
- 2) Il existe des matières comportant un seul composant. Elles sont appelées corps purs. (Cycle 4)
- 3) Chaque corps pur correspond à une matière constituée d'une seule substance. Une substance n'est pas modifiée par les mélanges et autres transformations physiques. Seules les transformations chimiques modifient les substances.
- 4) Un corps pur ou une substance se comprennent comme des matières n'ayant au niveau microscopique qu'une seule espèce chimique.

Par ailleurs, dans la mesure où les conceptions des élèves sont cohérentes avec un socle culturel, voire familial, il serait important de les situer dans un contexte culturel plus large. Par exemple, en coopération avec un enseignant d'Histoire-Géographie, il s'agirait de faire découvrir aux élèves la Chimie au fil des âges. Le programme de 5e d'Histoire travaille en effet le Moyen Âge et les débuts des temps modernes, tandis que celui de 4e s'intéresse aux XVIIIe et XIXe siècles, toutes des périodes idéales pour restituer utilité et insertion sociale de la Chimie en plein développement.

Il serait ainsi permis aux élèves de saisir les tensions dialectiques entre chimie et société contemporaine, pour mieux les distinguer de leur apprentissage de la science chimique elle-même.

Bibliographie

Bensaude-Vincent, 2004

BENSAUDE-VINCENT Bernadette (2004). Chimie et société : des relations tumultueuses, *Actualité chimique*, n° 280-281, p.22-24.

Carretto, 1994

Carretto, J., & Viovy, R. (1994). Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 18 (1), 11-25.

Chambenois, 2003

CHAMBENOIS, D., BROMONT, F., COLLARD, E., & MORENAS, M. C. (2003). Réaction chimique et réactions des collégiens. *Bulletin de l'Union des physiciens*, (850), 121-134.

Chastrette, 2006

CHASTRETTE Maurice (2006). L'image de la chimie est mauvaise. Pourquoi ? Que faire ? / The public image of chemistry is bad. Why? What to do? *Didaskalia*, n° 29. pp. 87-100.

doi : 10.4267/2042/23960

IUPAC Gold Book

Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8. <https://doi.org/10.1351/goldbook>.

Jeammet, 2005

JEAMMET, P. (2005). Adolescence et dépendance. *Psychotropes*, 11, 9-30. <https://doi.org/10.3917/psyt.113.0009>

Perrenoud, 2011

PERRENOUD Phillipe (2011) *Construire des compétences dès l'école* (6è éd.). Paris : ESF.

Solomonidou, 1994

Solomonidou, C., & Stavridou, H. (1994). Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 18 (1), 75-95.

Orange, 2013

Orange, C., & Ravachol, D. O. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, (17).

Willame, 2015

Willame, B., & Snauwaert, P. (2015). Les difficultés rencontrées dans l'apprentissage du concept de concentration en chimie. Construction d'un outil didactique permettant de mettre en évidence les erreurs d'élèves lors de l'utilisation du concept de concentration chimique. *Spirale-Revue de recherches en éducation*, 55 (1), 177-205.

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire de recueil de données

Présentation orale du questionnaire aux élèves

En tant qu'enseignants, nous recherchons en permanence comment améliorer nos cours. Cette année je travaille avec l'université de Cergy à une recherche sur l'enseignement de la Chimie.

Je vais vous distribuer ce document, et je voudrais que vous essayiez de le remplir sans trop réfléchir.

Ce n'est pas noté, le nom est juste là pour que je ne me perde pas. Et je n'espère pas une bonne réponse en particulier : écrivez plutôt ce qui vous vient spontanément. C'est un questionnaire pour recueillir vos ressentis, pas pour vérifier une bonne réponse. Je n'aiderai pas et je vous laisse peu de temps, pour que vous disiez ce qui vous vient tout de suite.

Ensuite ce sera à moi de regarder vos milliers de cases, pour analyser. Si vous voulez, je pourrai raconter mes conclusions. Pour l'instant, je pense qu'il vous faudra environ quinze minutes pour tout remplir. Je compte sur vous : ne réfléchissez pas trop, mettez ce qui vous vient.

Questionnaire distribué aux élèves

Ci-après.

Classe : Prénom :

Questionnaire de recherche

Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, répondez selon votre intuition.

1) Qu'est-ce qu'une matière ? Rédigez quelques phrases :

2) Que veut dire « chimique » ? Rédigez quelques phrases :

3) Complétez le tableau au dos de cette feuille.

Remplissez les lignes avec à chaque fois un nombre. Choisissez ce qui vous semble le mieux décrire la matière de la ligne.

		Matière(s) naturelle(s) ?	Matière(s) chimique(s) ?	Combien de matières ?	Matière(s) dangereuse(s) ?
	Réponses possibles :	0 : non 1 : oui 2 : ni oui ni non	0 : non 1 : oui 2 : ni oui ni non	0 : Aucune 1 : Une seule 2 : Deux 3 : Trois ou plus	0 : non 1 : oui, pour l'environnement 2 : oui, pour le corps humain 3 : oui, attaque d'autres matières
a	Deux diamants venus d'une mine				
b	Deux diamants fabriqués en laboratoire				
c	Un bâton de colle (pour l'école)				
d	Un litre d'eau qui bout, avec des volutes blanches qui en sortent				
e	Un spray d'insecticide				
g	Trois blocs de pâte à modeler				
h	Deux rayons de soleil				
i	Deux petits tas de farine				
j	Un litre d'alcool pur produit à partir d'une plante				
k	Un litre d'alcool pur produit à partir de pétrole				
l	Une flamme				
m	Huit lames en acier de couteaux				
n	Un sachet d'arôme de vanille extrait de la plante vanille				
o	Un sachet d'arôme de vanille synthétisé en laboratoire				
r	Un cachet de paracétamol (médicament contre mal de tête)				
s	Un litre de shampoing				

t	Un tas de bois et de cendre de bois				
---	-------------------------------------	--	--	--	--

Annexe 2 : Résultats de recueil de données

Rédactions sur « matière »

Matière	Avant 5e4	Avant 5e1	Somme des Avant	%		Après	%
Tangibilité et visibilité	6	3	9	23%		7	35%
Matières scolaires	1	5	6	15%		1	5%
Constituante d'objets, du monde	5	1	6	15%		5	25%
Faite de composants	5	1	6	15%		2	10%
3 états de la matière	3	5	8	20%		6	30%
Propriétés physiques ou chimiques	3	0	3	8%		0	0%
Nbr de rédactions	20	20	40			20	

Rédactions sur « chimiques »

Chimique	Avant 5e4	Avant 5e1	Somme des Avant	%		Après	%
Expérience, spectaculaire, dangereux	9	11	20	50%		8	40%
Artificialité, non naturel	5	7	12	30%		4	20%
Mélange	7	3	10	25%		8	40%
Tout est chimique	3		3	8%		3	15%
Raccrochage au cours Transformation Chimique			0	0%		3	15%
Nbr de rédactions	19	20	40			22	

Extraits du dépouillage des Tableaux (Avant remédiation)

	Total	Variance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	A1 : Dépendance à l'origine Aux questions <i>Naturel, Chimique, Dangereux</i> , combien de réponses différentes entre deux matières d'une paire d'origines différentes ? (a-b, j-k et m-l)	113	4	6	7	5	2	3	5	5	6	4
	Nombre total de réponses exploitables concernées	188	9	9	9	9	6	9	9	8	9	9
	en pourcents	60%	3%	44%	67%	78%	56%	33%	33%	56%	63%	67%
A2	A2 : Opposition naturelle / chimique Aux questions <i>Naturel?</i> et <i>Chimique?</i> nombre de réponses opposées sur toutes les questions ?	318	16	19	18	10	20	15	9	16	14	12
	Nombre total de réponses exploitables concernées	408	20	21	20	15	20	20	11	20	20	21
	en pourcents	78%	3%	80%	90%	90%	67%	100%	75%	82%	80%	70%
A3	A3 : Association artificialité / "chimique" A la question <i>Chimique?</i> nombre de réponses "1 : Oui" pour des matières "d'origine technique"? (b, k, r)	55	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2
	Nombre total de réponses exploitables concernées	58	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2
	en pourcents	95%	2%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	67%	100%	100%
A4	A4 : Association "chimique" et "danger" A la question <i>Chimique? Et Dangereux?</i> nombre de matières considérées "chimique" et dangereuse.	155	9	8	6	4		19	7	11	12	9
	Nombre total de réponses exploitables concernées	212	19	11	8	12		19	7	12	16	13
	en pourcents	73%	4%	47%	73%	75%	33%	100%	100%	92%	75%	69%
A5	A5 : Association "naturel" et inoffensif A la question <i>Naturelle? Et Dangereux?</i> nombre de matières considérées "naturelle" et inoffensive (0)	84	4	7	5	8		0		3	5	3
	Nombre total de réponses exploitables concernées	166	5	8	9	13		7		10	11	6
	en pourcents	51%	5%	80%	88%	56%	62%	0%		30%	45%	50%
B	B) Confusion objets A la question <i>Combien?</i> nombre de réponses confondant le nombre d'objet et le nombre de matières ? (g, i, m et t)	37	4	2	2	1				3	2	2
	Nombre total de réponses exploitables concernées	55	5	4	3	4				3	4	2
	en pourcents	67%	13%	80%	50%	67%	25%			100%	50%	100%
C	C) Excès de matérialité A la question <i>Combien?</i> nombre de réponses 1 ou 2 pour les choses non-matérielles. (h et l)	28	2	0	0	0		2	1	2	2	2
	Nombre total de réponses exploitables concernées	39	2	2	2	2		2	2	2	2	2
	en pourcents	72%	19%	100%	0%	0%	0%	100%	50%	100%	100%	100%
D	D) Confusion par les 3 états A la question <i>Combien?</i> nombre de réponses ignorant un liquide ou un gaz ? (dans d et q)	20		2				1		1	1	1
	Nombre total de réponses exploitables concernées	25		2				1		1	2	1
	en pourcents	80%	13%	100%				100%		100%	50%	100%

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2	4	5	3	8	7	2	4	7	6	2	3	6	7	3	
3	9	6	6	9	9	6	9	9	9	3	6	9	9	3	
67%	44%	83%	50%	89%	78%	33%	44%	78%	67%	67%	50%	67%	78%	100%	
2	13	13	12	15	16	6	15	18	8	9	11	12	19	2	
2	21	13	14	21	21	12	21	21	15	9	11	20	19	3	
100%	62%	100%	86%	71%	76%	50%	71%	86%	53%	100%	100%	60%	100%	67%	
1	2	2	2	2	3	1	3	3	2	1	2	2	3	1	
1	2	2	2	2	3	2	3	3	2	1	2	2	3	1	
100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	6	7	7	6	9		6		4	3	6	9	7		
	11	8	7	6	10		13		4	6	8	12	10		
	55%	88%	100%	100%	90%		46%		100%	50%	75%	75%	70%		
1	5	4	2	7	5		6	1	3	1	1	7	6	1	
1	11	8	7	9	13		10	1	6	3	3	16	9	1	
	45%	50%	29%	78%	38%		60%		50%	33%	33%	44%	67%	100%	
	3	2	2	2	2		4	1	3	0	0	2	0		
	4	2	2	3	4		4	1	3	1	1	3	2		
	75%	100%	100%	67%	50%		100%	100%	100%	0%	0%	67%	0%		
	0	0	1	2	2		2	2	2	1	1	2	2		
	2	1	2	2	2		2	2	2	1	1	2	2		
	0%	0%	50%	100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
2	1		1	1	2		2	1	1	0	0	1	2		
2	1		1	2	2		2	1	1	1	1	2	2		
100%	100%		100%	50%	100%		100%	100%	100%	0%	0%	50%	100%		

Extrait du dépouillage des Tableaux (Après remédiation)

	Total	Variance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	A1 : Dépendance à l'origine Aux questions <i>Naturel, Chimique, Dangereux</i> , combien de réponses différentes entre deux matières d'une paire d'origines différentes ? (a-b, j-k et m-l)	127	7	5	4	4	6	6	3	6	4	4
	Nombre total de réponses exploitables concernées	199	9	9	8	8	9	9	9	9	9	9
	en pourcents	64%	5%	78%	56%	50%	50%	67%	67%	33%	67%	44%
A2	A2 : Opposition naturelle / chimique Aux questions <i>Naturel?</i> et <i>Chimique?</i> nombre de réponses opposées sur toutes les questions ?	298	15	7	13	9	17	15	15	17	4	14
	Nombre total de réponses exploitables concernées	364	17	17	13	17	17	17	17	17	9	17
	en pourcents	82%	4%	88%	41%	100%	53%	100%	88%	88%	100%	44%
A3	A3 : Association artificialité / "chimique" A la question <i>Chimique?</i> nombre de réponses "1 : Oui" pour des matières "d'origine technique" ? (b, k, c)	52	2	3	2	1	3	3	3	3	1	1
	Nombre total de réponses exploitables concernées	65	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	en pourcents	80%	7%	67%	100%	67%	33%	100%	100%	100%	100%	33%
A4	A4 : Association "chimique" et "danger" A la question <i>Chimique? Et Dangereux?</i> nombre de matières considérées "chimique" et <i>dangereuses (1, 2 ou 3)</i>	119	0	6	2	3	4	4	5	5	3	6
	Nombre total de réponses exploitables concernées	189	7	18	4	5	9	8	10	10	5	6
	en pourcents	63%	5%	0%	33%	50%	60%	44%	50%	50%	50%	60%
A5	A5 : Association "naturel" et inoffensif A la question <i>Naturelle? Et Dangereux?</i> nombre de matières considérées "naturelle" et <i>inoffensive (0)</i>	93	5	7	3	3	4	5	5	6	1	7
	Nombre total de réponses exploitables concernées	167	8	10	10	9	8	8	8	7	8	8
	en pourcents	56%	7%	63%	70%	30%	33%	50%	63%	63%	86%	13%
B	Test de B (objets) A la question <i>Combien?</i> nombre de réponses confondant le nombre d'objet et le nombre de matières ? (g, i, m et t)	47	1	2	1	2	2	3	3	2		1
	Nombre total de réponses exploitables concernées	82	4	4	3	4	4	4	4	4		3
	en pourcents	57%	6%	25%	50%	33%	50%	50%	75%	75%	50%	
C	C) Excès de matérialité A la question <i>Combien?</i> nombre de réponses 1 ou 2 pour les choses <i>non matérielles (h et l)</i>	22	0	2	2	0	0	0	2	0		0
	Nombre total de réponses exploitables concernées	42	2	2	2	2	2	2	2	2		2
	en pourcents	52%	24%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	
D	D) Confusion par les 3 états A la question <i>Combien?</i> nombre de réponses ignorant un liquide ou un <i>gaz ? (dans d et o)</i>	17	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
	Nombre total de réponses exploitables concernées	18	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
	en pourcents	94%	5%	100%	0%		100%	100%	100%	100%	100%	

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	3	5	5	4	2	6	8	7	9	5	7	8	5	6	5	8
4	3	9	9	9	9	9	9	9	9	5	9	9	9	8	8	9
100%	100%	56%	56%	44%	22%	67%	89%	78%	100%	100%	78%	89%	56%	75%	63%	89%
17	5	11	15	4	13	13	15	17	14	8	12	11	17	12	14	17
17	6	17	16	10	17	17	16	17	16	9	17	14	17	16	15	17
100%	83%	65%	94%	40%	76%	76%	94%	100%	88%	89%	71%	79%	100%	75%	93%	100%
3		3	3		3	3	3	1	3	2	2	2	2	3	3	3
3		3	3		3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
100%			100%		100%	100%	100%	33%	100%	100%	67%	67%	67%	100%	100%	100%
3	3	12	9	5		4	4	6	8	7	8	3	9	6	6	7
5	3	14	11	10		6	8	11	9	8	8	4	10	8	8	10
60%	100%	86%	82%	50%		67%	50%	55%	89%	88%	100%	75%	90%	75%	75%	70%
2	2	3	4	7	3	4		1	7	1	5	4	4	4	1	4
2	2	8	6	7	7	7		6	7	5	12	7	7	8	5	7
100%	100%	38%	67%	100%	43%	57%		17%	100%	20%	42%	57%	57%	50%	20%	57%
2	3	2	4	2	2	2	2	1	2	2	1	3	2	0	1	1
3	3	2	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	2	4
67%	100%	100%	100%	67%	50%	50%	50%	33%	50%	67%	25%	75%	67%	0%	50%	25%
	0	2	2	0	2	2	0	2	0		2	2	2	1	2	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2
	0%	100%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	0%		100%	100%	100%	50%	100%	50%
1	1	1		0	1	1	1		1		1	1	1	1		1
1	1	1		0	1	1	1		1		1	1	1	1		1
100%	100%	100%			100%	100%	100%		100%		100%	100%	100%	100%		100%

Annexe 3 : Séquence de remédiation

Document Plan de travail sur 3 séances

Carte d'apprentissage

GP n° ...

Mémofiches et traces écrites

Surligner les mots-clefs sur la mémofiche
ET
copier les traces écrites dans le lutin.

TRANSFORMATIONS - CHAPITRE 5°

2 séances disponibles en groupe
5 validations pour avoir « Satisfaisant »
dont au moins une par objectif.

E3G
Compétence
Tracer un graphique

4H - 4I
Exploiter les
changements d'état
des corps purs

4A, 4B, 4C
Identifier les 3 états
et leurs propriétés

4E
Caractériser
les changements
d'états

**À LA DÉCOUVERTE DES
CHANGEMENTS D'ÉTAT**
Extraire

Expériences de changements d'états
Schématiser

**POURQUOI SALER
LES ROUTES EN HIVER ?**
Extraire

Ce beurre est-il pur ?
Rédiger

Ô mon or, es-tu pur ?
Rédiger

La fonte du fer
Tracer

La fonte de la cire
Tracer

L'eau chauffe
Tracer

Verso avec traces écrites à recopier par les élèves :

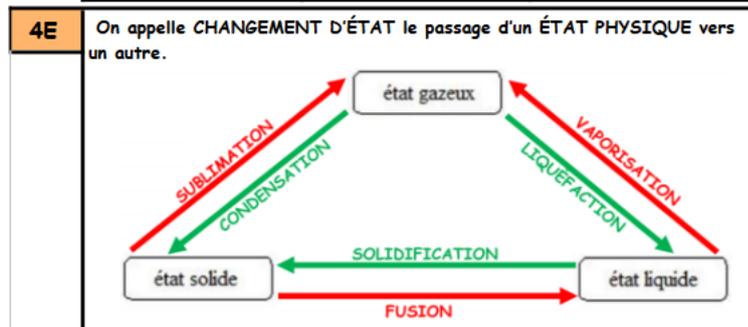
Légende

- ★ : difficulté
- 🕒 : temps en minutes
- 🏠 : à la maison
- 🌐 : en ligne
- 📄 : document texte, peu d'images
- 🖼️ : document image, peu de texte
- 🔊 : document audio
- 📺 : document vidéo
- 🎮 : document interactif
- 🧪 : activité expérimentale

Traces écrites à recopier

4A Une matière peut exister sous **TROIS** ÉTATS PHYSIQUES DIFFÉRENTS : SOLIDE, LIQUIDE ou GAZEUX. Cet ÉTAT PHYSIQUE dépend de la TEMPÉRATURE.

4C	Un SOLIDE possède une FORME PROPRE et un VOLUME PROPRE .	Un LIQUIDE possède un VOLUME PROPRE mais pas de FORME PROPRE .	Un GAZ ne possède ni VOLUME PROPRE ni FORME PROPRE .
-----------	--	--	--



4I La **TEMPÉRATURE** ne reste pas **CONSTANTE** au cours d'un **CHANGEMENT D'ÉTAT** si la matière est un **MÉLANGE** (voir le graphique).

Activités effectuées en plan de travail (Sélection pertinente.)

Elève :

Compétence travaillée : E2R - Rédiger

★ ★	 Les gaz sont-ils de vraies matières ?  15'	 5 ^e
Objectif : 4A - Identifier une matière		

Document 1 : Qu'est ce qu'une matière ?

Une matière a une masse.

Ensuite, une matière a des propriétés physiques et chimiques :

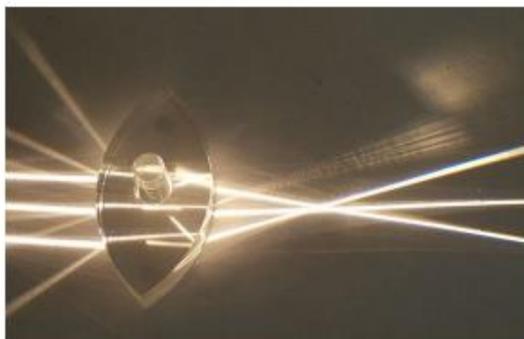
- Exemples de propriétés physiques : la forme, la solidité...
- Exemples de propriétés chimiques : inflammable, acide, oxydant...

Il existe aussi des choses qui ne sont pas des matières, qui n'ont pas ces caractéristiques.



Document 2 : Photos d'époque. Le LZ129 Hindenburg est un zeppelin de 235m de long, le plus grand jamais construit. Il était rempli de gaz hydrogène, plus léger que l'air. C'est justement cette masse très réduite qui permettait au gaz de faire voler le zeppelin.

Le 6 mai 1937, dans le New Jersey (USA), les 200 000m³ d'hydrogène s'enflamment. Après cette catastrophe, le monde entier arrêtera de construire des zeppelins.



Document 3 : Des rayons de lumière se croisent sans se gêner les uns les autres. Un rayon peut s'arrêter dès qu'il touche un objet, mais il s'allonge à nouveau si on enlève l'obstacle.

Une balance ne montre aucune différence de masse si elle est éclairée fortement ou dans le noir.

- **Rédiger en cinq lignes maximum : expliquer si le gaz hydrogène et la lumière sont des matières. (Justifier en vous aidant des documents.)**

Elève :

Compétences travaillées : E1D - Extraire des information E2 Rédiger

★ **Beurre de coco ou huile de coco ?** ⌚ 10' 🔥 5^e
Objectif : 4E, Caractériser les changements d'états

Un jour pendant une canicule en aout,un employé de supermarché s'étonne de voir les pots marqués « Beurre de coco » tous rempli non pas de beurre, mais d'un liquide incolore.

Puis, un jour fin octobre, il revoit le même produit... mais cette fois la boite est remplie d'un solide blanc ! Le produit a-t-il changé ? Doit-il s'inquiéter ?

Un souvenir de cours de Physique-Chimie le pousse à regarder le thermomètre du magasin : l'été est fini, il fait désormais 18°C.



Doc.1 : Beure de coco
Une recherche « Beurre de coco » sur Wikipedia donne ceci :

Propriétés physiques	
T° fusion	20 à 28 °C ¹ ;

Doc.2 : Changements d'états
Quand une matière change d'état, la ou les substance(s) qui la compose ne changent pas.
Par exemple de l'eau solide ou gazeuse reste de l'eau. Elle ne devient jamais de l'huile.
Si de nouvelles substances apparaissent, ce n'est pas un changement d'état. Par exemple, du sucre qui devient du caramel n'est pas un changement d'état. Il est inexact de dire que le sucre « fond », car le caramel est une nouvelle substance.

- Rédiger un court texte citant un changement d'état pour expliquer ce qui s'est passé.

.....

.....

.....

.....

Elève :

Compétences travaillées : EIG : S'informer sur des graphiques E2M - Rédiger



Ce beurre est-il pur ? 10'

5^e

Objectif : 4H,4I Exploiter les changements d'état des corps purs

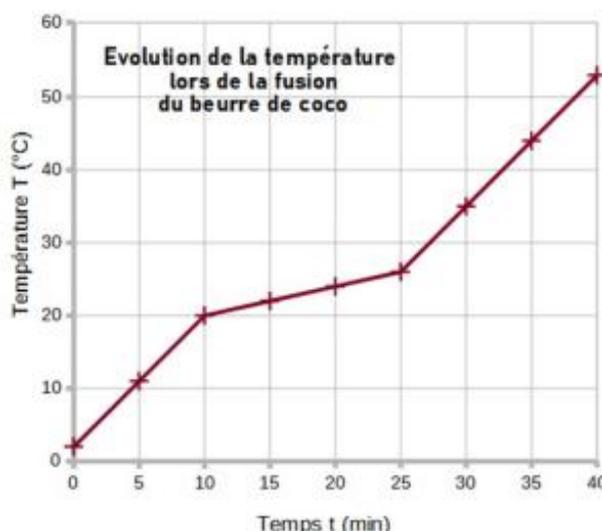
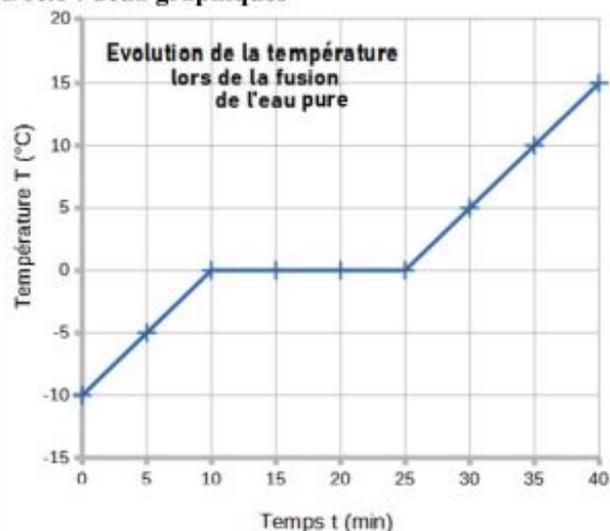


Dans le froid, le beurre de coco est un solide blanc mou. Mais quand il fait chaud, c'est un liquide incolore. Il s'agit pourtant de la même matière, mais elle a subi un changement d'état à cause de la température. Exactement comme la glace (eau état solide) peut fondre pour devenir de l'eau à l'état liquide.

Il y a toutefois une différence avec l'eau. Si on fait chauffer de la glace pure (eau pure état solide) ou du beurre de coco, on relève ces températures :



Doc.1 : deux graphiques



- Rédigez au dos de cette feuille un court texte (cinq lignes maximum) justifiant si le beurre de coco est un corps pur ou pas.

Doc. 2 : La propriété spéciale des corps purs

Une matière d'apparence homogène peut être un mélange, cela ne se voit pas.

Mais avec les changements d'état, on peut savoir.

Les corps purs ont une propriété spéciale : pendant un changement d'état, la température stagne. (Le graphique est horizontal.)

Au contraire, les mélanges continuent de changer de température pendant un changement d'état.

Doc de rappel

Les corps purs ne contiennent qu'une seule substance.

Les mélanges contiennent plusieurs substances.



Ô mon or, es-tu pur ? ⌚ 15'



Objectif : 4H,4I Exploiter les changements d'état des corps purs



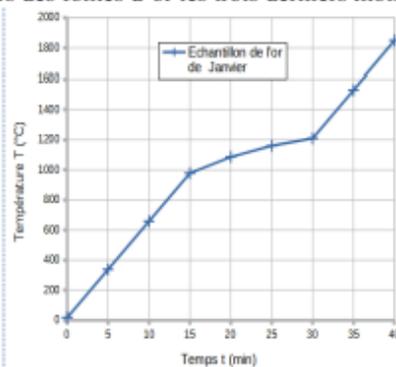
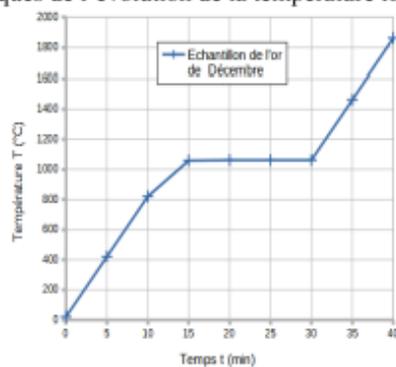
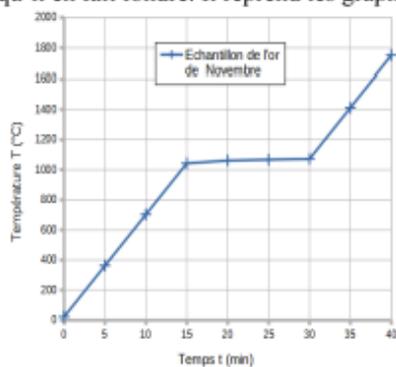
Un bijoutier achète chaque semaine un chargement d'or sur un marché spécialisé. Selon le vendeur, la pureté de l'or varie.

Mais ce mois de janvier, il a un doute : et si son vendeur avait essayé de lui vendre de l'or moins pur que d'habitude ? Par exemple mélangé avec un métal moins cher...



Doc. 1 : Evolution de la température de l'or dans le four

Le four de bijoutier est contrôlé par un ordinateur, et il peut accéder aux relevés de température de l'or à chaque fois qu'il en fait fondre. Il reprend les graphiques de l'évolution de la température lors des fontes d'or les trois derniers mois :



● Sur le graphique, on voit que la fusion de l'or pur se produit à la température de _____ °C

● Rédigez un texte justifiant si l'or de janvier est aussi pur que celui des mois précédents.

Doc. 2 : Une propriété spéciale des corps purs

Il est impossible au premier coup d'oeil de dire si une matière est un corps pur ou un mélange homogène.

Il existe toutefois des méthodes.

Les corps purs ont une propriété spéciale : pendant un changement d'état, la température stagne.

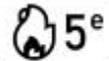
Au contraire, les mélanges continuent de changer de température pendant un changement d'état.

Elève :

Compétence travaillée : Extraire des informations



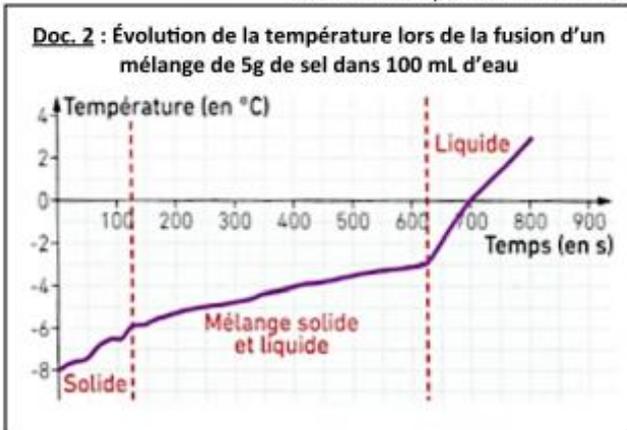
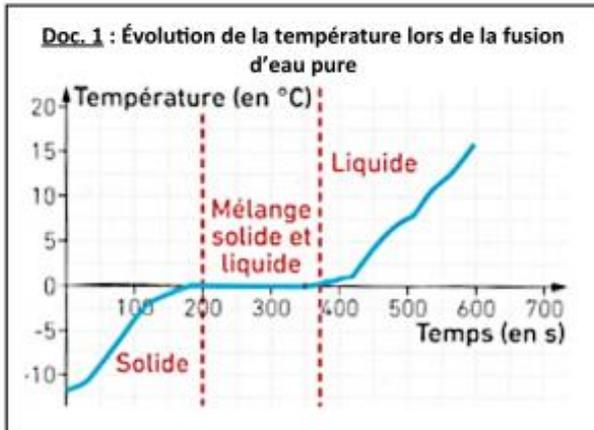
POURQUOI SALER LES ROUTES EN HIVER ? 15'



Objectif : 4H-4I Exploiter les changements d'état des corps purs

« Il est 22 heures ce mardi soir et les 32 saieuses de la mairie sont toutes déployées sous la neige tombée sans discontinuer depuis la matinée. Les engins déversent 200 à 250 tonnes de sel pour dégager 600 km d'axes prioritaires. »

Le Parisien, 6 Février 2018



Doc. 3 : Température de fin de fusion de quelques mélanges d'eau et de sel

Masse de sel dans 100 mL d'eau (g)	1	2	5	10	15	20
Température de fin de fusion (°C)	-0,8	-1,3	-2,9	-5,4	-8,5	-12,6

- En observant les documents 1 et 2, décrire la courbe de fusion de l'eau pure et celle de l'eau salée, en utilisant les verbes AUGMENTER, DIMINUER ou STAGNER :

→ La courbe de fusion de l'eau pure

→ La courbe de fusion de l'eau salée

- A l'aide des documents 1 et 2, compléter le tableau :

	Température à laquelle la fusion commence	Température à laquelle la fusion se termine
100 mL d'eau pure °C °C
100 mL d'eau pure + 5g de sel °C °C

- Expliquer, à l'oral, pourquoi saler les routes en hiver permet d'empêcher la formation de verglas (glace). Rédigez au dos de cette page le brouillon de votre explication.

B : Activité expérimentale « La température d'un corps pur lors d'une solidification »

Elève : _____

Notion travaillée : **Savoir identifier les propriétés d'un changement d'état**

La température d'un corps pur lors d'une solidification 

Objectif d'apprentissage	Critères d'évaluation
Compétence « Expérimenter » (Proposer et mettre en œuvre un protocole d'expérience)	- Protocole valide rédigé dans le temps imparti (verbes d'actions à l'infinitifs, étapes atteignant le but fixé) - Formuler une hypothèse avant l'expérience - Mettre en œuvre le protocole - Conclure après l'expérience - Comportement conscient de la sécurité

La petite histoire

La jeune Chloé et ses parents ont oublié les bouteilles d'eau à l'arrière de la voiture. Le matin, Chloé en prend une pour aller à l'école, mais elle découvre qu'un morceau de glace y flotte ! Il a fait froid cette nuit... Toutefois, plus des trois quarts de l'eau est encore liquide. Elle se dit qu'elle est arrivée à temps : le reste de l'eau n'a pas encore autant totalement refroidie ! Elle boit la partie liquide... et horreur, l'eau est si froide que cela lui fait mal à la tête instantanément.

Elle croyait que cette eau était encore liquide parce qu'elle était un petit peu plus chaude, mais maintenant elle se demande s'il n'y a pas autre chose...

Objectif de la séance

Expérimenter pour mesurer **comment évolue la température** lors de la **solidification de l'eau pure**.

Commençons ensemble à préparer votre expérience

Quel matériel pour cette expérience ?

Comment rédige-t-on un protocole d'expérience ?



Partie I : Construction d'un protocole



Consigne : chaque élève complète le protocole dans ce tableau et l'hypothèse en dessous.
Si votre enseignant valide, passer à la partie Manipulation.

Liste du matériel	Étapes du protocole
•	1)
•	2)
•	...
•	

Hypothèse

Ecrire une hypothèse : on sait que l'eau va se solidifier, mais comment la température va-t-elle évoluer ?

Partie II : Manipulation



Consigne : Mettre en œuvre le protocole et compléter ce tableau de mesures.
Vous serez arrêtés 15 minutes avant la sonnerie.

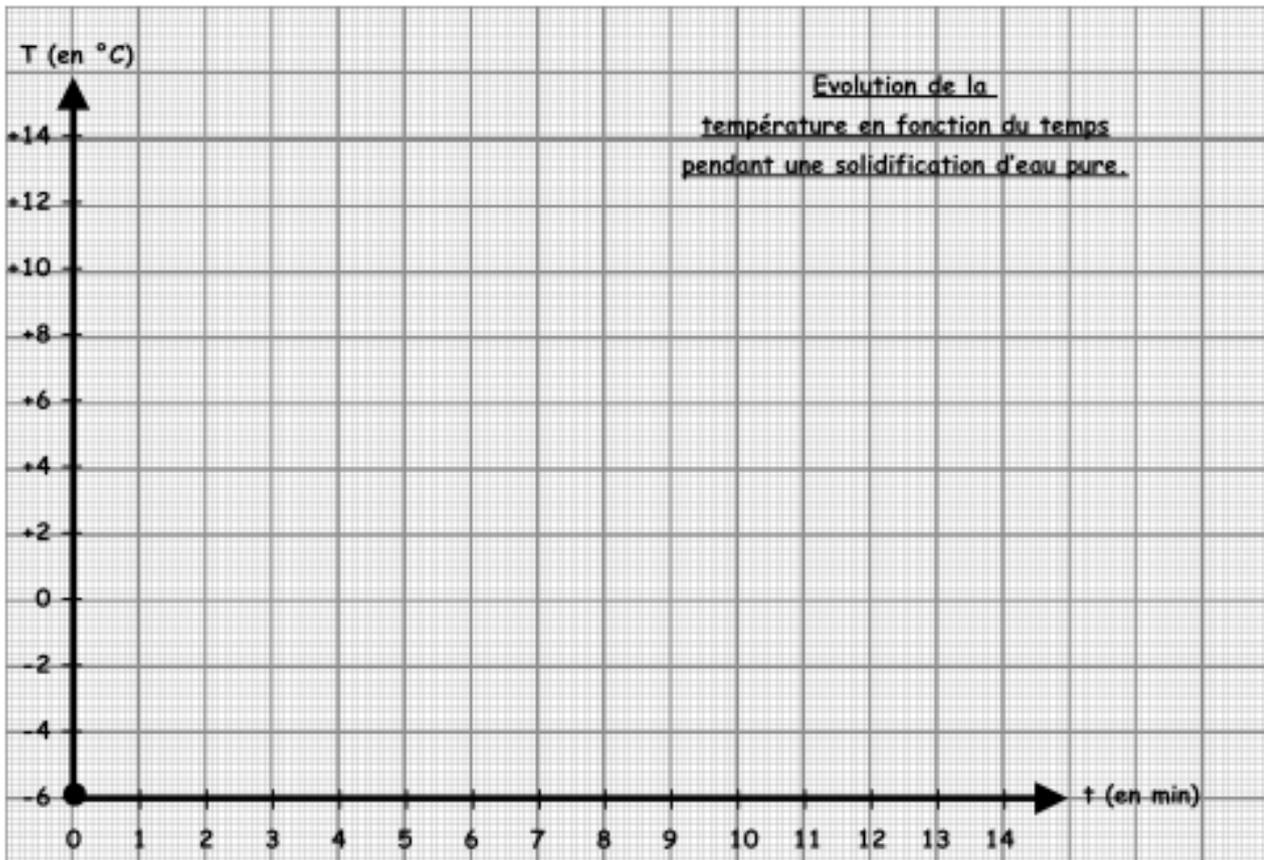
Temps t (en min)	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Température T (en °C)														

Ce que j'ai compris après l'expérience

Consigne : Rédiger un court texte expliquant ce que vous avez compris
sur l'évolution de la température lors d'une solidification. (5 minutes)

Tracer le graphique

- **Consigne :** tracer le graphique de la température en fonction du temps.
(Attention : le 0°C est au milieu de l'axe vertical, pas en bas)

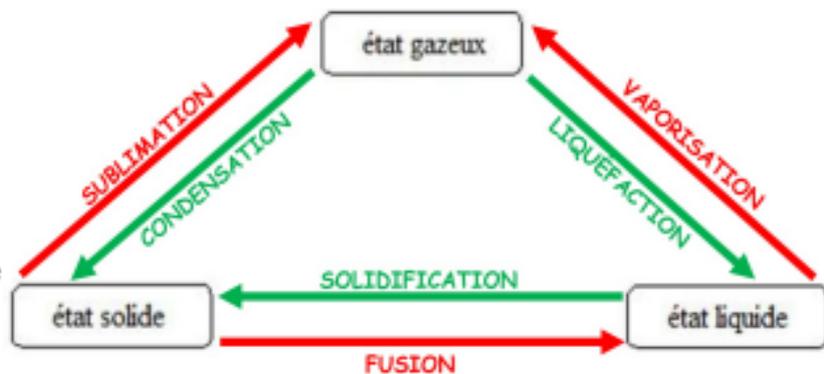


Pour aller plus loin : le secret du bain réfrigérant

Comment le bain peut-il se refroidir tout seul, sans réfrigérateur, sans électricité ?

Sur le diagramme ci-contre, les flèches claires sont les transformations qui consomment de l'énergie. Les flèches sombres sont celles qui redonnent de l'énergie.

Pour le bain réfrigérant, on force de la glace à fondre.
(En la mélangeant à du sel, car l'eau salée a besoin d'être beaucoup plus froide pour rester solide.)



(C'est la même type de phénomène qui est utilisé pour faire fonctionner un réfrigérateur ! Sauf qu'il ne fait pas fondre un glaçon, mais liquéfier un gaz.)

Consigne : rédigez au dos de cette feuille un court texte expliquant pourquoi le bain réfrigérant refroidit.

Ressource Joker :
Le protocole imaginé par l'enseignant

- Remplir un tube à essai d'un centimètre d'eau environ.
- Avec le thermomètre, relèver la température initiale. (La pointe du thermomètre doit être immergée. Rajouter un tout petit peu d'eau distillée si besoin.)
- Placer le tube avec son thermomètre dans le bain. Un autre élève lance immédiatement le chronomètre.
- Un élève relève la température après 30s.
- Après chaque mesure, agiter le mélange en déplaçant le tube à essai. Attention à ne pas renverser : tenir le becher et rester concentrer.
- Relèver la température toutes les minutes (15minutes serait un grand maximum) On peut sortir le tube de temps à autre pour noter l'état de l'eau.

Ressource Joker :
Comment écrire un protocole d'expérience

On dresse une liste du matériel nécessaire.

On liste les actions à faire, dans l'ordre. Il faut des phrases simples, avec des verbes à l'infinitif. On écrit ce que l'on fait : mélanger, mesurer...

Exemple :

Remplir un bécher de 100 mL d'eau.

Peser le bécher rempli.

Mettre le bécher sur la plaque chauffante.

Attendre 10 minutes.

Sortir le bécher du chauffage avec une pince.

Peser à nouveau le bécher.

Activité orale de fin de séquence

Elève : _____	Compétences travaillées :	Extraire des informations (E1D)	
Les deux sortes de transformations		?	5e
Objectif : notion 5A-B, Distinguer les transformations			
Transformations où les substances présentes sont toujours les mêmes.	Transformations où des substances ont disparu et/ou des substances sont apparues.		
<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>		
Transformations _____	Transformations _____		
<p>Consigne : Ecouter les exemples donnés par votre enseignant à l'oral. Placer chaque transformation de l'histoire entre les deux colonnes du tableau.</p>			

Traces écrites additionnelles de fin de séquence

5A	<p>Si une transformation ne change pas les substances présentes, on l'appelle transformation physique.</p> <p>Exemples : les mélanges, les dissolutions, les changements d'états.</p>

5B	<p>Si une transformation change les substances présentes, on l'appelle transformation chimique.</p> <p>Exemple : du métal fer et du gaz dioxygène deviennent de la rouille .</p>

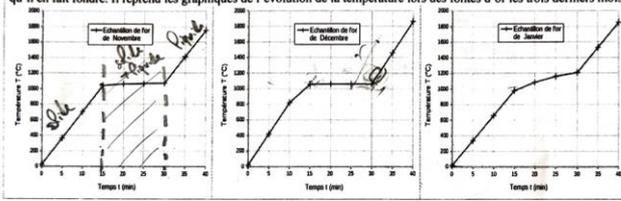
Exemples d'activités remplies par les élèves

☆☆ **Ô mon or, es-tu pur ?** 15' ✓ 5°

Objectif : 4H-4I Exploiter les changements d'état des corps purs

Un bijoutier achète chaque semaine un chargement d'or sur un marché spécialisé. Selon le vendeur, la pureté de l'or varie. Mais ce mois de janvier, il a un doute : et si son vendeur avait essayé de lui vendre de l'or moins pur que d'habitude ? Par exemple mélangé avec un métal moins cher...

Doc. 1 : Evolution de la température de l'or dans le four
Le four de bijoutier est contrôlé par un ordinateur, et il peut accéder aux relevés de température de l'or à chaque fois qu'il en fait fondre. Il reprend les graphiques de l'évolution de la température lors des fontes d'or les trois derniers mois :



- Sur le graphique, on voit que la fusion de l'or pur se produit à la température de 1060 °C
 - Rédigez un texte justifiant si l'or de janvier est aussi pur que celui des mois précédents.
- Doc. 2 : Une propriété spéciale des corps purs**
Il est impossible au premier coup d'oeil de dire si une matière est un corps pur ou un mélange homogène. Il existe toutefois des méthodes. Les corps purs ont une propriété spéciale : pendant un changement d'état, la température stagne. Au contraire, les mélanges continuent de changer de température pendant un changement d'état.

L'or de janvier n'est pas aussi pur que les autres car grâce au doc 2, on apprend qu'un corps pur stagne de température avant de changer d'état. Comme le montre le doc 1, l'or de janvier ne fait qu'augmenter de température, il ne stagne pas.

Elève : Léa Martin
Pesson

Compétences travaillées : E1D - Extraire des informations E2 Rédiger

☆☆ **Beurre de coco ou huile de coco ?** 10' 5°

Objectif : 4E, Caractériser les changements d'états

Un jour pendant une canicule en août, un employé de supermarché s'étonne de voir les pots marqués « Beurre de coco » tous remplis non pas de beurre, mais d'un liquide incolore.

Puis, un jour fin octobre, il revoit le même produit... mais cette fois la boîte est remplie d'un solide blanc ! Le produit a-t-il changé ? Doit-il s'inquiéter ?

Un souvenir de cours de Physique-Chimie le pousse à regarder le thermomètre du magasin : l'été est fini, il fait désormais 18°C.



Doc.1 : Beurre de coco
Une recherche « Beurre de coco » sur Wikipedia donne ceci :

Propriétés physiques
T° fusion : 20 à 28 °C!

- Rédiger un court texte citant un changement d'état pour expliquer ce qui s'est passé.
- Doc.2 : Changements d'états**
Quand une matière change d'état, la ou les substance(s) qui la compose ne changent pas. Par exemple de l'eau solide ou gazeuse reste de l'eau. Elle ne devient jamais de l'huile. Si de nouvelles substances apparaissent, ce n'est pas un changement d'état. Par exemple, du sucre qui devient du caramel n'est pas un changement d'état. Il est inexact de dire que le sucre « fond », car le caramel est une nouvelle substance.

L'été le beurre de coco est fondu car la température était supérieure à 28°C et l'hiver il était solide car la température était inférieure de 18°C ses deux fois la même substance. 20°C

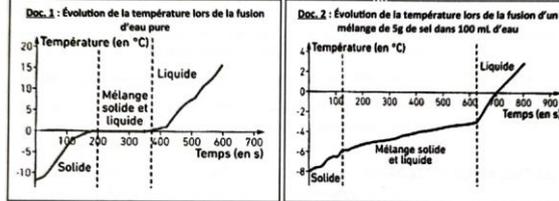
Elève : Julie Sey
Gracia-Billog

Compétence travaillée : Extraire des informations

☆☆ **POURQUOI SALER LES ROUTES EN HIVER ?** 15' 5°

Objectif : 4H-4I Exploiter les changements d'état des corps purs

« Il est 22 heures ce mardi soir et les 32 saaleuses de la mairie sont toutes déployées sous la neige tombée sans discontinuer depuis la matinée. Les engins déversent 200 à 250 tonnes de sel pour dégager 600 km d'axes prioritaires. »



Doc.3 : Température de fin de fusion de quelques mélanges d'eau et de sel

Masse de sel dans 100 ml d'eau (g)	1	2	5	10	15	20
Température de fin de fusion (°C)	-0,8	-1,3	-2,9	-5,4	-8,5	-12,6

- En observant les documents 1 et 2, décrire la courbe de fusion de l'eau pure et celle de l'eau salée, en utilisant les verbes AUGMENTER, DIMINUER ou STAGNER :
- La courbe de fusion de l'eau pure AUGMENTE, STAGNE et AUGMENTE
- La courbe de fusion de l'eau salée AUGMENTE, ne STAGNE PAS

A l'aide des documents 1 et 2, compléter le tableau :

	Température à laquelle la fusion commence	Température à laquelle la fusion se termine
100 ml d'eau pure	0 °C	0 °C
100 ml d'eau pure + 5g de sel	-3 °C	-3 °C

- Expliquer, à l'oral, pourquoi saler les routes en hiver permet d'empêcher la formation de verglas (glace). Rédigez au dos de cette page le brouillon de votre explication.

Partie I : Construction d'un protocole

Consigne : chaque élève complète le protocole dans ce tableau et l'hypothèse en dessous. Si votre enseignant valide, passer à la partie Manipulation.

Liste du matériel	Étapes du protocole
<ul style="list-style-type: none"> eau tube à essai eau réfrigérée thermomètre 	<ol style="list-style-type: none"> Remplir le tube d'eau et mesurer sa temp. de l'eau Plonger le tube à essai dans le bain et mesurer la temp. <p>Court, mais ok!</p>

Hypothèse ✓
Ecrire une hypothèse : comment suppose-t-on que la température va évoluer pendant cette expérience ?
Beurre mais l'eau ne va pas se congeler mais elle va refroidir (-10°C)

Partie II : Manipulation

Consigne : Mettre en œuvre le protocole et compléter ce tableau de mesures. Vous serez arrêtés 15 minutes avant la sonnerie.

Temps t (en min)	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Température T (en °C)	17	12	9	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Ce que j'ai compris après l'expérience

Consigne : Rédiger un court texte expliquant ce que vous avez compris sur l'évolution de la température lors d'une solidification. (5 minutes)

J'ai compris que avec le début la temp. de l'eau a baissé, cependant vers 6 min la temp. a stagné puis elle a fini par aller dans la solidification. Une fois gelé l'eau a baissé de temp. ✓

Annexe 4 : Tâtonnements vers une problématique

Idée question 1 (avec CJ, 8 décembre)

En chimie au collège, les élèves arrivent avec des conceptions autour de la Chimie, du « chimique » et de son opposition au « naturel ». Ces conceptions ont-elles des effets mesurables sur leurs résultats, et peut-on y remédier ?

Méthode : Recueillir les conceptions des élèves autour de l'opposition chimique/naturel. Comparer à leurs résultats scolaires dans l'année. (On pourra utiliser leurs résultats en physique et en SVT pour comparer avec un sujet non connoté.) Proposer une activité de remédiation, puis remesurer les conceptions élèves.

Idée question 1c (affinage)

En chimie au collège, les élèves arrivent avec des conceptions autour de la Chimie en tant que discipline, du « chimique » associé au « toxique » et à la pollution. Ces conceptions ont-elles des effets mesurables sur leurs investissements dans la discipline, et peut-on y remédier ?

Idée question 1b (version initiale de 1)

En chimie au collège, les résultats et progrès des élèves au cours d'une année de collège sont-ils corrélés à leurs conceptions sur la place de la Chimie dans le monde contemporain ?

Méthode : Recueillir les conceptions des élèves autour de l'opposition chimique/naturel, et comparer à leurs résultats scolaires dans l'année. On pourra utiliser leurs résultats en physique et en SVT pour comparer avec un sujet non connoté.

Idée question 2

En chimie au collège, les apprentissages des élèves au cours d'une séquence sont-ils différents si les contextualisations accentuent plutôt les aspects « chimiques » ou les aspects « naturels » ?

Méthode : On donne des activités différentes selon les classes, avec des contextualisations travaillées. Après évaluation formative de l'activité et sommative ensuite, on compare les résultats selon l'activité.

Idée question 3

Les élèves se classifient au cours du secondaire comme « scientifique » ou « non scientifique » (littéraire, commercial, techno...) : ceci n'est-il pas fortement influencé par les conflits suscités par leurs préconceptions ?

Idée question 3b

Si les parents transmettent des conceptions portant une opinion négative sur la chimie, comment l'élève peut-il gérer cette tension entre sa famille et son milieu scolaire ?

Idée question 4 (avec RK, 6 déc)

Quelles sont les conceptions des élèves sur la notion de substance durant la classe de 5e ?

Idée question 5, retenue

Peut-on, en adressant les conceptions élèves sur les substances, aider à leur compréhension des réactions chimiques ?