
LES GAZ DANS LES CHANGEMENTS D'ETAT DE LA MATIERE

Mise en contexte

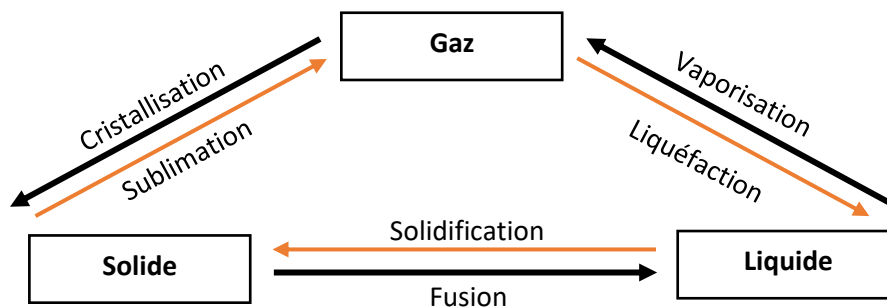
Une analyse des prescrits (Ministère de la Fédération Wallonie Bruxelles , 2000, 2013) indique qu'en primaire, les élèves distinguent trois états de la matière, l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux. Ils abordent également certaines caractéristiques physiques de quelques substances comme l'air et l'eau. L'eau étant présente sous différentes formes dans l'environnement qui les entoure. Dès l'entrée dans l'enseignement secondaire, les élèves commencent à établir les propriétés des états solides, liquides et gazeux de la matière. Les élèves présentent des difficultés dans l'acquisition de la matérialité de l'air (Plé, 1997). Les élèves abandonnent difficilement leurs idées au profit de l'idée qui lui est enseignée. Pour les élèves, la matière est quelque chose de visible, de lourd et qui oppose une résistance et il est difficile de renoncer à cette idée car elle structure la perception du monde (Astolfi, 1992). Les gaz étant invisibles, ils constituent une difficulté chez les étudiants (Azizoglu & Geban, 2004). Si les élèves n'acceptent pas que les gaz soient de la matière, il n'accepte pas non plus que l'air soit de la matière. Cet obstacle empêche donc de comprendre différentes notions : les synthèses chlorophylliennes (le CO₂ atmosphérique permet aux végétaux de fabriquer leur matière), les changements d'état dont l'une des phases est gazeuse, les réactions chimiques qui font intervenir des gaz ou encore la pression atmosphérique (Astolfi & Peterfalvi, 1993). Cependant la compréhension de la structure particulière de la matière, les changements de phases ainsi que le cycle de l'eau sont des éléments importants dans l'apprentissage des sciences (Tsaparlis et al. 2013).

Définition

La physique est une science qui étudie les propriétés de la matière, du temps et de l'espace (Roy & Thouin, 1996). Tout d'abord, en sciences la « matière » est constituée d'atomes qui s'assemblent sous l'influence des forces électriques. L'intensité de ces forces entre les atomes détermine l'état de la substance (Kane & Sternheim, 2004). Les atomes et les molécules constituent donc les deux premiers niveaux d'organisation de la matière (Arnaud et al., 2013). En sciences, la matière occupe une certaine place, elle se déplace, possède une masse et se conserve (Abidi-Rosay & Masson, 2012). Elle ne se limite donc pas à quelque chose que l'on

peut toucher, voir ou soupeser (Arnaud et al., 2013). Le modèle particulière de la matière est un concept scientifique. Il représente une base pour comprendre différents phénomènes tels que les états de la matière, les changements de phases et les propriétés des substances (Merrit, 2010). Les propriétés physiques de la matière impliquent des modèles microscopiques qui permettent de se rendre compte de phénomènes macroscopiques (Aldon & Bécu-Robinault, 2013). Cette dualité complique l'enseignement de la chimie (Barlet & Plouin, 1997).

La transformation de la matière représentant un concept transversal à la biologie et à la physique-chimie (Peterfalvi, 1994). Un changement d'une phase vers une autre est appelé un changement de phase. On distingue trois états de la matière dont la séquence est : l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux qui présentent chacun des propriétés macroscopiques et des propriétés microscopiques (Arnaud et al., 2013). Bien que dans les manuels éducatifs de physique, sur les pages internet ou encore dans des manuels scientifiques le plasma est considéré comme le quatrième état de la matière. En termes de transition de phases, il ne peut pas être considéré comme le quatrième état de la matière succédant à l'état gazeux. En effet, la transition impliquant le passage du gaz vers le plasma diffère des autres phases de transition communes où l'enthalpie libre vaut zéro (Burm, 2012).



L'état solide est un état condensé. On distingue différents états solides car ils peuvent varier en structure et en propriété. Il y a des solides durs, des solides moins durs, des solides légers, des solides lourds, des solides conducteurs d'électricité, des solides isolants, des solides qui fondent à très hautes températures et ceux qui fondent à très basses températures. Au niveau macroscopique, un solide présente non seulement un volume propre mais également une forme propre. Au niveau microscopique, l'état solide se modélise par des molécules qui ont peu de liberté, elles effectuent de simples oscillations autour de positions d'équilibre dont la disposition relative ne varie pas (Arnaud et al., 2013).

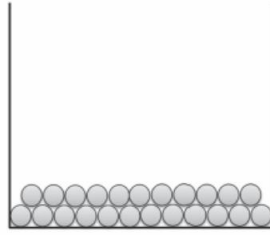


Figure 1: Modélisation de l'état solide. Aldon & Bécu-Robinault 2013.

L'état liquide présente différentes propriétés macroscopiques. En effet, il ne possède pas de forme propre mais possède un volume propre. L'état liquide peut facilement être déformable tout en étant difficile à comprimer (un liquide est pratiquement incompressible) (Arnaud et al., 2013). Le liquide prend la forme du récipient qui le contient et sa surface libre au repos est toujours plane et horizontale (Arnaud et al., 2013 ; Raherilantoniaina, 2015). Au niveau microscopique, l'état liquide se modélise par un ensemble de molécules qui sont au contact les unes avec les autres mais d'avantage que les molécules de l'état gazeux, elles sont rapprochées et peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres et chacune possède une agitation. Cet état est dit condensé et désordonné (Arnaud et al., 2013).

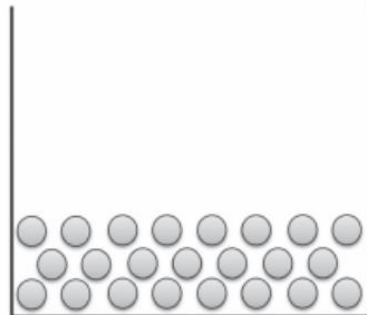


Figure 2: Modélisation de l'état liquide. Aldon & Bécu-Robinault 2013.

L'état gazeux se caractérise par des propriétés macroscopiques et microscopiques. Au niveau macroscopique, les gaz sont invisibles et inodores et ils n'ont ni une forme propre ni un volume propre mais tendent à occuper tout le volume qui est disponible. Ils sont compressibles et expansibles. Au niveau microscopique, la modélisation des gaz implique un ensemble de molécules très peu liées, éloignées les unes des autres et chacun possède une vitesse donnée. Cet état est dit non condensé et entièrement désordonné (Arnaud et al., 2013). Les gaz exercent une action sur l'ensemble des objets avec lesquels ils sont en contact (Givry, 2003).

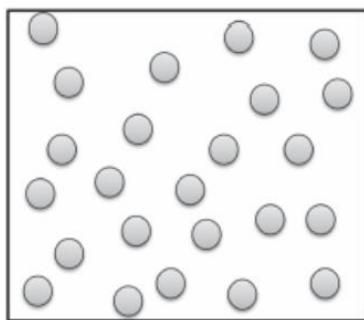


Figure 3 : Modélisation de l'état gazeux. Aldon & Bécu-Robinault 2013.

Pour passer de solide, à liquide, à gaz, à plasma il est nécessaire d'apporter de la chaleur à chaque état le précédent (Burm, 2012).

L'évaporation est un changement de phase qui se produit entre la matière à l'état liquide et la matière à l'état gazeux sans forcément la présence d'une ébullition. Cette transformation se retrouve dans le cycle de l'eau dans la nature (Bar & Galili, 1994). La vapeur d'eau représente l'état gazeux de l'eau et elle présente donc toutes les propriétés macroscopiques et microscopiques de l'état gazeux susmentionnées.

Obstacles à l'apprentissage

Dans la vie quotidienne, les élèves indiquent que la matière est permanente et statique mais le vide est absent (Pfundt, 1981). Bien que présente à différents âges, les préconceptions concernant la matière varient d'un âge à l'autre. À 5 ans, les enfants pensent que lorsque l'eau s'évapore, elle disparaît, cette préconception disparaît entre 6 et 7 ans. Mais entre 7 et 8 ans, les élèves pensent que l'eau se déplace. À 12 ans, les élèves pensent que la matière se modifie, l'eau se modifie en vapeur par exemple. La combinaison de plusieurs études (Tytler & Peterson, 2000; Gönen & Kocakaya, 2010; Ravanis, 2013) permet de mettre en évidence que jusqu'à l'âge de dix-onze ans il est difficile d'admettre les changements d'états mais il est surtout très difficile de comprendre le mécanisme expliquant les types de changement. Notamment l'échange de chaleur entre le liquide et l'air mais donc plus globalement le principe de l'équilibre thermique (Ravanis, 2014).

En ce qui concerne les changements d'états, les élèves de six à douze ans présentent des problèmes majeurs avec les changements d'états visibles de l'eau ou d'autres substances, rencontrées dans les conditions du quotidien. Ces problèmes concernent l'ébullition, l'évaporation de l'eau ou encore la fusion de la glace. Un grand nombre d'enfants pensent que la condensation, l'évaporation, la liquéfaction, la fusion et la solidification ne sont des termes

seulement reliés à l'eau. Par conséquent, à zéro degré Celsius tout gèle et à cent degrés Celsius tout bout et durant la transition de phase, la température ne reste pas invariante (Ravanis, 2014).

Les enfants de neuf à onze ans, ne conçoivent uniquement que ce qu'ils perçoivent. Ces enfants visualisent le sel comme une substance solide blanche et conçoivent difficilement sous son état invisible lors de sa dissolution dans de l'eau. Lors de l'évaporation ou de l'ébullition de l'eau, les enfants pensent que « l'eau s'évapore en air », la cohérence de cette pensée est confortée par la pensée « primat de la conception » mais également par d'autres modes de pensée (Plé, 1997). Notamment, Tiberghien et Vince (2005) associent cette conception à un mode de pensée causal. Plus précisément, pour comprendre un concept physique, l'élève se réfère aux interactions que ce dernier entretient avec l'environnement et, à posteriori, les effets que cela implique. Un autre mode de pensée, la « pensée catégorielle » peut avoir une fonction obstacle dans les changements d'état de la matière. Les catégories sont considérées de manière trop absolue et les passages d'une catégorie à l'autre sont considérés comme impossibles. Il en résulte donc que les gaz sont des gaz, que les liquides sont des liquides et que par conséquent une même substance est soit l'un soit l'autre mais ne peut pas appartenir à ces deux catégories.

Concernant les gaz, les élèves peuvent présenter diverses conceptions. Elles concernent la matérialité, la masse, la quantité d'un gaz mais également son action, sa répartition et enfin son aspect particulière (Givry, 2003).

Au niveau de la conception de l'air, si les enfants ont conscience que l'air existe autour d'eux, pour eux il ne peut ni être vu ni être touché (Séré, 1985). De plus, les élèves de primaire et des niveaux secondaires inférieurs évoquent très rarement l'air comme exemple de gaz. En effet, ils considèrent l'air et les gaz comme deux choses distinctes (Andersson, 1990). Les gaz sont souvent associés à des éléments toxiques, nocifs et inflammables tel que les gaz de guerre ou les gaz d'échappement. Ils ne considèrent donc pas l'air comme de la matière, et ne l'évoquent spontanément que lorsque l'air se trouve en mouvement (Plé, 1997). Les élèves ont conscience qu'un bocal ouvert contient de l'air et qu'il occupe tout l'espace autour de lui mais l'air n'existe que si il est en mouvement (Séré, 1985 ; Plé, 1997). Cet obstacle fréquemment rencontré chez les élèves de primaire peut encore apparaître chez des élèves de quatrième année secondaire. De plus lorsque l'air est défini comme un gaz, il est souvent défini comme un gaz pur et par conséquent il n'est pas possible de peser un ballon gonflé d'air car il s'envole. Dans le cas où l'élève accepte que les gaz soient de la matière, tout est considéré comme de la matière y compris la lumière.

La difficulté d'acquisition de la matérialité de l'air peut provenir de deux obstacles principaux (Plé, 1997). Le premier obstacle est d'ordre cognitif. En effet, chez les enfants de 9 à 11, le mode de pensée « primat de la perception » est très présent, c'est-à-dire que la perception prime avant tout. Dans ce mode de pensée, ne sont pris en compte que les objets qui sont accessibles aux sens, et particulièrement à la vision car ils sont extérieurs à la personne et l'opération ne demande aucun effort (Peterfalvi, 1997). Contrairement aux états de la matière solide et liquide qui sont visibles et qui peuvent être manipulés, l'air est très peu perçu car il est invisible, impalpable et incolore. Par conséquent, l'air n'est pas assimilé à une matière. Le deuxième obstacle est un obstacle langagier. Dans le langage courant, le mot matière est connu des élèves mais le sens qui lui est donné est largement différent de celui qu'on lui attribue en science. Les élèves connaissent donc rarement sa signification scientifique car pour eux, le mot matière renvoie à différentes acceptions : « matière » en tant que discipline scolaire, « matières premières » ou encore « matières grasses ». Ces différences entraînent des confusions chez les élèves lorsque l'on aborde « la matière » en sciences (Plé, 1997). Un obstacle langagier concerne également le terme d'« air ». Ce dernier peut être utilisé dans certains cas d'une manière non adéquate, en effet, l'expression « aller prendre l'air » pourrait signifier qu'à l'endroit où on se trouvait il n'y avait pas d'air. Lorsque l'on parle de « courant d'air » cela suggère qu'il n'y avait pas d'air avant que le courant ne passe. Un autre exemple est celui de la bouteille vide, elle ne contient effectivement plus de liquide mais elle est tout de même remplie d'air. Ces obstacles persistent chez les élèves car un réseau d'idées y sont associées. Pour les élèves, la matière doit être visible, elle doit opposer une résistance et elle est palpable. Quant à l'air, il permet de respirer et il représente un réservoir (Astolfi & Peterfalvi, 1993).

De nombreux élèves âgés de 11 à 13 ans affirment que l'air ne pèse pas et certains d'entre eux considèrent que l'air permet d'alléger les objets (Séré, 1985) par contre une autre étude a montré que les élèves plus âgés (14-15 ans) considèrent que l'air a une masse (Stavy, 1988 cité par Givry, 2003).

Les élèves de 11 à 13 ans ne conçoivent pas que les gaz agissent en permanence sur l'ensemble des objets avec lesquels ils se retrouvent en contact. Il en est de même pour les élèves de 12 à 16 ans qui pensent que l'air atmosphérique n'agit pas tout le temps (Clough & Driver 1986). Cette pensée provient de leur conception à l'égard de l'action unique des gaz lorsqu'ils sont en mouvement dans une enceinte fermée ou libre (Séré, 1985). De Berg (1992) a également constaté que les élèves attribuent des propriétés différentes entre l'air libre (ex : l'air atmosphérique) et l'air enfermé (ex : dans une pipette remplie d'eau).

L'observation de l'évaporation pour les élèves peut être perçue comme une contradiction par rapport à ses savoirs. En effet, elle consiste à faire passer d'un état liquide perceptible par la vision et le touché à un état qui ne peut être touché et vu. Donc même si l'élève a acquis l'idée de conservation de la matière, lorsqu'il voit le liquide « disparaître » sous ses yeux, il y a contradiction par rapport à ses savoirs (Bar & Galili, 1994).

Une étude consistant à évaluer les préconceptions liées aux changements d'état de l'eau auprès d'élèves de 8 à 17 ans permet de mettre différentes conceptions erronées à propos de l'ébullition, de l'évaporation et de la condensation. Les élèves plus âgés présentent parfois les mêmes pensées que les plus jeunes alors qu'ils ont bénéficié de plus d'apprentissage. Par exemple, lors de l'évaporation, des élèves allant de 10 à 14 ans évoquent que les bulles observées sont formées de chaleur et une autre vue commune concernant les élèves de 8 à 16 ans évoque que les bulles sont constituées d'air mais certains élèves pensent que les bulles prennent l'air de la surface du liquide. Il ressort également que les élèves pensent qu'une fois que la vapeur n'est plus visible, elle s'est transformée en air. D'un autre côté des élèves pensent que la vapeur et l'air ne représente qu'une seule et même chose. Il ressort également que les idées non scientifiques deviennent plus populaires auprès des populations plus âgées, les élèves de 15 ans évoquent plus que l'eau se transforme en oxygène ou hydrogène lors de l'ébullition que les élèves de 12 ans (Osborne & Cosgrove, 1983).

Une étude menée sur des élèves âgés de sept à dix-sept ans, a mis en évidence que la majorité d'entre eux ne représentent pas l'air comme étant réparti d'une manière homogène quand une bouteille d'air est vidée à moitié (Benson, Wittrock & Baur, 1993).

Pistes et applications

Dans le but de franchir l'obstacle concernant la non-acquisition de la matérialité des gaz, dont l'air, il est nécessaire de montrer aux élèves que l'air a des propriétés communes aux solides et liquides (Piaget & Garcia, 1971 cités par Abidi-Rosay & Masson (2012)). Les élèves doivent comprendre que les gaz sont pesants, qu'ils peuvent être colorés, déplacés ou encore susceptibles d'être transformés en liquides (Astolfi & Peterfalvi, 1993)

Pour y arriver, certaines situations expérimentales concernant le déplacement de l'air ou encore son transvasement peuvent y être propices. L'objectif de ces expériences étant que l'élève accepte que l'air soit de la matière et qu'il obéit à une loi de conservation. Un exemple d'expérience serait par exemple de transvaser de l'eau d'une bouteille à l'autre et ensuite de

demander si l'on peut faire la même chose avec de l'air. Une autre expérience peut consister à comparer la différence de masse qu'il existe entre un ballon gonflé et un ballon dégonflé (Abidi-Rosay & Masson, 2012). Il est également possible de proposer une expérience consistant à recueillir le gaz d'un briquet.

Bibliographie :

Abidi-Rosay, M. & Masson, J. (2012). *Enseigner la matérialité de l'air au cycle 3 : analyse d'une démarche pour tenter de faire évoluer les conceptions des élèves*. (Mémoire). Académie de Grenoble.

Aldon, G. & Bécu-Robinault, K. (2013). Modélisation et représentations des états de l'eau par des élèves de SEGPA. *RDST* 8, 9-22. DOI : <https://doi.org/10.4000/rdst.758>

Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18(1), 53-85. DOI: 1080/03057269008559981

Arnaud, P., Rouquérol, F., Chambaud, G., Lissillour, R., Boucekkine, A., Bouchet, R., Boulc'h, F. & Hornebecq, V. (2013) . *Les cours de Paul Arnaud : Chimie générale* (7^eéd.). Paris : Dunod

Astolfi, J.P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-141. DOI: 10.4267/2042/8578.

Astolfi, J.P. (1992). *L'école pour apprendre*, E.S.F.

Azizoğlu, N & Geban, Ö . (2004). Students' Preconceptions and Misconceptions About Gases. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (1), 73-78. Consulté à l'adresse <https://dergipark.org.tr/en/pub/baunfbed/issue/24782/261828>

Bar, V. & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16, 157-174. Consulté à l'adresse <https://doi.org/10.1080/0950069940160205>

Barlet R. & Plouin D. (1997). La dualité microscopique-macroscopique un obstacle sous-jacent aux difficultés en chimie dans l'enseignement universitaire. *Aster*, 25, 143-174. DOI : [10.4267/2042/8683](https://doi.org/10.4267/2042/8683)

Benson, D. L., Wittrock, M. C. & Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597. DOI : [10.1002/tea.3660300607](https://doi.org/10.1002/tea.3660300607)

Burm, K., (2012). Plasma: The fourth State of Matter. *Plasma Chem Plasma Process*. 32, 401-407. Consulté à l'adresse <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11090-012-9356-1.pdf>

Clough, E.E. & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of student's conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70 (4), 473-496. DOI : 10.1002/sci.3730700412

De Berg, K. C. (1992). Students' thinking in relation to pressure-volume changes of a fixed amount of air : the semi-quantitative context. *International Journal of Science Education*, 14(3), 295-303. DOI : [10.1080/0950069920140306](https://doi.org/10.1080/0950069920140306)

Givry, D., (2003). *Étude de l'évolution des idées des élèves de seconde durant une séquence d'enseignement sur les gaz*. (Thèse de doctorat). Université Lumière, Lyon.

Gönen, S. & Kocakaya, S. (2010). A Cross-Age Study on the Understanding of Heat and Temperature. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education*, 2(1), 1-15. Consulté à l'adresse <http://www.ijpce.org/index.php/IJPCE/article/view/116/121>

Kane, J. & Sternheim, M. (2004) . *Physique* (3^e éd). Paris : Dunod

Merritt, J.D. (2010). Tracking Students' Understanding of the Particle Nature of Matter (Thèse de doctorat). Université du Michigan.

Ministère de la Fédération Wallonie Bruxelles (2000). Programme d'études du cours d'initiation scientifique. Enseignement secondaire ordinaire de plein exercice. Enseignement de la communauté française. Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique. Service général de l'Enseignement organisé par la Fédération Wallonie Bruxelles.

Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles (2013). Socles de compétences. Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, Pilotage du Système éducatif : Bruxelles

Osborne, R. & Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of research in science teaching*, 20(9), 825-838.

Peterfalvi, B. (1994). Recherche sur les objectifs-obstacles et les situations d'apprentissage autour du concept de transformation de matière. Dans J.-P. Astolfi, Didactique plurielle des sciences, Analyse contrastée de quelques publications de recherche (pp. 22-28). Consulté à l'adresse <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA019-02.pdf?fbclid=IwAR16fiEDJWpeOrnuhWs3jZy1owWo-zU9FG835Cy7yTYoxJPMg72e712Icgc>

Peterfalvi, B. (1997). L'identification d'obstacles par les élèves. *Aster*, 24. 171-202.

Pfundt, H. (1981). *Pre-instructional conceptions about substances and transformation of substances*. Communication présentée au the International Workshop on problems concerning students' representation of Physics and Chemistry Knowledge, Ludwigsburg.

Plé, E. (1997). Transformation de la matière à l'école élémentaire : des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles. *Aster*, 24.

Raherilantoniaina, L.B. (2015). *Didacticiel pour l'étude de quelques propriétés physiques et thermiques de la matière en classe de cinquième*. (Mémoire). Université d'Antananarivo. Consulté à l'adresse http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/raherilantoniainaLalatiianaB_ENS_CPN_15.pdf

Ravanis, K. (2013). Mental representations and obstacles in 10-11 year old children's thought concerning the melting and coagulation of solid substances in everyday life. *Preschool and Primary Education*, 1(1), 130-137.

Ravanis, K. (2014). Les représentations des enfants de 5-6 ans sur la fusion et la solidification du sel, comme support pour le déploiement des activités didactiques. *International Journal of Research in Education Methodology*, 6(3), 943-947.

Roy, J.A. & Thouin, M. (1996). Introduction aux sciences de la nature. Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes. Sainte-Foy : Éditions MultiMondes.

Séré M.-G. (1985). The gaseous state dans *Children's ideas on science*, Dans R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds), Open University Press.

Tiberghien, A. & Vince, J. (2005). Etude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain* 10, 153-176.

Les gaz dans les changements d'états de la matière. Equipe de recherche, UMons 2020.

Tsaparlis, G. et al. (2013). Introduction: Concepts of Matter – Complex to Teach and Difficult to Learn. Dans G. Tsaparlis & H., Sevian (Eds. Du vol.), *Innovations in Science Education and Technology : Vol.19. Concepts of Matter in Science education* (pp. 1-8). doi : 10.1007/978-94-007-5914-5

Tytler, R. & Peterson, S. (2000). Deconstructing learning in science—Young children's responses to a classroom sequence on evaporation. *Research in Science Education* 30, 339–355. Consulté à l'adresse <https://doi.org/10.1007/BF02461555>