

# ISRG Journal of Arts, Humanities and Social Sciences (ISRGJAHSS)



**ISRG PUBLISHERS**

Abbreviated Key Title: ISRG J Arts Humanit Soc Sci

**ISSN: 2583-7672 (Online)**

Journal homepage: <https://isrgpublishers.com/isrgjahss>

Volume – IV Issue - III (May-June) 2026

Frequency: Bimonthly



## Changements d'état des solides : idées spontanées d'élèves de 12 ans sur la liquéfaction et la coagulation du sucre

**David Castro**

MSc, Enseignant-Chercheur, Enseignement Primaire, Canada

| **Received:** 17.05.2026 | **Accepted:** 21.05.2026 | **Published:** 25.05.2026

\*Corresponding author: David Castro

### Abstract

*Children build ideas about concepts and physical phenomena and these ideas influence teaching. For the school natural sciences, the change of state is a transformation of matter due to the transfer of energy in the form of heat. For students, however, we know that the ideas they form about phenomena like the one we are talking about are often incompatible with scientific models. In this research we studied the ideas of 109 12-year-old students on the liquidation of sugar. The results of an individual interview show that these students use different categories of ideas, most of which are dominated by the nature of the sand we are studying.*

**Keywords:** students' ideas; primary education; melting and coagulation

### 1. Introduction

Au cours des dernières décennies, des études centrées sur les idées spontanées ont très souvent démontré que l'élève utilise des notions pour l'approche du réel qui ne correspondent couramment pas aux concepts utilisés en sciences physiques et naturelles (Castro, 2013; Ravanis, Zacharos & Vellopoulou, 2010 ; Castro & Rodriguez, 2014). En effet, de nombreuses recherches en didactique des sciences ont visé l'identification des idées chez les élèves en analysant leurs erreurs et leurs raisonnements lors de travail dans la classe ou au laboratoire (Mediphat & Hoang, 2025; Ravanis, Kaliamos & Pantidos, 2021; Voutsinos, 2025).

La prise de conscience de l'importance de telles idées naïves préexistantes, indique aux systèmes et aux institutions d'enseignement les difficultés réelles des élèves à l'approche et la compréhension du monde physique et permet l'inspiration des interventions didactiques susceptibles de favoriser le passage des

idées naïves aux nouvelles conceptions explicatives, compatibles aux modèles scientifiques (Grigorovitch, 2021; Impedovo et al., 2017; Ravanis et al., 2005; Tin, 2016). Cette tendance de recherche a créé une gamme d'approches fondées sur différents points de départ théoriques, mais qui ont d'une part pour objet de recherche l'identification des idées naïves des étudiants sur les concepts et phénomènes des sciences, et d'autre part les techniques appropriées pour leur transformation en d'autres idées compatibles avec la connaissance scientifique. Dans ce contexte, des techniques telles que l'apprentissage par l'investigation (Nertivich, 2026; Tin, 2026), le conflit cognitif (Lefebvre & Pinard, 1972; Ravanis, 2025), changement conceptuel (Grigorovitch, 2014; Nertivich, 2016), la modélisation (Rodriguez, 2018; Tin, 2016), l'apprentissage par la construction des modèles précurseurs (Ravanis & Boilevin, 2022; Weil-Barais, 2022), etc., visent à exploiter les idées spontanées et

leurs transformations. Évidemment, quel que soit le choix théorique pour transformer les idées initiales des élèves, la première approche de la recherche consiste à les détecter et à les identifier correctement. C'est pourquoi, pendant de nombreuses années, dans divers domaines de l'enseignement tels que la mécanique (Boumghar et al., 2012), l'optique (Ravanis, Papamichaël & Koulaidis, 2002), le magnétisme (Nertivich, 2013), l'électricité (Kada & Ravanis, 2016), etc., cette recherche a beaucoup évolué.

Les notions de chaleur et de température chez la pensée des élèves ont déjà fait l'objet de nombreuses recherches pendant de nombreuses décennies. Les résultats dans ce domaine de recherche sur les idées des élèves, qui compliquent la compréhension de ces concepts scientifiques, sont intéressants et vont dans la même direction : ils se caractérisent par une distance significative par rapport aux modèles enseignés en éducation et ne sont transformés que par des interventions didactiques particulières. En suivant une approche de recherche large qui étudie les phénomènes naturels et les situations devenant des objets d'apprentissage et d'enseignement dans l'éducation, et qui reposent sur les concepts de chaleur et de température, différentes images liées à des facteurs tels que l'âge des élèves, les programmes, les systèmes éducatifs, etc. sont créées.

En cherchant à identifier les difficultés significatives des élèves de 8 à 16 ans, telles que documentées dans les recherches sur la compréhension des concepts et phénomènes thermiques, nous avons rencontré des problèmes de différents niveaux comme les plus courants : des problèmes allant des difficultés perceptuelles aux obstacles plus conceptuels. Ainsi, que ce soit dans le cadre d'approches qualitatives ou quantitatives, on constate des problèmes tels que : ils existent d'objets chauds et froids par nature, le chaud et le froid sont deux entités distincts, la température est une propriété intrinsèque de la matière ou pire encore, certains corps ou substances comme des glaçons ou de la glace, la chaleur ne se propage pas aux matériaux métalliques, il n'y a pas de distinction entre la chaleur et la température, les relations thermiques entre un objet et son environnement sont ambiguës (Baser, 2006; Gebru, 2021; Kaliampos & Ravanis, 2019; Laval, 1985; Nertivich, 2018; Tin, 2018, 2024; Zimmermann-Asta, 1990; Zulklipl & Surat, 2022).

Un domaine particulier de difficultés, que nous abordons séparément car il constitue le sujet de la recherche que nous présentons ici, est celui des changements d'état thermiques de la matière. Dans les études consacrées à ce sujet, on constate généralement que les élèves ont du mal à comprendre la relativité des états de la matière et même à admettre la réalité du changement d'état. C'est pourquoi on rencontre très souvent des interprétations erronées, un enfermement dans des données perceptives, des analogies fausses concernant le comportement de différents matériaux, etc. Par exemple, la glace ne change pas de température quel que soit l'état thermique de l'environnement, 0 °C et 100 °C sont les températures de fusion et de solidification de nombreux matériaux, plus on fait chauffer de l'eau qui bouille plus sa température peut augmenter, la température d'une substance ne peut pas dépasser son point d'ébullition, des transformations telles que l'évaporation ou la liquéfaction sont exclusivement liées à l'eau, pendant la transition de phase la température ne reste pas invariante, l'équilibre thermique n'est pas une propriété générale des systèmes, mais il est rarement et de manière sélective reconnue

(Laval, 1985; Ravanis, 2013; Rodriguez & Castro, 2014; Tin, 2019, 2022; Zimmermann-Asta, 1990 ; Zou et al., 2026).

Les sujets abordés par la plupart des recherches concernent, naturellement, des situations familières aux étudiants de la vie quotidienne, comme la fonte de la glace, l'eau bouillante, etc. Cependant, il ne fait aucun doute qu'un tel contenu, dans les situations proposées aux élèves, influence leur raisonnement, car les paramètres perceptifs jouent un rôle important dans la manière dont ils se représentent la réalité. Il serait donc très intéressant de voir comment les idées des enfants se manifestent lorsque nous utilisons des matériaux dont le changement de situation n'est pas familier aux enfants. L'idée de base était donc de discuter avec les enfants du possible changement d'état d'un matériau comme le sucre, qu'ils connaissent grâce à son utilisation quotidienne sous sa forme solide bien connue, lorsque nous supposons que nous le chauffons à haute température puis que nous le laissons à température ambiante. Ainsi, dans la recherche présentée ici, les idées spontanées des élèves d'environ 12 ans ont été étudiées pour envisager un possible changement du sucre lorsqu'il est exposé à des variations de température.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Les participants à l'enquête

L'échantillon de notre étude comprenait 109 élèves (52 garçons et 57 filles âgés d'environ 12 ans, âge moyen : 12 ans et 2 mois, S.D. 2 mois). La population provient de 7 classes d'écoles primaires publiques et, parmi ces élèves, des volontaires ont été sélectionnés et leurs parents ont donné leur autorisation écrite de participer à l'enquête. Ces élèves avaient étudié les questions relatives au changement d'état l'année précédente. L'enseignement était basé sur le cycle de l'eau dans la nature, c'est-à-dire la glace, l'eau et la vapeur d'eau, mais les références à d'autres matériaux comme la cire ou le beurre étaient opportunistes et sans profondeur.

### 2.2 Le processus de recherche

Les idées spontanées des élèves ont été recueillies au cours d'entretiens individuels dans une salle à l'intérieur des écoles primaires. Au cours de cet entretien, qui a duré environ 10 minutes, trois questions ont été posées à chaque élève, portant sur des situations dans lesquelles l'état du sucre pourrait changer. Ces questions ont soulevé la question de ce qui se passe lorsqu'on chauffe et refroidit une quantité de sucre sur un camping-gaz. Les réponses des élèves ont été enregistrées et transcrites, et l'analyse s'est basée sur les textes des transcriptions. Ensuite, nous présentons les questions, une catégorisation des réponses, quelques extraits caractéristiques des réponses des élèves et des tableaux avec les fréquences des réponses des élèves.

### 2.3 Questions proposées pendant l'entretien

Afin de recenser et de classer les idées des élèves, trois questions ont été posées sur la liquéfaction et la solidification du sucre.

*Question 1.* « Disons que j'allume un camping-gaz puis que je mets ce récipient métallique contenant du sucre en feu. Que va-t-il se passer ? ». En posant cette question, nous essayons de comprendre ce que les élèves pensent généralement de l'effet du chauffage du sucre et si ces idées qu'ils exprimeront sont liées à un possible changement d'état.

*Question 2.* « Imaginons que nous laissons le récipient de sucre sur un gaz-camping très grand qui a une flamme très forte toute la nuit et revenons demain matin. Qu'est-ce que tu penses qu'il pourrait

arriver au sucre ? ». Avec cette question, nous avons vérifié si les élèves associaient un chauffage fort et durable à un possible changement d'état.

*Question 3.* « Si nous éteignons la flamme du camping-gaz, c'est-à-dire l'éteindre, puis revenons demain matin, que deviendra le sucre ? ». Avec cette question, nous voulons savoir s'il existe des différences dans les réponses correspondant aux idées exprimées dans les deux questions précédentes, c'est-à-dire si les élèves utilisent d'autres critères.

### 3. Résultats

*Question 1.* À chaque élève, nous posons la question : « Disons que j'allume un camping-gaz puis que je mets ce récipient métallique contenant du sucre en feu. Que va-t-il se passer ? ». À cette première question nous avons obtenu des réponses que nous avons classifiées en trois catégories :

- Réponses compatibles au modèle scientifique dans lesquelles les élèves utilisent des raisonnements qui prévoient clairement la liquéfaction du sucre. Par exemple : Élève 61 (E. 61): « Le sucre chauffera tout le temps... » Chercheur (C). « Qu'est ce qui pourrait lui arriver d'autre que chauffer ? ». E. 61: « .....Je pense que si ça chauffe trop... il pourrait se transformer en liquide.... ».
- Réponses intermédiaires qui approchent le modèle scientifique mais sans stabilité. Les élèves de cette catégorie de raisonnements, bien qu'ils décrivent le phénomène, ne sont pas en mesure de fournir une prévision fiable, même s'ils font référence à la liquéfaction. P. ex. E. 77: « Le sucre va chauffer... peut-être même beaucoup... Je ne sais pas si ça va fondre... ». C: « Qu'en penses-tu ? Il peut fondre ou il peut pas fondre sur le camping-gaz ? ». E. 77: « Oui il peut fondre..... Mais je ne suis pas du tout sûr qu'il va fondre.... Je ne suis pas sûr... ».
- Réponses incompatibles au modèle scientifique. Les réponses qui ne reconnaissent aucune relation entre le réchauffement et le changement d'état, ou qui ne font même pas référence à l'augmentation de la température du sucre, ont été classées dans cette catégorie. P. ex. E. 12: « ..... Je ne arrive pas à trouver quoi que ce soit ... ». C: « Et si tu touches le sel qu'est-ce que tu vas sentir ? ». E. 12: « ... Peut-être.... y va être plus chaud ».

*Question 2.* « Imaginons que nous laissons le récipient de sucre sur un gaz-camping très grand qui a une flamme très forte toute la nuit et revenons demain matin. Qu'est-ce que tu penses qu'il pourrait arriver au sucre ? ». Comme à la question précédente, les réponses obtenues à cette question ont été classées en trois catégories :

- Réponses compatibles. Les élèves peuvent expliquer que le chauffage constant et intensif conduit à la fonte du sucre. Malgré quelques hésitations et doutes, ils reconnaissent une relation qualitative entre le chauffage et la transition du sucre vers l'état liquide. P. ex. E. 35: « Tout ce chauffage et toutes ces heures... Je crois qu'il va fondre... Il sera liquide », E. 23: « Il va devenir très chaud et je pense que ça va se liquéfier..... Si, bien sûr, la chaleur suffit ».

- Réponses intermédiaires. Dans les réponses de ces élèves, le chauffage, l'augmentation de température et le changement de l'état du sucre sont associés, mais à l'instabilité et à l'absence d'équilibre. P. ex. E. 71 : « .... Le sucre va devenir très chaud... À un moment donné, cela deviendra comme de l'eau..... ».

- Réponses incompatibles. D'après ces réponses, les élèves ne reconnaissent pas qu'il existe une possibilité de changement d'état du sucre chauffé et, dans certains cas, ils ne semblent pas connaître ce changement d'état. P. ex. (E. 84): « .... Le récipient et le sucre vont chauffer, et au bout d'un certain temps, le sucre risque de noircir et de brûler ..... », E. 12: « Il va faire très chaud... vraiment très chaud... Mais il ne se passera rien d'autre... Qu'est-ce qui pourrait bien se passer, d'ailleurs ????? Je ne vois pas vraiment... ».

*Question 3.* Nous demandons aux enfants de prévoir « Si nous éteignons la flamme du camping-gaz, puis revenons demain matin, que deviendra le sucre ? ». Les réponses des enfants ont été classifiées en deux catégories.

- Réponses compatibles. Dans cette catégorie, on a classé les réponses qui prévoient clairement, pour les deux questions précédentes, la liquéfaction du sucre et, maintenant, sa solidification. P. ex. un élève (E. 29) qu'il reconnaît que plusieurs objets dans une pièce sont à la même température répond directement : « Le sucre va refroidir.... Elle atteindra la même température que l'air dans la pièce.... Et il se transformera à nouveau en poussière blanche ». Un autre élève (E. 102) a décrit l'évolution du phénomène : « Le sucre refroidira constamment puisque nous ne le chaufferons pas et il refroidira lentement et redeviendra comme avant ».
- Réponses incompatibles. D'après les réponses de cette catégorie, il semble que les élèves ne connaissent pas ou ne parviennent pas à cerner précisément les notions de chaleur et d'équilibre thermique. P. ex. (S. 10): « ...Si on vient demain, le sucre aura refroidi..... Ce sera comme le récipient en métal et toujours plus froid..... ».

Dans le tableau sont présentées les répartitions des réponses des sujets aux trois tâches proposées.

Tableau : Fréquences des réponses des élèves aux trois questions

	Question 1		Question 2		Question 3	
	F	%	F	%	F	%
Réponses compatibles	16	14.7	17	15.6	19	17.4
Réponses intermédiaires	18	16.5	21	19.3	-	-
Réponses incompatibles	75	68.8	71	65.1	90	82.6

### 4. Discussion

L'étude présentée dans cet article, qui s'appuie sur les réponses d'élèves âgés d'environ 12 ans concernant le phénomène de changement d'état du sucre, a permis de recueillir, à travers trois questions, leurs idées spontanées sur ce phénomène. L'analyse des résultats a mis en évidence les difficultés rencontrées par les

enfants et permet de formuler des hypothèses concernant les obstacles qui entravent leur réflexion sur la question du changement d'état, dans des conditions où les élèves ne sont pas confrontés à des problèmes familiers de la vie quotidienne.

Les données recueillies dans le cadre de la première et de la deuxième question ont montré que, pour la plupart des enfants âgés de 12 ans, le sucre n'est pas une substance qui passe de l'état solide à l'état liquide. Seuls 14,7 % et 15,6 % des élèves sont respectivement capables de prédire la liquéfaction du sucre. Les résultats enregistrés avec la troisième question confirment les données des deux premières questions, car ici aussi une idée qui ne s'approche pas de la question de changer la situation est majoritaire. Ainsi, il devient évident que la voie inverse, c'est-à-dire la solidification du sucre liquide, présente des difficultés tout aussi grandes dans la pensée des élèves, puisque seulement 17,4 % sont capables de répondre de manière satisfaisante.

Ces résultats sont compatibles avec ceux de la littérature internationale, bien que dans ces données, la question de la modification de l'état des matériaux en matériaux introuvables dans les situations quotidiennes soit rarement abordée (Laval, 1985; Rodriguez & Castro, 2014; Tin, 2022). En fait, presque toutes les difficultés identifiées dans les enquêtes précédentes sont également apparues dans la nôtre, à la suite d'une simple discussion avec les enfants à propos de trois questions et même sans mener d'expériences. Cependant, des problèmes tels que la croyance que chaque substance est dans un état « normal » indépendant de la température et le manque de compréhension du phénomène d'équilibre thermique créent un environnement mental qui multiplie les difficultés. En discutant avec les étudiants, nous avons souvent constaté la présence de telles difficultés.

Si nous pouvions distinguer un sujet sérieux de l'aspect didactique et pédagogique du sujet examiné, les données nous amènent à considérer qu'un obstacle important à la pensée des enfants, même après une approche initiale du sujet du changement d'État, demeure le désengagement de la pensée par rapport au comportement des matériaux familiers. En effet, si l'eau, la glace, la bougie, etc. sont les outils de base du travail à l'école, nous devons conduire la pensée des enfants vers une sorte de généralisation qui va au-delà des images quotidiennes des matériaux, des images plus associées à leur usage qu'à leur identité. Bien sûr, cet effort rencontre des difficultés car la généralisation à laquelle nous avons fait référence ne concerne que certains matériaux qui modifient thermiquement leur état. Et cela, comme il est évident, crée des problèmes supplémentaires. Il est donc important d'orienter les enfants vers une interprétation qualitative selon laquelle la transformation de la matière a deux directions. La stabilité de la matière, ou le changement de son état, est liée à la température à laquelle elle se trouve.

Il va sans dire que pour une question aussi complexe, il n'est pas possible de mener la pensée des enfants vers un progrès spontané. Cependant, des données telles que celles que nous avons obtenues dans les recherches présentées ici facilitent la formation d'interventions pédagogiques qui, avec une guide systématique, viseront à surmonter les obstacles de la pensée des élèves et à former des modèles mentaux explicatifs compatibles avec la connaissance scientifique. De plus, ces données permettent la création de programmes où l'accent est mis sur les véritables difficultés des élèves. Il en va de même pour la formation des enseignants qui ont nécessairement besoin des données de ces recherches (Arun, 2019a; Arun, 2029b; Draganoudi et al., 2023).

La didactique des sciences physiques et naturelles s'oriente dans ces directions depuis de nombreuses années et ces efforts ont donné, et donnent toujours, de nombreux résultats intéressants.

## RÉFÉRENCES

1. Arun, Z. (2019a). Questions sur la formation des enseignants de l'école maternelle et primaire aux technologies de l'information et de la communication en éducation. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 4(1), 10-21.
2. Arun, Z. (2019b). Le passage des sciences physiques et naturelles à leur didactique : réflexions sur un cadre pour la formation des enseignants. *European Journal of Education Studies*, 6(2), 50-60.
3. Baser, M. (2006). Effect of conceptual change-oriented instruction on remediation of students' misconceptions related to heat and temperature concepts. *Journal of Maltese Educational Research*, 4(1), 64-79.
4. Boumghar, S., Kendil, D., Ghedjghoudj, S., & Lounis, A. (2012). Enseignement-apprentissage du concept "force" et persistance des difficultés : Quelle influence mathématique ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 63-81.
5. Castro, D. (2013). Light mental representations of 11–12-year-old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
6. Castro, D., & Rodriguez, J. (2014). 8–9-year-old pupils' mental representations of light: teaching perspectives. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 2(1), 40-44.
7. Draganoudi, A., Lavidas, K., Kalampos, G., & Ravanis, K. (2023). Developing a research instrument to record preschool teachers' beliefs about teaching practices in Natural Sciences. *South African Journal of Education*, 43(1), 2031. <https://doi.org/10.15700/saje.v43n1a2031>
8. Gebru, M. H. (2021). Visualization and simulation for effective teaching of basic thermal concepts for grade nine. *Mediterranean Journal of Education*, 1(1), 138-153.
9. Grigorovitch, A. (2014). Children's misconceptions and conceptual change in Physics Education: the concept of light. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 1(1), 34-39.
10. Grigorovitch, A. (2021). Representations of rectilinear light propagation in the thinking of 12–13-year-olds: A transformative teaching intervention. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 10(2), 191-199. <http://dx.doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v10i2.9700>
11. Hoang, V. (2020). 14-year-old student representations related to the color: a teaching intervention. *European Journal of Alternative Education Studies*, 5(1), 44-53.
12. Impedovo, M. A., Delserieys-Pedregosa, A., Jégou, C., & Ravanis, K. (2017). Shadow formation at preschool from a socio-materiality perspective. *Research in Science Education*, 47(3), 579-601. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9518-x>

13. Kada, V., & Ravanis, K. (2016). Creating a simple electric circuit with children between the ages of five and six. *South African Journal of Education*, 36(2), 1-9. <https://doi.org/10.15700/saje.v36n2a1233>
14. Kaliaspos, G., & Ravanis, K. (2019). Thermal conduction in metals: mental representations in 5-6 years old children's thinking. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika 'Al-BiRuNi'*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v8i1.3737>
15. Laval, A. (1985). Chaleur, température, changements d'état. *Aster*, 1, 115-132.
16. Lefebvre, M., & Pinard, A. (1972). Apprentissage de la conservation des quantités par une méthode de conflit cognitive. *Revue Canadienne des Sciences du Comportement*, 4, 1-12.
17. Mediphat, M., & Hoang, V. (2025). Color in the minds of 15-year-old students: an exploratory and didactic approach. *ISRG Journal of Arts Humanities & Social Sciences*, 3(6), 42-47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17505153>
18. Nertivich, D. (2013). Magnetic field mental representations of 15-16 year old students. *Journal of Advances in Physics*, 2(1), 53-58. <https://doi.org/10.24297/jap.v2i1.2103>
19. Nertivich, D. (2016). Représentations des élèves de 11-12 ans pour la formation des ombres et changement conceptuel. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 3(2), 103-107.
20. Nertivich, D. (2018). Concepts thermiques de base chez les élèves de 17 ans. *European Journal of Education Studies*, 4(2), 145-154.
21. Nertivich, D. (2026). La démarche d'investigation dans l'enseignement des Sciences Physiques et Naturelles : tendances et courants. *ISRG Journal of Arts Humanities & Social Sciences*, IV(1), 35-41. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18150647>
22. 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. <https://doi.org/10.12681/pppej.38>
23. Ravanis, K. (2025). The concept of Cognitive Conflict in Science Education: structural and functional aspects. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 20 (Número especial - 20 Años REIEC), 38-51. <https://doi.org/10.54343/reiec.v20iEspecial.517>
24. Ravanis, K., & Boilevin, J.-M. (2022). What use is a Precursor Model in early Science teaching and learning? Didactic perspectives. In J.-M. Boilevin, A. Delsérieys & K. Ravanis (Eds.), *Precursor Models for teaching and learning Science during early childhood* (pp. 33-49). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3_3)
25. Ravanis, K., Kaliaspos, G., & Pantidos, P. (2021). Preschool children science mental representations: the sound in space. *Education Sciences*, 11(5), 242. <https://doi.org/10.3390/educsci11050242>
26. Ravanis, K. Papamichaël, Y. & Koulaidis, V. (2002). Social marking and conceptual change: the conception of light for ten-year old children. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
27. Ravanis, K. Zacharos, K., & Vellopoulou, A. (2010). The formation of shadows: the case of the position of a light source in relevance to the shadow. *Acta Didactica Napocensia*, 3(3), 1-6. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1056131>
28. Ravanis, K. Charalampopoulou, C. Boilevin, J.-M., & Bagakis, G. (2005). La construction de la formation des ombres chez la pensée des enfants de 5-6 ans: procédures didactiques sociocognitives. *Revue de Recherches en Éducation: Spirale*, 36, 87-98. [https://www.persee.fr/doc/spira\\_0994-3722\\_2005\\_num\\_36\\_1\\_1327](https://www.persee.fr/doc/spira_0994-3722_2005_num_36_1_1327)
29. Rodriguez, J. (2018). Des représentations aux premiers modèles: le monde physique dans la pensée des petits enfants. *European Journal of Education Studies*, 5(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1410643>
30. Rodriguez, J., & Castro, D. (2014). Children's ideas of changes in the state of matter: Solid and liquid salt. *Journal of Advances in Humanities*, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.24297/jah.v1i1.5151>
31. Tin, P. S. (2016). Peuvent-ils les enfants de l'âge préscolaire construire un modèle pour la flottaison et l'immersion? *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 4(2), 72-76.
32. Tin, P. S. (2018). Élaboration expérimentale des représentations mentales des élèves de 16 ans sur les concepts thermiques. *European Journal of Education Studies*, 4(7), 141-150.
33. Tin, P. S. (2019). Un cadre méthodologique pour la démarche d'investigation : L'exemple du changement d'état de l'eau à l'âge de 8 ans. *European Journal of Education Studies*, 6(4), 1-12.
34. Tin, P. S. (2022). Représentations mentales et obstacles dans la pensée des enfants de 6 et 11 ans sur la fusion de la glace. *European Journal of Education Studies*, 9(3), 130-139. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v9i3.4209>
35. Tin, P. S. (2024). La chaleur et la température dans la pensée des élèves de 16 ans. *European Journal of Education Studies*, 11(6), 1-12.
36. Tin, P. S. (2026). L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : approches différenciées. *ISRG Journal of Arts Humanities & Social Sciences*, IV(1), 405-410. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18708388>
37. Voutsinos, C. (2025). Cadres et procédures pour un apprentissage efficace des sciences. *European Journal of Education Studies*, 12(3), 1-13. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v12i3.5847>
38. Weil-Barais, A. (2022). What is a precursor model? In J.-M. Boilevin, A. Delsérieys & K. Ravanis (Eds.), *Precursor Models for teaching and learning Science during early childhood* (pp. 11-32). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3_2)

39. Zimmermann-Asta, M.-L. (1990). *Concept de chaleur. Contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisations dans un processus d'apprentissage*. Thèse de doctorat, Genève : FPSE-Université de Genève.
40. Zou, Y., Chen, R., Xue, X., & Huang, X. (2026). Assessment of conceptual understanding in student learning about liquefaction. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-026-10321-0>
41. Zulkipli, F., & Surat, A. (2022). Les idées des élèves du secondaire sur les concepts thermiques. *Mediterranean Journal of Education*, 2(2), 75-82. <https://doi.org/10.26220/mje.4463>