

# Développement d'un modèle de chaîne énergétique pour aider les élèves à adopter une vision globale de l'énergie dès l'école primaire

ANTONIN BOYER, DAMIEN GIVRY

---

Aix Marseille Université, ADEF EA 4671  
13248, Marseille  
France

antonin.boyer@etu.univ-amu.fr  
damien.givry@univ-amu.fr

---

## ABSTRACT

*This study describes the first results of an exploratory study focused on the conditions of the task that could influence how grade 4 and 5 students represent energy chains. Three factors have been analyzed: the number of elements which composed the energy chain, the number of objects represented on each picture, and the type of object represented in the picture. A survey methodology was employed. The results show that each of the three factors has an impact on the success of students to represent complete energy chains. The impact of the type of objects was reproduced in a second survey.*

## KEYWORDS

*Didactic of sciences, task-activity, survey, energetic chain, primary school*

## RÉSUMÉ

*Ce travail se base sur une étude exploratoire s'intéressant aux conditions susceptibles d'influencer la réalisation de chaînes énergétiques complètes par des élèves de 9-10 ans (grade 4-5). Trois conditions ont été analysées : le nombre d'éléments qui composent la chaîne énergétique, le nombre d'objets présentés sur chaque image et le type d'objet que les dessins représentent (carburant, combustible, vivant). Une méthodologie de type enquête a été élaborée. Les résultats montrent que chacune des trois conditions influencent la réussite des élèves pour réaliser des chaînes énergétiques complètes. L'impact du type d'objets a été reproduit dans une seconde enquête.*

## MOTS-CLÉS

*Didactique des sciences, tâche-activité, enquêtes, chaîne énergétique, école primaire*

## INTRODUCTION

Depuis le choc pétrolier des années 70, un très grand nombre de recherches en éducation se sont intéressées à l'énergie (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012). Parmi ces dernières, certaines ont étudié sa place dans les programmes scolaires (notamment Koliopoulos & Ravanis, 2000; Bächtold et al., 2014), d'autres ont fait des propositions d'enseignements variées (voir entre autres, la synthèse de Kurnaz & Calik, 2009) et d'autres encore ont identifié les conceptions des élèves et des enseignants liées à ce concept (Duit, 1981; Watts, 1983; Chabalengula, Sanders & Mumba, 2011; Kurnaz & Sağlam Arslan, 2011; Bodzin, 2012). Malgré ce grand nombre de travaux, l'enseignement de l'énergie continue de poser de nombreuses questions (Millar, 2014). On retrouve ce concept présenté de manière fractionnée dans différentes disciplines (Koliopoulos & Ravanis, 2000) et il ne semble pas exister de terminologie commune entre les enseignants, les élèves et les programmes scolaires français (Bruguière, Sivade & Cros, 2002). De plus, il est constitué de différentes facettes (transferts, transformations, conservation, dissipation, etc.) et peut être abordé selon différents points de vue : holistique, historique, sociétal, etc (Besson & Ambrosis, 2014). Pour pallier ces difficultés, il semble nécessaire de présenter ce concept aux élèves à travers une approche qui soit : globale (Morge & Buty, 2014), interdisciplinaire (Bruguière et al., 2002) et qui mette en avant les liens entre science et société (Doménech & al., 2007). À ces fins, certaines recherches proposent l'utilisation du modèle de la chaîne énergétique. Ce modèle est recommandé pour : (a) sa nature trans-phénoménologique qui permet une approche globale (Papadouris & Constantinou, 2011), (b) son utilisation possible dans différentes disciplines (Bruguière et al., 2002), ainsi que (c) son ancrage dans les problèmes de société (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012; Vince & Tiberghien, 2012). En dépit de sa nature trans-phénoménologique, les études, qui se sont intéressées à l'utilisation de ce modèle, sont principalement centrées sur son application dans des situations impliquant l'électricité. Cependant, dans une perspective d'éducation à l'énergie, il nous semble indispensable que les élèves à travers la réalisation de chaînes énergétiques puissent mettre en parallèle différentes filières énergétiques (notamment, carburant, combustible, vivant et électricité).

Cette étude s'inscrit dans un projet de recherche concernant les processus d'enseignement-apprentissage du concept d'énergie. Elle s'intéresse plus particulièrement à l'impact du type de situations étudiées par les élèves sur leurs apprentissages. Les analyses présentées correspondent aux résultats de deux enquêtes sur la réalisation de chaînes énergétiques par des élèves français de CMI-CM2 (grade 4 & 5). Les

premières analyses sont issues d'une pré-enquête basée sur un questionnaire utilisant un premier modèle (voir figure 5 ci-dessous) dont l'objectif était de dégager les paramètres susceptibles d'influencer la construction de chaînes énergétiques par les élèves. Les secondes analyses correspondent aux résultats issus d'un second questionnaire utilisant un autre modèle (voir figure 6 ci-dessous) construit à partir de la pré-enquête et dont l'objectif est d'observer plus spécifiquement l'impact du type de situations sur l'apprentissage des élèves.

## CADRE THÉORIQUE

Notre recherche se situe dans le champ de la didactique des sciences et s'ancre dans la théorie de l'activité (Engeström, 2001), qui pour Ginestié et Tricot (2013) permet de comprendre le fonctionnement et les mécanismes à l'œuvre dans un système didactique considéré. L'articulation tâche-activité permet de caractériser ce que font les sujets dans une situation donnée à partir de l'analyse de la tâche. Cette étude se focalise sur certains facteurs inhérents à la tâche qui dépendent notamment des facettes du savoir mis en avant et des registres sémiotiques mobilisés (Pozzer-Ardenghi, 2009; Givry & Andreucci, 2015). L'activité a été étudiée à partir des productions écrites des élèves, afin de comprendre l'influence de ces facteurs.

La distinction entre tâche et activité est un élément central de la théorie de l'activité (Rogalski, 2008). Leont'ev (1978, p. 102) définit la tâche comme « le but à atteindre dans des conditions spécifiques ». Dans notre recherche, le but à atteindre est spécifié par : l'énoncé écrit (demandant de réaliser une chaîne énergétique) et les conditions (qui dépendent essentiellement des objets représentés sur les images). De plus, nous avons considéré que la tâche était principalement conditionnée par les registres sémiotiques dans lesquels elle était présentée. Ces derniers dépendent eux-mêmes des facettes du savoir qui sont mises en jeux.

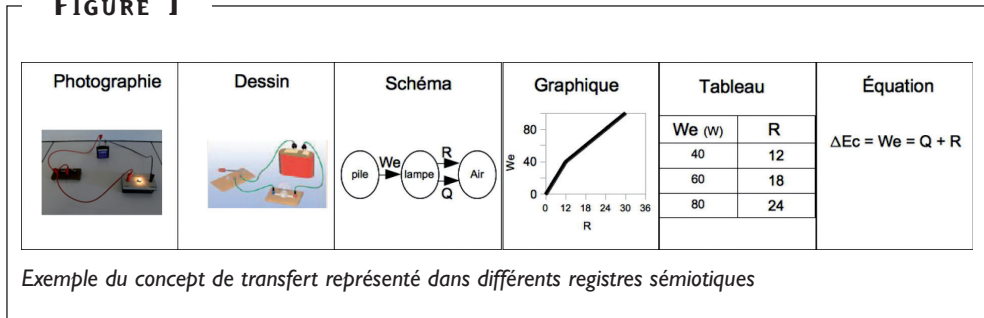
### **Registres de représentation sémiotique**

Une des spécificités des disciplines scientifiques est de faire appel à des systèmes sémiotiques multiples (langage naturel, formule, graphique, dessin...) pour représenter les concepts à l'écrit (figure 1). En ce qui concerne l'enseignement des sciences, Pozzer-Ardenghi (2009) identifie pour les inscriptions écrites, sept formes de représentations privilégiées : photographie, dessin, schéma, graphique, tableau, équation et langage naturel<sup>4</sup>.

---

4 En référence aux travaux en linguistique, l'expression « langage naturel » désigne ici le langage ordinaire (par opposition aux langages formels tel que le langage informatique) dont la complexité de même que les caractères acquis, artefactuel, socialisé et socialisant n'en sont pas pour autant évacués.

FIGURE 1



La figure 1 illustre ces différents registres sémiotiques à propos du concept de transfert d'énergie. Elle permet de montrer que chaque type de représentation donne à voir des éléments de savoir différents (que nous décrivons à travers le terme de "facette").

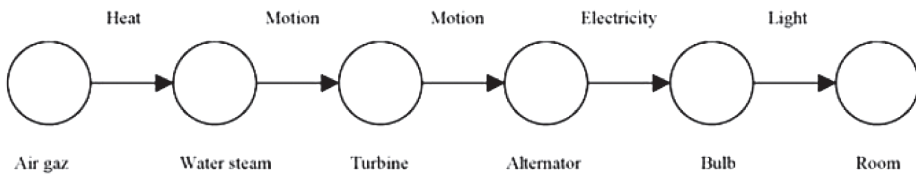
De plus, ces différents registres de représentation n'offrent pas les mêmes possibilités de traitement d'un point de vue cognitif. Pozzer-Ardenghi (2009) considère qu'à l'exception du langage naturel (pouvant impliquer l'ensemble des différents degrés d'abstraction), il existe une graduation allant des représentations les plus concrètes comme la photographie et le dessin (relevant du champ empirique), vers d'autres plus abstraites comme le graphique, le tableau ou l'équation (se rapportant au champ théorique).

Dans notre étude, nous avons fait le choix de nous focaliser sur le registre sémiotique du schéma pour représenter un modèle de chaîne énergétique. Nous considérons ce registre comme particulièrement intéressant, car il permet de faire apparaître sur une même représentation des éléments des champs empirique (objets et événements) et théorique (théorie et modèle). Il permet d'obtenir un bon équilibre entre niveau d'abstraction et représentation concrète (Givry & Andreucci, 2015).

### **Facettes de la chaîne énergétique dans le registre sémiotique du schéma**

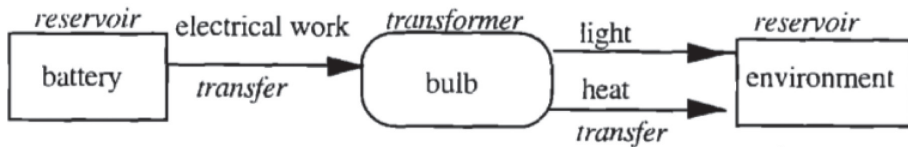
À l'intérieur du registre sémiotique du schéma, il existe différentes représentations (par exemple, figure 2, 3 et 4) du modèle de la chaîne énergétique qui mettent en jeu des facettes différentes du savoir. Le modèle de la chaîne énergétique, a été initialement conçu pour répondre à des problèmes de mécanique et de thermodynamique. Il met en effet l'accent sur les transformations de l'énergie et ses transferts (Devi, Tiberghien, Baker & Brna, 1996). Ce modèle est basé sur le raisonnement linéaire causal. Il intègre le stockage, les transformations, les transferts, la conservation et la dégradation comme principales propriétés du concept d'énergie (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012).

**FIGURE 2**



Représentation schématique de l'explication qualitative de l'éclairage d'une lampe à partir d'un bec Bunsen (Lemeignan & Weil-Barais, 1994 cité par Koliopoulos & Argyropoulou, 2012)

**FIGURE 3**



Exemple de chaîne énergétique, solution idéale pour l'expérience de la lampe (Devi et al., 1996)

**FIGURE 4**

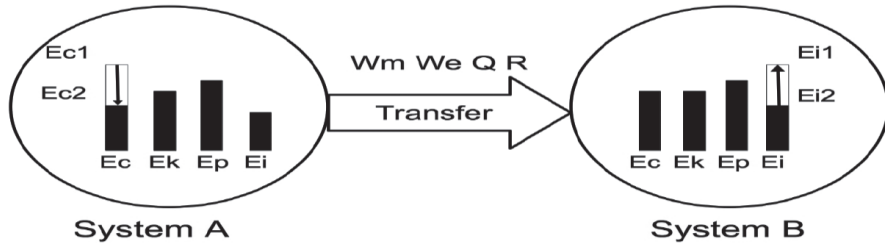
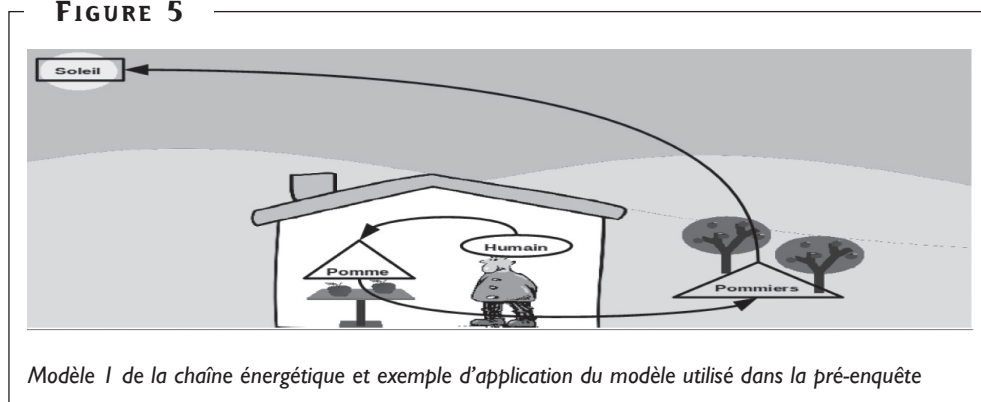


Diagramme décrivant la transformation d'énergie dans les systèmes (A et B) et les transferts d'énergie entre ces deux systèmes (Givry & Pantidos, 2015)

Dans chacune des représentations précédentes : les flèches symbolisent les transferts d'énergie (travail mécanique, travail électrique, chaleur ou rayonnement) et les formes géométriques (cercle, rectangle...) sont utilisées pour décrire les systèmes. Sur la figure 3, les formes varient pour mettre en avant la distinction entre les transformateurs et les réservoirs. La figure 4 détaille certaines transformations des formes d'énergie [énergie chimique (Ec), cinétique (Ek), potentiel (Ep) ou interne (Ei)] à l'intérieur d'un système.

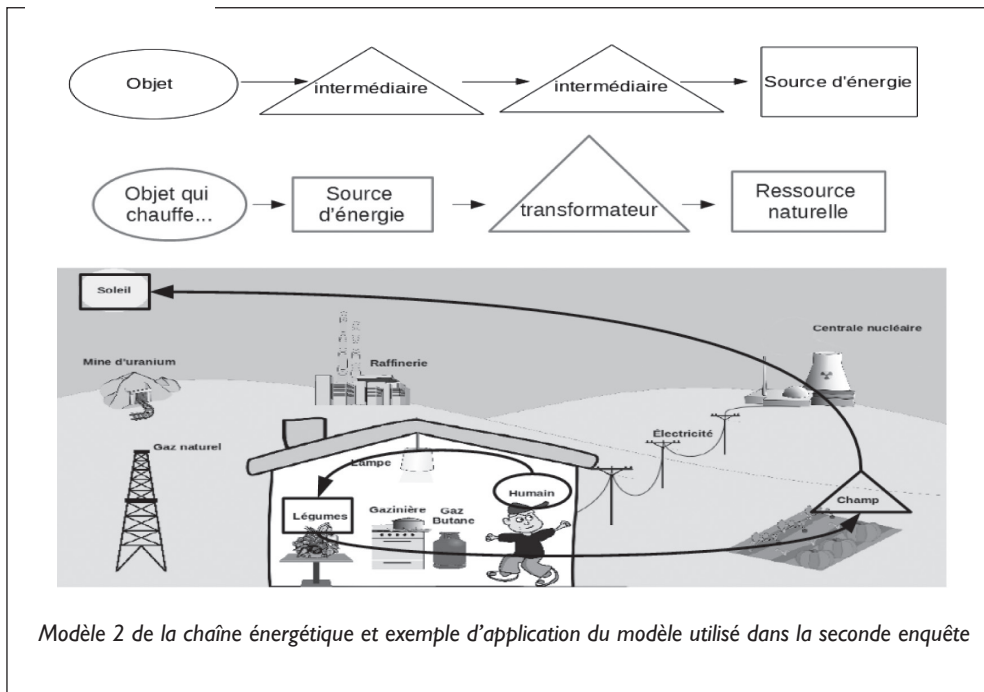
À partir de ces précédents travaux, nous avons élaboré un modèle particulier de la chaîne énergétique pour aider les élèves de cycle 3, à mieux comprendre les enjeux de société associés à l'énergie. Dans une perspective d'éducation à l'énergie, ce modèle est basé sur différentes facettes du concept d'énergie : (a) l'utilisation quotidienne d'énergie (à partir d'objets qui chauffent, éclairent, ou se déplacent), (b) l'exploitation des ressources naturelles (nommées sources d'énergie) et (c) les objets intermédiaires permettant de passer de l'exploitation des ressources naturelles (ici sources d'énergie) à l'utilisation quotidienne d'énergie. Comme dans la figure 3, nous avons décidé d'utiliser des formes géométriques différentes (un rond pour les objets, un rectangle pour les sources naturelles et un triangle pour les objets intermédiaires). Contrairement aux modèles précédents, nous avons fait le choix d'utiliser la flèche, non pas pour représenter les transferts (qui apparaissent uniquement dans les objets qui chauffent, éclairent et se déplacent, ainsi que les centrales électriques), mais pour illustrer « d'où provient l'énergie » en remontant la chaîne jusqu'à la source d'énergie primaire. Par exemple : l'énergie d'un humain peut provenir d'une pomme, dont l'énergie provient d'un pommier, dont l'énergie provient du soleil (figure 5). Une des particularités de ce modèle est de mettre sur un même plan transformation de matière et transformation d'énergie, dans le but de pouvoir prendre en compte les filières sans transformation d'énergie (par exemple, le pétrole transformé en essence).

**FIGURE 5**



À la suite de la pré-enquête, le modèle a été modifié de manière à fixer à 4 le nombre d'éléments contenus dans la chaîne. La terminologie correspondant aux différents éléments du modèle a également été modifiée de manière à simplifier la compréhension du modèle par les élèves. En effet, il est apparu dans la saisie et les analyses que les élèves avaient des difficultés avec le terme et la notion « d'intermédiaire ». Ces modifications nous ont amenés à préciser la notion d'intermédiaire. Pour cela un intermédiaire a été spécifié comme la source d'énergie utilisée au niveau de « l'utilisation quotidienne ». Et un deuxième comme le transformateur qui permet l'exploitation de « la ressource naturelle ».

**FIGURE 6**



Dans la perspective de permettre aux élèves de comprendre les enjeux de société liés à l'énergie, nous avons représenté sur une même image différentes filières énergétiques qui peuvent être utilisées pour répondre à différents besoins en énergie. Pour favoriser une approche interdisciplinaire, nous avons introduit dans nos images des objets de type différent (carburant, combustible, vivant et électrique). De plus, afin de ne pas directement donner les éléments qui composent la chaîne aux élèves, certaines images comportent un nombre d'objets supérieur à celui des éléments qui composent la chaîne. Ainsi certains objets peuvent avoir un rôle de leurre.

### **Conditions spécifiques de la tâche**

Nous avons considéré que trois conditions étaient prépondérantes pour atteindre le but de la tâche (au sens de Leont'ev, 1978). Ce dernier est de réaliser une chaîne énergétique en reliant par une flèche différentes formes géométriques (rond, triangle et rectangle) représentant des objets, des intermédiaires et des sources d'énergie. La première condition concerne le nombre d'éléments reliés par des flèches que contient chaque chaîne énergétique. La deuxième condition dépend du nombre d'objets représentés sur chaque image. Enfin nous considérons que la tâche est également conditionnée par le type d'objets représenté en lien avec les filières (carburant, combustible, vivant et électricité).

En nous appuyant sur la structure de l'activité et sa décomposition en activité, actions, et opérations, nous avons caractérisé l'activité des élèves à travers leurs productions écrites, considérées comme des résultats de leurs actions (Leont'ev, 1978). Nous proposons d'étudier l'impact des trois conditions (définies ci-dessus) des tâches de notre questionnaire sur les productions écrites des élèves représentant des chaînes énergétiques.

### **Question de recherche**

Nos questions de recherche sont les suivantes : « quelles conditions de la tâche influencent la production de chaînes énergétiques complètes dans le registre du schéma par des élèves de cycle 3 ? ». Plus particulièrement, quel est le rôle : (1) du nombre d'éléments qui composent la chaîne demandée dans l'énoncé de la question, (2) du nombre d'objets présents sur les images des questions et (3) du type d'objets (carburant, combustible, vivant) auquel l'image fait référence.

## **MÉTHODOLOGIE**

Cette étude s'appuie sur une méthodologie de type enquête. Elle se compose d'une pré-enquête basée sur un premier questionnaire utilisant le modèle 1 (figure 5 ci-dessus), et d'une seconde enquête basée sur un questionnaire calibré utilisant le modèle 2 (figure 6) centrée sur l'effet du type d'objets présenté aux élèves.

### **Contexte et participants**

#### *Pré-enquête : questionnaire 1*

Dans la pré-enquête, l'échantillon se compose de 56 élèves Français (29 filles, 27 garçons) issus d'une classe de CMI (grade 4, enfants âgés de 9-10 ans) et de trois classes de CM2 (grade 5, enfants âgés de 10-11 ans) d'écoles publiques du sud de la France. Le faible nombre d'élèves par rapport au nombre de classes s'explique par une passation du questionnaire en fin d'année scolaire à un moment où de nombreux élèves n'étaient plus à l'école. Il est important de souligner que les élèves de ces classes n'avaient pas reçu d'enseignement spécifique sur les chaînes énergétiques durant cette année.

#### *Questionnaire calibré : questionnaire 2*

Le questionnaire calibré a été administré à 118 élèves Français (51 filles, 67 garçons) issus de deux classes de CM2 et de trois classes de CMI. Ces élèves n'avaient, au moment de la passation du questionnaire, reçu aucun enseignement concernant l'énergie.

### **Données**

Les tâches ont été présentées aux élèves sous forme d'un questionnaire papier, composé de trois parties. Les questionnaires ont été administrés aux élèves en présence des ensei-



gnants et des chercheurs, qui ont expliqué aux élèves les tâches qu'ils auraient à réaliser. Les élèves ont fait une pause entre chacune des trois parties du questionnaire.

Les données analysées dans cette étude correspondent aux tâches des questionnaires dans lesquelles les élèves devaient réaliser des chaînes énergétiques (2 parties sur 3 dans la pré-enquête, et 1 partie sur 4 dans le questionnaire calibré). Dans ces tâches les élèves devaient réaliser 11 types de chaînes énergétiques dans la pré-enquête et 15 dans le questionnaire calibré. Dans le cadre de cette étude, seule les chaînes communes aux deux questionnaires ont été analysées. Ces analyses se centrent sur des chaînes énergétiques correspondant à 5 types de situations mettant en jeu : une voiture, une cheminée, une gazinière, un humain et un loup.

### Pré-enquête

Dans la pré-enquête, les élèves devaient dessiner une chaîne énergétique à partir d'une image sur laquelle étaient représentés différents objets. Pour cela, ils devaient : (a) entourer un objet qui : chauffe, se déplace, éclaire ou fabrique de l'électricité, (b) encadrer la source d'énergie utilisée par cet objet, (c) dessiner un triangle autour de tous les objets qui sont des intermédiaires entre l'objet de départ et sa source d'énergie, (d) relier par une flèche l'ensemble des objets sélectionnés en commençant par l'objet et en remontant jusqu'à la source d'énergie. Cette consigne était : écrite sur chaque image et accompagnée d'un exemple.

Les élèves devaient réaliser ces chaînes énergétiques dans deux tâches différentes. La première tâche analysée se compose de 19 images : les 7 premières comportent seulement 2 objets, les 7 suivantes sont composées de 3 ou 4 objets qui appartiennent tous à la chaîne énergétique attendue, et les 5 dernières images comportent 6 ou 7 objets, dont les objets qui correspondent aux chaînes énergétiques attendues, ainsi que deux ou trois objets qui ont un rôle de leurre (tableau 1).

**TABLEAU 1**

Chaîne à 2 éléments	Chaîne à 4 éléments	Chaîne à 4 éléments + leurres
<p>Exemple de chaînes de tailles différentes que les élèves devaient réaliser dans la partie 2 du questionnaire n°1</p>		

La deuxième tâche analysée se compose de 4 images sur lesquelles les élèves devaient réaliser des chaînes énergétiques en choisissant les objets pertinents parmi les 25 représentés (figure 7).

FIGURE 7

**CHALEUR**

1)- Sur l'image

- Entoure d'un rond le nom des objets qui chauffent
- Encadre avec un rectangle le nom des sources d'énergies utilisées par les objets qui chauffent
- Dessine un triangle autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre les sources d'énergies et les objets qui chauffent.
- Relies les ronds, les triangles et les rectangles par des flèches.

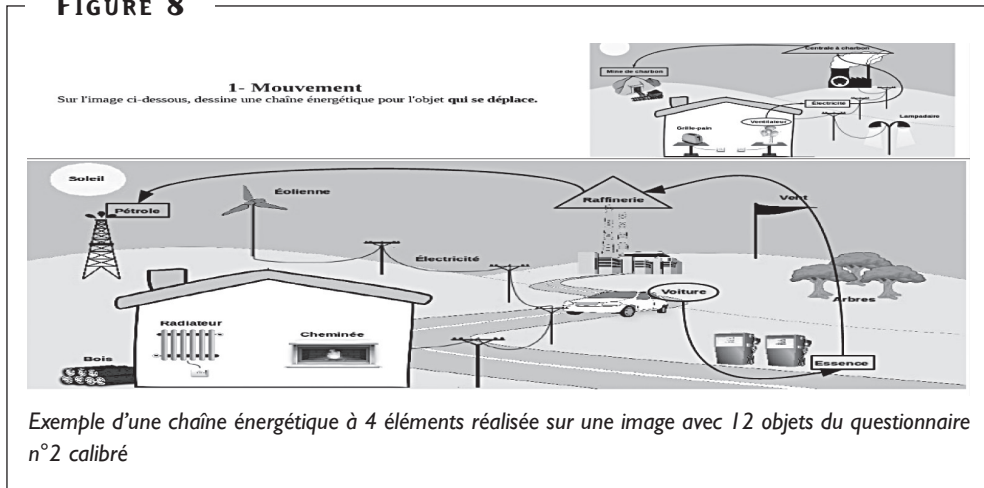
Exemple

*Exemple d'une chaîne énergétique réalisée sur une image avec 25 objets de la partie 3 du questionnaire n°1*

### Questionnaire calibré

Dans le questionnaire calibré, les élèves devaient dessiner une chaîne énergétique de 4 éléments à partir d'une image sur laquelle étaient représentés 12 objets. Pour cela, ils devaient : (a) entourer d'un rond le nom de l'objet qui bouge, chauffe, se déplace ou fabrique de l'électricité, (b) encadrer avec un rectangle le nom des sources d'énergie utilisées par l'objet qui bouge, chauffe, se déplace ou fabrique de l'électricité, (c) dessiner un triangle autour du nom de l'objet qui transforme les sources d'énergie (d) encadrer avec un rectangle la ressource naturelle utilisée par le transformateur et (e) relier par des flèches le nom de chacun des objets, en commençant par l'objet entouré par un rond, et en finissant par l'objet encadré par un rectangle. La consigne était accompagnée d'un exemple en grand format toutes les 3 images. Les images étaient toutes accompagnées d'une sous consigne (« dessine une chaîne énergétique pour l'objet qui... ») et d'un exemple en format plus petit.

**FIGURE 8**



## Analyses

### Conditions de la tâche étudiées

Les effets des conditions de la tâche étudiés dans cette enquête sont : (a) le nombre d'éléments qui composent les chaînes énergétiques, (b) le nombre d'objets représentés sur chaque image, ainsi que (c) le type d'objets auquel l'image fait référence.

### Chaînes analysées

Les effets des conditions « nombre d'éléments qui composent la chaîne » et « nombre d'objets représentés sur l'image » ont été observés sur les chaînes, dont les objets de départ étaient une gazinière et une cheminée. En effet, ces chaînes étaient celles qui avaient été présentées selon l'ensemble des modalités dans la pré-enquête. L'effet de la condition « type d'objets auquel l'image fait référence » a été observé sur les chaînes utilisant comme objet de départ : une voiture (carburant), une gazinière et une cheminée (combustible), un loup et un humain (vivant) dans la pré-enquête et dans le questionnaire calibré. Les effets de ces conditions ont été observés à partir du pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes dans chaque cas.

### Résultats de l'activité des élèves : codage des chaînes énergétiques complètes

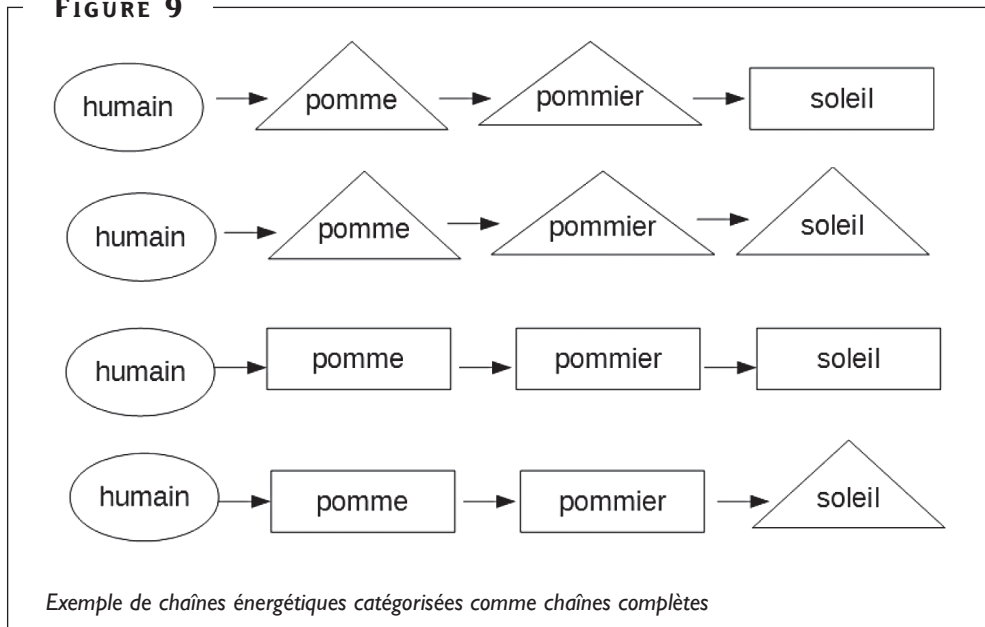
Pour réaliser les chaînes énergétiques, les élèves devaient dessiner un symbole autour de certains objets présents sur l'image, puis relier les objets par des flèches dans un ordre précis (pré-enquête : objet=>intermédiaire (0, 1 ou plus)=>source ou questionnaire calibré : objet=>source=>transformateur=>ressource)

Les chaînes ont été considérées comme complètes à partir du moment où l'objet de départ était entouré, les éléments suivants étaient placés dans le bon ordre et que la chaîne se terminait par l'objet représentant la source d'énergie (figure 9).

Pour analyser les effets des conditions de la tâche, nous avons regroupé les chaînes

énergétiques dessinées par les élèves sous le terme chaînes complètes. Ce regroupement comprend des chaînes dont les symboles ont été dessinés correctement (comme la première chaîne représentée dans la figure 9) et des chaînes où les élèves ont utilisé une symbolisation incorrecte du point de vue du modèle (c'est le cas des trois dernières chaînes de la figure). En effet, le but de notre recherche était d'étudier comment favoriser une vision globale de l'énergie et donc de voir si des élèves, n'ayant jamais eu d'enseignement sur l'énergie, arrivaient à remonter à la source d'énergie en partant d'objets quotidiens. Le codage concernant la justesse de l'utilisation des symboles dans la réalisation de la chaîne, bien qu'ayant été réalisé, n'a pas été pris en compte dans les analyses de cet article.

FIGURE 9



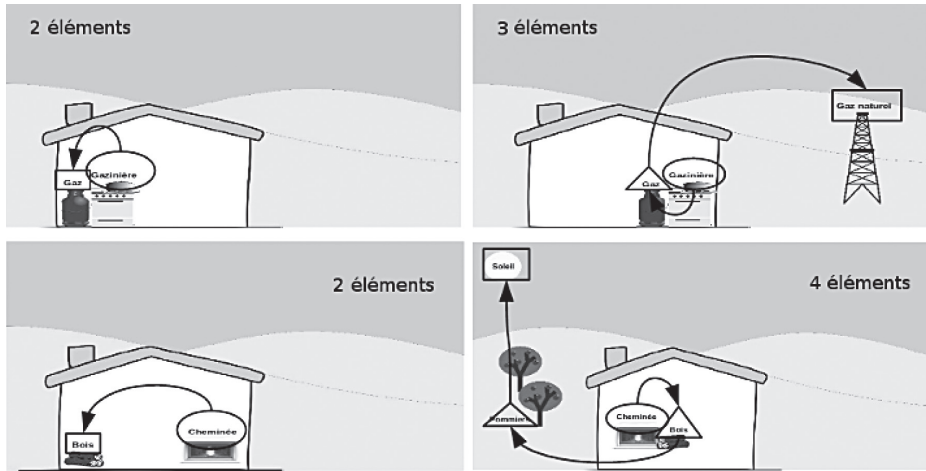
## RÉSULTATS

Les résultats sont présentés sous forme de pourcentage. Ils représentent le nombre d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes, sur les 56 élèves ayant participé à la pré-enquête (nombre d'éléments dans la chaîne, nombre d'objets présentés sur l'image, et type d'objets présenté) ou sur les 118 élèves ayant répondu au questionnaire calibré (uniquement sur le type d'objets présenté).

### **Effet du nombre d'éléments constituant la chaîne énergétique**

Nos résultats montrent que plus la chaîne énergétique comporte d'éléments (voir figure 10) et moins les élèves réussissent à réaliser une chaîne énergétique complète (figure 11).

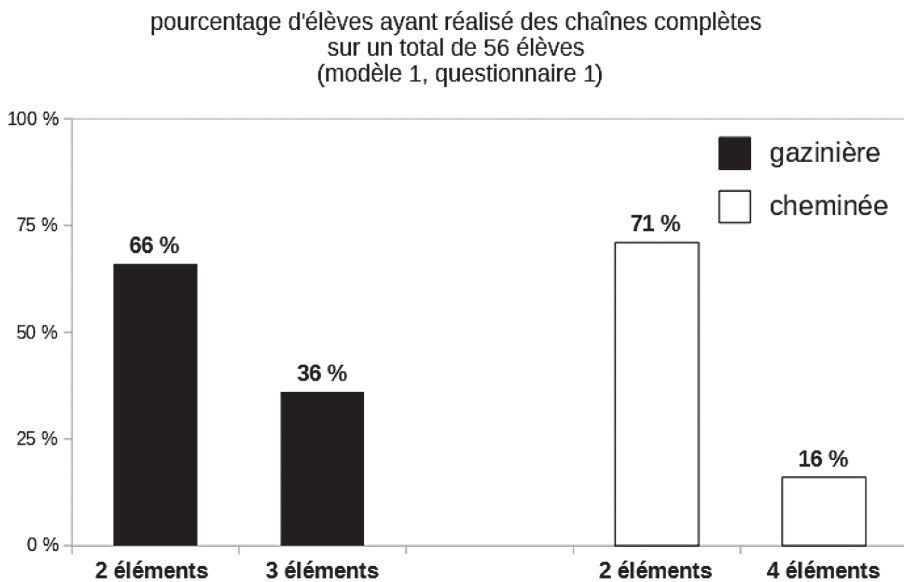
**FIGURE 10**



Exemple de chaînes de taille différente avec 2, 3 ou 4 éléments

La figure 11 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction de la longueur de la chaîne attendue (2, 3 ou 4 éléments).

**FIGURE 11**

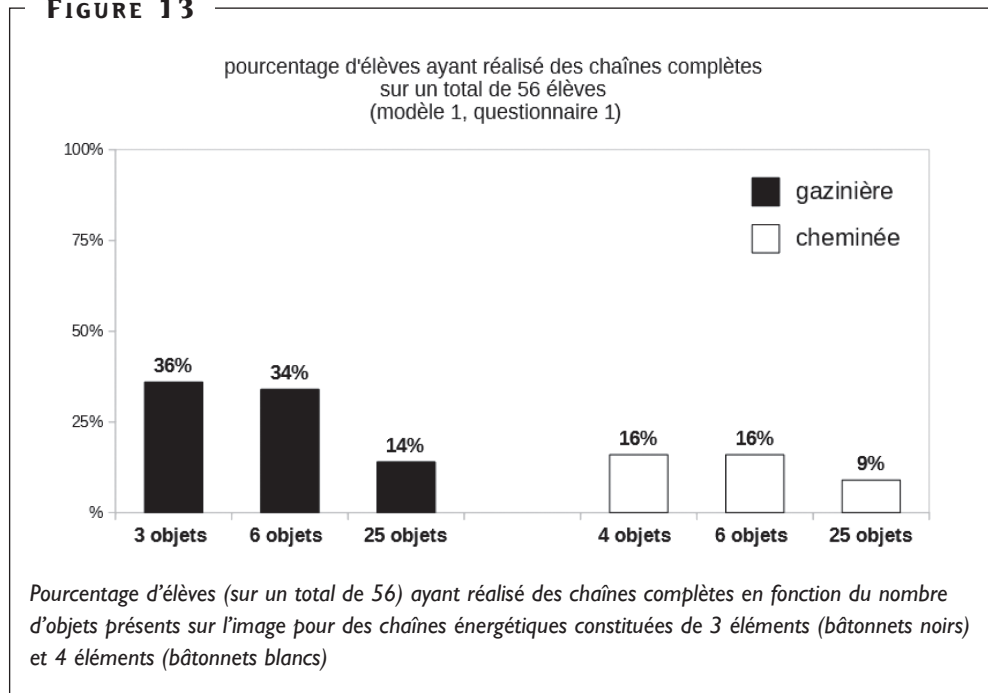


Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction du nombre d'éléments constituant la chaîne énergétique



débutant par la cheminée (bâtonnets blanc) ces pourcentages passent de 16 % quand il y a 4 objets représentés sur l'image, à 16 % quand il y en a 6 et à 9 % pour 25 objets. L'ajout de quelques objets, jouant un rôle de leurre, n'a donc pas d'effet dans le cas de la chaîne avec la cheminée, mais fait légèrement chuter le pourcentage d'élèves dans le cas de la gazinière. La réalisation de chaîne énergétique parmi un total de 25 objets réduit de manière importante le nombre d'élèves qui réalisent des chaînes complètes dans les deux cas. Ce résultat semble montrer que plus il existe de possibilités sur une image pour réaliser une chaîne énergétique, et plus les élèves ont des difficultés à associer les ressources naturelles exploitées à l'utilisation quotidienne d'énergie correspondante.

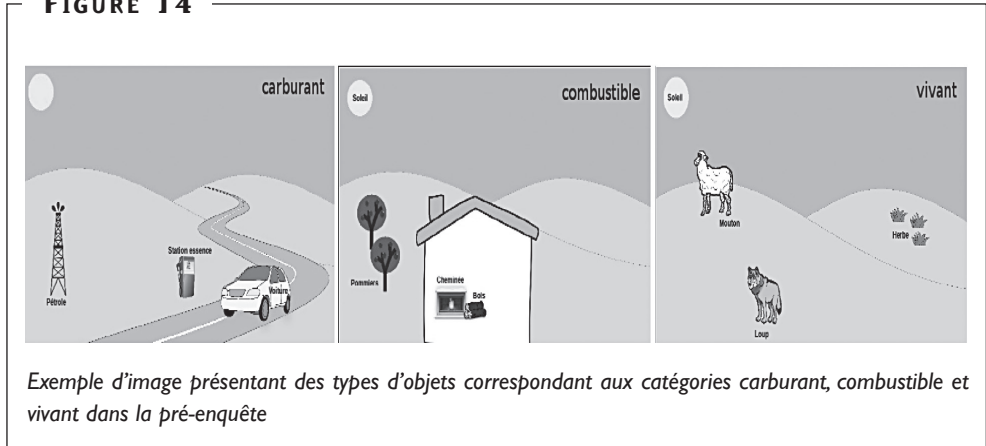
**FIGURE 13**



### **Effet du type d'objet auquel l'image fait référence**

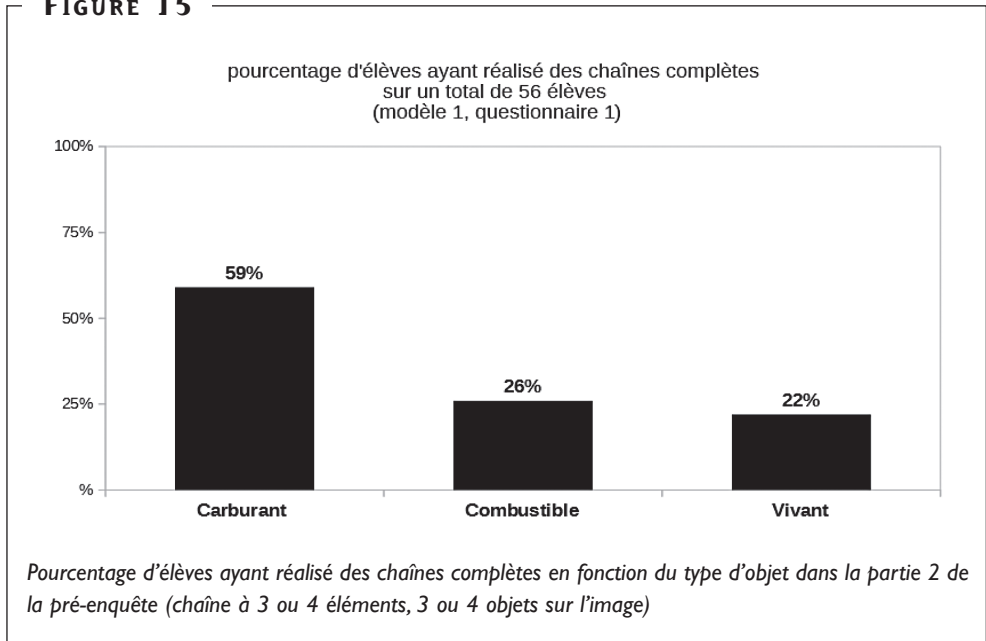
Nos résultats montrent que, parmi les types d'objets combustible, carburant et vivant (voir figure 14), le type d'objets vivant est celui pour lequel les élèves ont le plus de difficultés à réaliser des chaînes complètes.

**FIGURE 14**



La figure 15 montre le pourcentage d'élèves (sur un total de 56) ayant réalisé des chaînes complètes en fonction du type d'objets (carburant, combustible, vivant) utilisé sur les images.

**FIGURE 15**

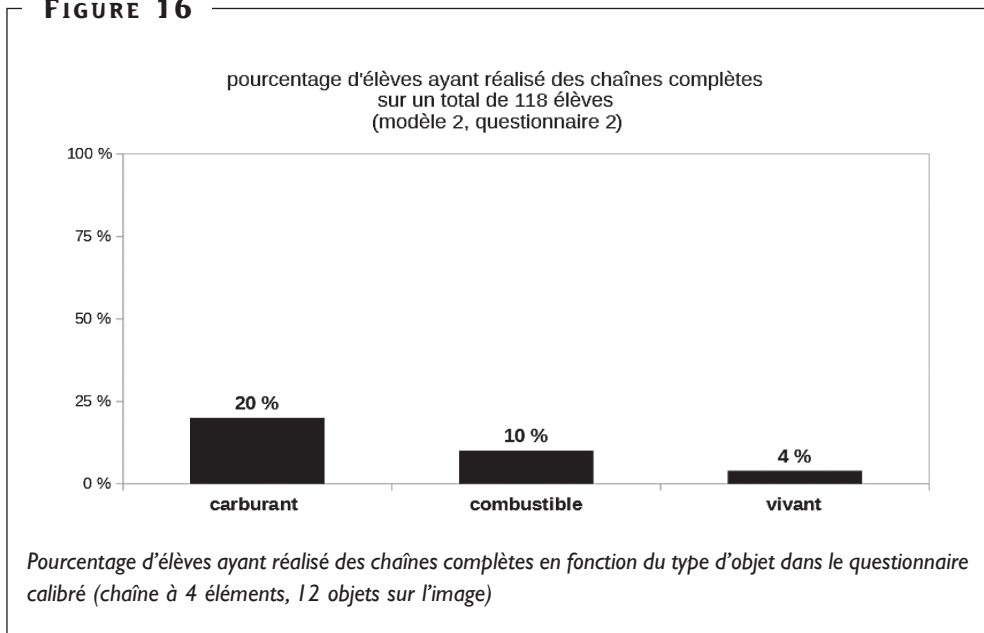


Les résultats montrent que le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes passent de 59 % pour les images avec des objets correspondant à la catégorie « carburant » à 26 % pour la catégorie « combustible », et à seulement 22 % pour le vivant. Il semblerait que les élèves éprouvent plus de difficultés à remonter jusqu'à la



source d'énergie pour les images utilisant des objets faisant référence au vivant, que pour celles concernant le carburant. Néanmoins pour obtenir ce résultat nous avons comparé des chaînes qui ne comportent pas le même nombre d'éléments (3 ou 4). C'est pourquoi, afin de comprendre l'effet du type d'objets, ces analyses ont été reproduites à l'aide du questionnaire calibré, dans lequel les chaînes sont toutes composées de 4 éléments et il y a toujours 12 objets représentés sur l'image. La figure 16 montre le pourcentage d'élèves (sur 118) ayant réalisé des chaînes énergétiques complètes en fonction du type d'objet dans le questionnaire calibré.

**FIGURE 16**



Les résultats montrent encore une fois que les élèves ont plus de difficultés à réaliser des chaînes énergétiques complètes sur des objets de types « vivant » (4 %) et qu'ils réalisent plus de chaînes complètes sur des objets de type carburant (20 %). En effet les pourcentages passent de 20 % d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes pour les carburants à 10 % pour les combustibles et à seulement 4 % pour le vivant. Bien que les pourcentages soient moins élevés du fait de la plus grande difficulté de la tâche (12 objets, chaîne à 4 éléments), on retrouve la même tendance que dans la pré-enquête et la même difficulté liée aux situations utilisant des objets faisant référence au « vivant ».

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que : (1) le nombre d'élèves réalisant des chaînes complètes passe de 71% à 16% lorsque le nombre d'éléments qui les composent augmente de 2 à 4 éléments, (2) moins de 14% des élèves arrivent à faire une chaîne énergétique complète lorsqu'il y a 25 objets sur les images (en revanche, le passage de 3 ou 4 objets à 6 sur les images du questionnaire ne modifie quasiment pas le nombre d'élèves réalisant des chaînes complètes) et (3) les élèves réalisent plus de chaînes complètes dans les images utilisant des objets faisant référence à la filière « carburant » (59 %) que celles montrant des objets liés au « vivant » (22%). Ce résultat concernant l'influence du type d'objet sur la réalisation de chaîne complète a été montré lors d'une pré-enquête sur 56 élèves ; avant d'être reproduit à l'aide d'un questionnaire calibré (chaîne à 4 éléments avec des images à 12 objets) sur un échantillon plus important de 118 élèves.

Ces résultats sont issus d'une étude pilote dont l'objectif était de calibrer un questionnaire et d'ajuster un modèle d'enseignement pour les élèves en vue de la réalisation d'une étude sur l'effet de la nature des situations présentées aux élèves. Bien qu'il n'ait pas été possible de s'appuyer sur des tests statistiques, cette étude a permis de dégager de premières conclusions sur certaines conditions spécifiques de la tâche susceptibles d'influencer la réalisation de chaîne énergétique par des élèves de cycle 3. En effet les résultats semblent montrer que l'activité de réalisation de chaînes énergétiques par des élèves peut être modifiée par : (a) le nombre d'éléments qui composent la chaîne, (b) le nombre d'objets représentés sur chaque image et (c) le type d'objets auquel la chaîne fait référence.

Ces résultats tendent à montrer que sans enseignement, il est difficile pour les élèves d'adopter une approche globale de l'énergie (Morge & Buty, 2014), ainsi qu'une approche interdisciplinaire (Bruguière et al., 2002). En effet, la présentation de filières variées sur une même image (carburant, combustible, vivant), ainsi que le nombre d'intermédiaires entre l'utilisation quotidienne d'énergie et sa source d'énergie a entraîné une diminution du nombre d'élèves de cette étude capables de retrouver la ressource naturelle exploitée au sein des différentes filières. De plus, le fait de réaliser des chaînes énergétiques sur des situations impliquant des êtres vivants (situations habituellement associées aux Sciences de la Vie et de la Terre) semble présenter une difficulté importante pour les élèves. Cette difficulté devrait être prise en compte dans un enseignement sur l'énergie ancré dans une approche interdisciplinaire.

Ces résultats doivent toutefois être nuancés du fait de la taille de l'échantillon dans la pré-enquête (56 élèves). De plus, malgré la reproductibilité sur un échantillon plus grand de l'effet du type d'objets à propos de la réalisation de chaînes complètes, il conviendrait aussi de reproduire avec un échantillon plus grand les résultats concernant le nombre d'éléments qui constituent la chaîne énergétique, ainsi que le nombre d'objets représentés sur chaque image.

Cette étude a permis de calibrer un questionnaire, dans le but d'observer plus clairement et plus finement l'effet du type d'objet sur la réalisation de chaînes énergétiques par les élèves. Elle a également permis de modifier le modèle dans le but de le rendre potentiellement plus compréhensible par les élèves.

Nos résultats pourraient être utilisés par les enseignants ayant des élèves de niveau équivalent au grade 4 et 5, comme des variables didactiques permettant d'ajuster l'enseignement de la chaîne énergétique en fonction des difficultés des élèves.

Les chaînes énergétiques pourraient notamment être présentées aux élèves de manière progressive : d'abord de l'objet jusqu'à la source d'énergie (chaîne à deux éléments), puis de l'objet jusqu'au transformateur (chaîne à trois éléments) et enfin de l'objet jusqu'à la ressource naturelle (chaîne à quatre éléments). Le nombre d'objets présentés sur chaque image pourrait être introduit progressivement tout au long de l'enseignement sur les chaînes énergétiques. L'enseignant pourrait par exemple commencer par faire appliquer aux élèves la chaîne énergétique sur des situations comportant seulement quelques objets. Une fois qu'ils seront assez familiarisés avec cette dernière, l'enseignant pourra augmenter le nombre d'objets présents dans chaque situation en tenant compte du niveau de chacun des élèves. Enfin, l'enseignant pourra tenir compte des différences engendrées par les types d'objets présents dans les situations (carburant, combustible, vivant) pour faciliter l'apprentissage de la chaîne énergétique de ses élèves.

## RÉFÉRENCES

- Bächtold, M., Munier, V., Guedj, M., Lerouge, A., & Ranquet, A. (2014). Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée? Une analyse des programmes et des manuels. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 63-91.
- Besson, U., & Ambrosio, A. D. (2014). Teaching energy concepts by working on themes of cultural and environmental value. *Science & Education*, 23(6), 1309-1338.
- Bodzin, A. (2012). Investigating urban eighth-grade students' knowledge of energy resources. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1255-1275.
- Bruguière, C., Sivade, A., & Cros, D. (2002). Quelle terminologie adopter pour articuler enseignement disciplinaire et enseignement thématique de l'énergie, en classe de première de série scientifique ? *Didaskalia*, 20, 67-100.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 241-266.
- Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., & Brna, P. (1996). Modelling students' construction of energy models in physics. *Instructional Science*, 24(4), 259-293.
- Doménech, J. L., Gil-Pérez, D., Gras-Martí, A., Guisasaola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Trumper, R., & Amparo Vilches, P.V. (2007). Teaching of energy issues: a debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16(1), 43-64.

- Duit, R. (1981). Students' notions about the energy concept - before and after physics instruction. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=ED229237>.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.
- Ginestié, J., & Tricot, A. (2013). Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 8, 9-22.
- Givry, D., & Andreucci, C. (2015). Un schéma vaut-il mieux qu'un long discours ? *Education & Didactique*, 9(1), 119-141.
- Givry, D., & Pantidos, P. (2015). Ambiguities in representing the concept of energy: a semiotic approach. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 41-64.
- Koliopoulos, D., & Argyropoulou, M. (2012). Constructing qualitative energy concepts in a formal educational context with 6-7 year old students. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 63-80.
- Koliopoulos, D., & Ravanis, K. (2000). Réflexions méthodologiques sur la formation d'une culture concernant le concept d'énergie à travers l'éducation formelle. *Spirale*, 26, 73-86.
- Kurnaz, M. A., & Calik, M. (2009). A thematic review of 'energy' teaching studies: focuses, needs, methods, general knowledge claims and implications. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 1(1), 1-26.
- Kurnaz, M. A., & Sağlam Arslan, A. (2011). A thematic review of some studies investigating students' alternative conceptions about energy. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(1), 51-74.
- Leont'ev, A. N. (1978). Activity, Consciousness, and Personality. Retrieved from <https://www.marxists.org/archive/leontev/works/1978/>.
- Millar, R. (2014). Towards a research-informed teaching sequence for energy. In R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. C. Nordine & A. Scheff (Eds), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 187-206). New York: Springer.
- Morge, L., & Buty, C. (2014). L'énergie : vers des recherches plurididactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 9-34.
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2011). A philosophically informed teaching proposal on the topic of energy for students aged 11-14. *Science & Education*, 20(10), 961-979.
- Pozzer-Ardenghi, L. (2009). Research on inscriptions: visual literacy, authentic science practices, and multimodality. In K. Tobin & W.-M. Roth (Eds), *The world of science education. Handbook of research in North America* (pp. 307-324). Rotterdam: Sense Publishers.
- Rogalski, J. (2008). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. In F. Vandebrouck (Dir.), *La classe de mathématiques: activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 23-30). Toulouse, France : Octarès Éditions.
- Vince, J., & Tiberghien, A. (2012). Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 89-124.
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18(5), 2-13.