

Apprendre l'énergie avec des systèmes biotiques

ANTONIN BOYER, DAMIEN GIVRY

EA 4671 Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation
Aix-Marseille Université
France

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

ABSTRACT

The aim of this study is to observe the effect of the use of biotic systems (related to living being) in a teaching focused on task where students should draw energy chain. According to the activity theory, we consider the use of biotic system as a part of the situation where the student's activity system takes place. We design an experimental protocol in order to isolate the task condition among this situation (teacher, teaching sequence, group of students...). This protocol is based on the separation of two group of students (biotic and domestic). The two groups assist to similar teaching sequence (with the use of domestic systems only or domestic and biotic systems) with the same teacher. The results show that students from the biotic group progress more after the teaching. They also show the same trends in the 4 protocol.

KEYWORDS

Biotic system, energy chain, task condition, student's action, experimental protocol

RÉSUMÉ

Cette étude s'intéresse à l'utilisation de systèmes biotiques (relatifs au vivant) dans un enseignement sur l'énergie et observe l'effet produit sur l'identification des sources par les élèves (CM1/CM2). Ancrés dans la théorie de l'activité, nous considérons l'utilisation de systèmes biotiques comme une condition de la tâche pouvant affecter les actions des élèves. Quatre protocoles expérimentaux ont été élaborés où deux groupes d'élèves (biotique et domestique) suivent des séquences similaires avec le même enseignant. Les résultats montrent que les élèves du groupe biotique progressent plus après l'enseignement que ceux du groupe domestique et que les quatre protocoles présentent les mêmes tendances.

MOTS-CLÉS

Système biotique, chaîne énergétique, condition de la tâche, actions des élèves, protocole expérimental

INTRODUCTION

L'énergie est un des enjeux majeurs de nos sociétés. L'enseignement de ce concept présente différentes approches (Besson & Ambrosis, 2014) qui correspondent à de nombreuses

propositions (Kurnaz & Calik, 2009). Cependant, l'efficacité de ces dernières est rarement testée (Millar, 2014). Dans une perspective d'éducation à l'énergie (Bächtold & Munier, 2014), nous avons développé un modèle de chaîne énergétique particulier (Boyer & Givry, 2018), dans le but d'aider les élèves à reconstituer des systèmes énergétiques. Pour cela, ils doivent identifier la plupart des filières énergétiques (électricité, combustible, carburant, vivant) depuis l'utilisation d'énergie par un objet domestique ou un être vivant jusqu'à l'exploitation de sa ressource naturelle.

De nombreux travaux montrent que certaines conceptions des élèves sont liées à l'association de l'énergie uniquement avec certains systèmes (Chabalengula, Sanders & Mumba, 2011; Yuenyong & Yuenyong, 2006). De plus, des travaux récents montrent que ces conceptions sont variables en fonction des situations notamment quand elles concernent des systèmes biotiques (relatifs au vivant) ou domestiques (Lancor, 2014). Nous avons donc considéré l'utilisation de systèmes biotiques comme une condition d'efficacité de l'enseignement. Une recherche précédente (Boyer, Givry & Mencacci, 2018) montre son effet sur les progressions des élèves au niveau des chaînes énergétiques. Dans cette étude, l'effet de l'utilisation des systèmes biotiques est observé à propos de l'identification des sources d'énergie des objets (lampes, être humain, etc.) ou des ressources naturelles des transformateurs (centrales électriques, arbres, etc.) issus des systèmes étudiés pendant l'enseignement.

CADRE THÉORIQUE

Notre étude se situe dans le champ de la didactique des sciences et adopte une approche socio-constructiviste (Leontiev, 1981). Elle s'intéresse à l'association de systèmes biotiques et domestiques dans un enseignement sur l'énergie au regard de son efficacité sur les apprentissages des élèves. De ce point de vue, l'utilisation de système biotique a été considérée comme un effet-tâche, c'est-à-dire comme un invariant que l'on retrouverait si une tâche était transposée d'une classe à l'autre, d'un enseignant à l'autre.

Afin d'étudier cet effet tâche au sein d'une situation de classe, nous nous sommes appuyés sur la théorie de l'activité (Léontiev, 1981). À partir de la définition de la tâche et de la structure hiérarchique de l'activité nous avons proposé un modèle tâche-action dans une double perspective : situer l'effet de la condition de la tâche dans la situation d'enseignement étudiée et caractériser son effet sur les apprentissages des élèves.

Leontiev (1978, p. 102) définit la tâche comme « le but à atteindre dans des conditions spécifiques ». Pour Savoyant, (2006; p. 1) « Parler d'objectif à atteindre, c'est une façon pour la tâche de parler de l'activité en termes d'actions. Parler des conditions dans lesquelles cet objectif est donné, c'est parler de la situation dans laquelle l'activité va se déployer et des facteurs qui vont en déterminer le contenu opérationnel ». En effet, dans sa description de la « structure générale de l'activité » Leontiev (1981), distingue trois niveaux d'analyse interconnectés, l'activité qui répond à un mobile, les actions qui répondent à un but concret et les opérations qui dépendent des conditions de réalisation de ce but concret. Galperine (1966, cité par Amigues, Azoulay, & Loigerot, 2002) précise trois types d'opérations. Les opérations d'orientation de l'action qui consiste à repérer les traits de la situation qui vont servir à guider l'action (Pastré, 2002). Les opérations d'exécution de l'action concernent son déroulement temporel ou la manière dont les moyens utilisés s'enchaînent. Enfin, les opérations de contrôle de l'action, apparaissent en cours de réalisation et portent sur les indicateurs de l'action (Amigues, Azoulay & Loigerot, 2002). Le sujet agit dans et sur une situation qui peut comprendre plusieurs tâches (Savoyant, 2006). Pour

Mayen, (2012), cette situation correspond à un système de caractéristiques agissantes qui sont définies comme tout élément : affectant ou pouvant affecter l'activité du sujet ou étant affecté par l'action du sujet (Leontiev, 1978).

Nous avons défini l'utilisation de systèmes biotiques comme une condition spécifique de la tâche et par conséquent comme une caractéristique agissante sur les opérations et donc l'action des élèves. Cette caractéristique agit dans le système avec celles liées à la situation et à la tâche. Au niveau de la situation nous associons les caractéristiques agissantes aux principaux effets mis en avant par les travaux sur l'efficacité en éducation, notamment : les effets établissements (Dumay & Dupriez, 2009), au niveau de la classe : les effets maître, composition et morphologie du public (Bressoux, 2012). Au niveau des conditions spécifiques de la tâche les caractéristiques mise en avant correspondent à la taille de la chaîne énergétique, le nombre d'objets sur les images, la nature des systèmes (Boyer & Givry, 2018), les registres sémiotiques utilisés ou encore le nombre de systèmes étudiés.

L'effet de l'utilisation de système biotique sur les apprentissages a été observé à travers la formation de l'action des élèves. Savoyant (2006) distingue deux niveaux d'analyse de cette formation. Le premier niveau correspond à l'identification d'actions-performances à partir de l'analyse de la tâche. Le deuxième niveau s'intéresse à l'analyse de l'activité à travers son développement sur deux plans, l'élaboration de l'action (savoir et comprendre ce qu'il faut faire) et l'assimilation de l'action (le faire de façon efficiente). Nous envisageons les tâches des enseignements analysés comme le moment où ont lieu l'assimilation et l'élaboration de l'action. Nous proposons d'observer l'efficacité de l'utilisation de systèmes biotiques vis-à-vis de ces processus en comparant l'évolution de certaines actions performances des élèves à l'issue de l'enseignement.

Nous avons considéré que l'activité des élèves était de développer une approche de l'énergie permettant de comprendre les enjeux de société qui lui sont liés et nous sommes focalisés sur l'action reconstituer des systèmes énergétiques. Pendant l'enseignement les élèves devaient dessiner des chaînes énergétiques sur des images représentant différents systèmes (domestiques uniquement ou biotiques et domestiques). Pour cela, ils devaient : (a) entourer l'objet qui chauffe, éclaire ou se déplace, (b) encadrer sa source d'énergie, (c) dessiner un triangle autour du transformateur permettant de produire cette source, (d) encadrer la ressource naturelle utilisée par le transformateur et enfin (e) relier les différents éléments par des flèches allant de l'objet de départ vers la ressource naturelle. À partir de cette procédure, nous avons déterminé les opérations d'orientation et d'exécution de l'action. Nous avons considéré que les opérations d'orientation correspondent à l'identification des éléments qui composent le système (objet de départ, source, transformateur, ressource). C'est la capacité des élèves à identifier ces éléments qui va guider la réalisation de l'action. Les opérations d'exécution de l'action (correspondant à ce que va faire l'élève pour reconstituer le système) renvoient au dessin des symboles et des flèches du modèle. La formation de l'action reconstituer un système énergétique a été observée à partir des résultats des actions des élèves concernant une tâche présentant le même but, mais des conditions spécifiques différentes (tableau, ci-après). Dans cette tâche les élèves devaient cocher une case correspondant à la fonction de certains éléments du système (chauffe, éclaire, se déplace pour les objets de départ et fabrique de l'électricité pour certains transformateurs) puis écrire le nom de la source d'énergie et ou de la ressource naturelle utilisée par ces éléments. Les opérations d'orientation correspondent à l'identification des éléments du système (objet de départ et transformateurs, sources et ressources) et les opérations d'exécution à « cocher la case » et « écrire le nom ». Il s'agit donc d'évaluer la formation de l'action pendant l'enseignement à l'aide d'une tâche renvoyant à des opérations d'orientations similaires, mais des

opérations d'exécution différentes. Cette étude présente les résultats au niveau de l'identification des sources et des ressources

MÉTHODOLOGIE

Notre méthodologie articule un protocole expérimental avec une ingénierie didactique. Le protocole expérimental vise à observer l'effet de la variable indépendante « réalisation de chaînes énergétiques sur des systèmes biotiques » sur la variable dépendante « identification des sources d'énergie et des ressources naturelles des objets et des transformateurs issus des systèmes étudiés ». Les variables contrôlées concernent l'effet maître, la séquence d'enseignement, les groupes d'élèves, ainsi que les autres conditions de la tâche (registres sémiotiques, nombre de systèmes, etc.).



Nous avons élaboré une séquence d'enseignement composée de 12 séances. La variable indépendante a été testée dans les séances 3 et 7 à l'aide de 4 tâches spécifiques. Dans ces tâches les élèves devaient réaliser des chaînes énergétiques sur des images représentant différents systèmes selon deux modalités : un groupe (nommé « biotique ») travaillait sur des tâches avec systèmes biotiques (humain et loup) et domestiques (voiture, lampe, etc.) et l'autre (appelé « domestique ») sur des systèmes domestiques uniquement. Les groupes d'élèves ont été élaborés par l'équipe de chercheurs à partir de leurs résultats au pré-test, afin qu'ils présentent la même hétérogénéité.

Le protocole expérimental a été dupliqué 4 fois (protocole 1, 2, 3 et 4). Quatre enseignants et 107 élèves issus de 5 classes, 3 CM1 (62 élèves en grade 4, 9ans) et 2 CM2 (45 élèves en grade 5, 10 ans) ont participé aux expérimentations. Il a été mis en place de la même manière dans 3 classes de CM1 (protocole 1, 2 et 3) provenant de 2 écoles différentes. Chacun des trois enseignants a réalisé simultanément devant les deux groupes d'élèves les mêmes 12 séances de la séquence d'enseignement. Dans les 2 classes de CM2 (protocole 4), le même enseignant a réalisé la même séquence dans deux classes différentes. Dans une des classes, il a conduit les séances avec uniquement des systèmes domestiques et dans l'autre avec des systèmes biotiques et domestiques.

Afin d'observer l'évolution de l'action des élèves «reconstituer des systèmes énergétiques», des questionnaires ont été administrés aux élèves avant (pré-test) et après (post-test) les séances. Dans la partie du questionnaire qui est analysée dans cette étude, les élèves devaient écrire le nom des sources d'énergie d'objets ou celui des ressources naturelles de transformateurs issus des systèmes étudiés pendant la séquence. Cette partie est composée de 16 images. Une des images (du bois) présente un rôle de leurre et n'a pas été prise en compte dans les analyses présentées. Ces dernières portent sur 15 images représentant des objets ou des transformateurs, 10 issues des systèmes domestiques et 5 issues des systèmes biotiques.

Ces questionnaires ont été analysés à partir du nombre de sources d'énergie correctes nommées par les élèves. Pour chaque image les progressions entre le pré-test et le post-test ont été relevées, c'est à dire le passage d'une réponse non attendue au pré-test à une réponse attendue au post-test (Tableau 1)

TABLEAU 1
Exemples issus de la tâche des questionnaires et des réponses d'élèves

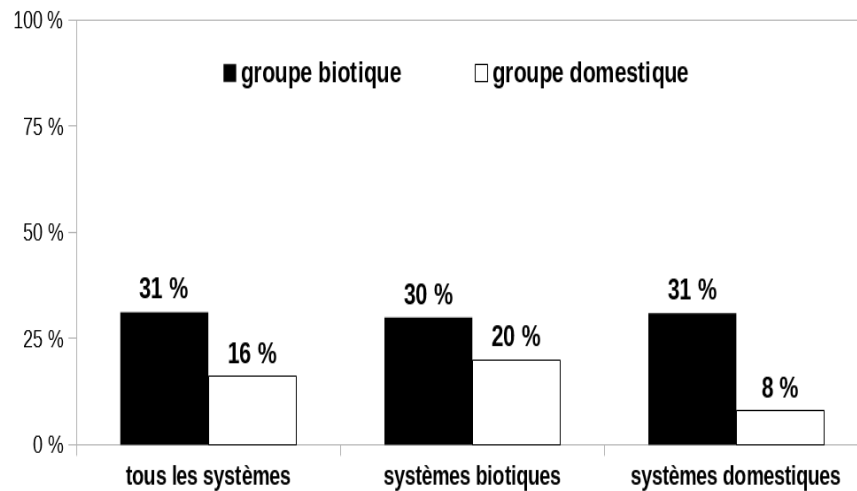
| Tâche du pré-test et du post-test | | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| Images | Je ne connais pas cette image | Éclaire | Chauffe | Bouge ou se déplace | Fabrique de l'électricité | Écris quelle est la ou les source(s) d'énergie utilisée(s). |
|  Herbe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
|  Voiture | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

| Exemple de réponse d'élèves | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| | Catégorie | Exemple lampe | Exemple humain | Exemple centrale nucléaire |
| Réponse attendue | Source d'énergie ou ressource naturelle | <i>Électricité/ ça utilise de l'électricité/ soleil et eau et vent.</i> | <i>Aliments / nourriture / légumes et soleil / nutriments</i> | <i>uranium</i> |
| | Mauvaise Source ou ressource | | <i>Eau / air</i> | <i>Énergie solaire / avec du charbon</i> |
| Réponse non attendue | Plusieurs sources | <i>Ampoule et électricité</i> | <i>Nourriture et eau</i> | |
| | Fonction de l'élément | <i>Allume / éclaire, / elle éclaire et elle chauffe de tant en tant</i> | <i>Il joue / se déplace / bouge, marche, court</i> | <i>qui fabrique de l'électricité</i> |
| | Partie de l'élément | <i>Pour éclairer on se sert d'une ampoule</i> | <i>Grâce aux pieds/ cœur / cerveau / muscles</i> | |
| | Autre | <i>Par la lampe</i> | <i>Garçon / énergie vitale / naturel</i> | <i>Nucléaire / gros pierre dangereuse</i> |
| | Pas de réponse | - | - | - |

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Notre premier résultat montre que les élèves du groupe « biotique » progressent pour identifier un plus grand nombre de sources d'énergie que ceux du groupe « domestique » après l'enseignement. La figure 1 représente ces effets, lorsque l'on prend en compte l'ensemble des 15 objets du questionnaire, les 10 objets issus des systèmes domestiques et les 5 objets issus des systèmes biotiques.

FIGURE 1



Pourcentage d'éléments issus de l'ensemble des systèmes, des systèmes biotiques ou des systèmes domestiques du questionnaire pour lesquels les élèves des groupes biotiques et domestiques progressent

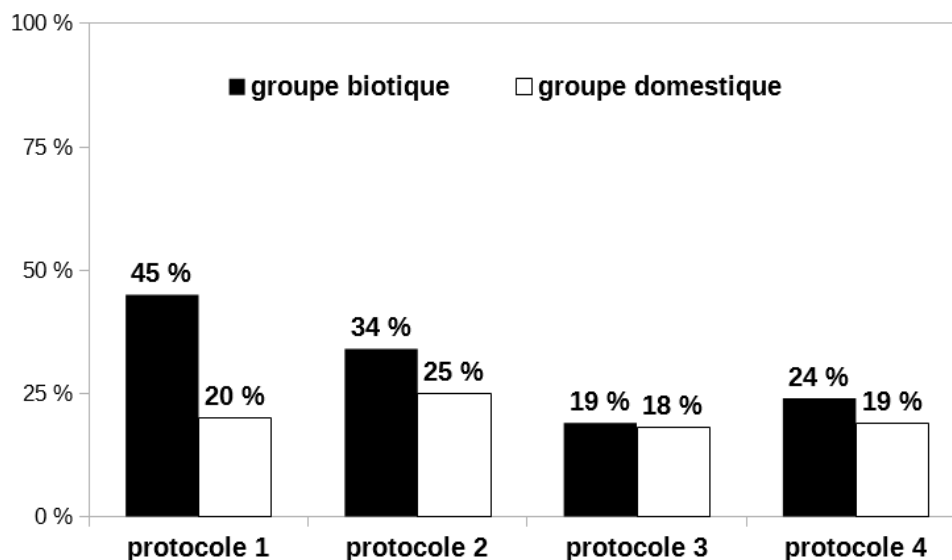
La figure 1 représente le pourcentage moyen d'objets sur lequel les élèves du groupe « biotique » (barres noires) et ceux du groupe « domestique » (barre blanche) ont progressé pour identifier les sources d'énergies des objets ou les ressources naturelles des transformateurs. Les résultats montrent que les élèves du groupe biotique progressent sur un nombre plus important d'objets (31 % contre 16 % pour le groupe domestique) quand on prend en compte l'ensemble des objets présentés dans le questionnaire. Ils montrent également que les élèves du groupe domestique progressent moins (7% contre 28%) quand on ne prend en compte que les objets issus des systèmes biotiques, ce qui n'est pas surprenant puisque ces derniers n'ont pas étudié ces systèmes pendant l'enseignement. Ils montrent enfin que les élèves du groupe biotique progressent sur un plus grand nombre d'objets issus des systèmes domestiques (33% contre 22 %), alors que les élèves du groupe domestique ont étudié un nombre plus important de ces systèmes pendant l'enseignement. Des comparaisons de moyennes montrent que ces résultats sont statistiquement significatifs avec un z-t de 4,52 sur l'ensemble des objets, de 3,02 pour les objets issus des systèmes biotiques et de 2,95 pour les objets issus des systèmes domestiques comparés à un z-seuil de 1,96 à 0,05.

Ces résultats correspondent aux moyennes calculées sur les 107 élèves de l'étude et englobent les 4 protocoles (3 en CM1, 1 en CM2). Ce calcul pourrait masquer des effets opposés dans les résultats des 4 protocoles pris séparément. La figure 2, présente les résultats de chacun des protocoles, au niveau des éléments issus des systèmes domestiques pour lesquels les élèves du groupe domestique devraient progresser plus.

Ce graphique montre les résultats obtenus sur l'identification des sources et ressources au niveau des systèmes domestiques pour chacun des protocoles mis en œuvre dans les classes. Les écarts présentés entre les groupes biotique et domestique sont variables entre les protocoles notamment entre le protocole 1 (+25 % d'éléments) et le protocole 3 (+1 % d'éléments). Cependant les résultats montrent que dans chaque cas les élèves du groupe biotique (barres noires) progressent sur un plus grand nombre d'éléments que les élèves du groupe domestique (barres blanches). Il semble donc de manière générale que la tendance obtenue au niveau de

l'effet tâche « utilisation de système biotique » se retrouve quand la tâche est transposée d'une classe à l'autre, d'un enseignant à l'autre.

FIGURE 2



Pourcentage d'éléments issus des systèmes domestiques du questionnaire pour lesquels les élèves des groupes biotiques et domestiques progressent pour chacun des protocoles expérimentaux mis en place

Nos résultats montrent que les élèves du groupe biotique progressent plus à l'issue de l'enseignement que ceux du groupe domestique. Il nous semble donc intéressant que l'enseignement de l'énergie à l'école primaire ne s'appuie pas uniquement sur les systèmes habituellement utilisés dans ce domaine, mais sur une variété importante de systèmes incluant notamment des systèmes relatifs aux êtres vivants.

RÉFÉRENCES

- Amigues, R., Azoulay, C., & Loigerot, A. (2002). Le mémoire professionnel des professeurs des écoles, ou comment instrumenter l'action ? *Recherche & Formation*, 40(1), 75-86.
- Bächtold, M., & Munier, V. (2014). Enseigner le concept d'énergie en physique et éduquer à l'énergie : Rupture ou continuité ? *Skholê*, 18(1), 21-29.
- Besson, U., & Ambrosis, A. D. (2014). Teaching energy concepts by working on themes of cultural and environmental value. *Science & Education*, 23(6), 1309-1338.
- Bressoux, P. (2012). L'influence des pratiques enseignantes sur les acquisitions scolaires des élèves. *Regards Croisés sur l'Économie*, 12(2), 208-217.
- Boyer, A., & Givry, D. (2018). Développement d'un modèle de chaîne énergétique pour aider les élèves à adopter une vision globale de l'énergie dès l'école primaire. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 12(1), 41-60.

- Boyer, A., Givry, D., & Mencacci, N. (2018). *Étude expérimentale sur l'efficacité de l'utilisation de systèmes biotiques dans un enseignement sur l'énergie au cycle 3*. Paper presented at 10^e Rencontres de l'ARDiST, Saint-Malo, France.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). Diagnosing students' understanding of energy and its related concept in biological context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 241-266.
- Dumay, X., & Dupriez, V. (Dir.) (2009). *L'efficacité dans l'enseignement: Promesses et zones d'ombre*. Bruxelles, Belgique: De Boeck.
- 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.
- Lancor, R. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23.
- Leontiev, A. (1981). *Activité, Conscience, Personnalité*. Moscou: Éditions du Progrès.
- Millar, R. (2014). Towards a research-informed teaching sequence for energy. In *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (pp. 187-206). Cham: Springer.
- Mayen, P. (2012). Les situations professionnelles : Un point de vue de didactique professionnelle. *Phronesis*, 1(1), 59-67.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 138(1), 9-17.
- Savoyant, A. (2006). Tâche, activité et formation des actions de travail. *Education Permanente*, 166, 127-136.
- Yuenyong, C., & Yuenyong, J. (2007). Grade 1 to 6 Thai students' existing ideas about energy. *Science Education Journal*, 18(4), 289-298.