

Classification des concepts convoqués par les étudiant·e·s dans le débat sur la transition énergétique.

Étude de cas de cas auprès d'étudiant·e·s d'une ENS

JANYS BLIN, DAMIEN GRENIER

*Centre de recherche sur l'éducation,
les apprentissages
et la didactique (CREAD)
Université de Rennes
France
janys.blin@ens-rennes.fr
damien.grenier@ens-rennes.fr*

ABSTRACT

The energy transition is a major challenge for humanity, involving both technoscientific and societal issues. To enable citizens to participate in this debate in an informed manner, training programmes that take into account the concepts used by those concerned must be put in place. This article aims to identify what students know about the subject and to analyse this knowledge using a theoretical framework inspired by the specific theory of two worlds.

KEYWORDS

Energy transition, socially acute questions, Specific theory of the two worlds

RÉSUMÉ

La transition énergétique est un enjeu majeur pour l'humanité où s'entremêlent questions technoscientifiques et sociétales. Pour permettre aux citoyen-ne-s de participer à ce débat de manière éclairée, des formations qui prennent en compte les concepts convoqués par les personnes concernées doivent être mises en place. Cet article vise à identifier ce que les étudiant·e·s savent sur le sujet et à analyser ces connaissances à l'aide d'un cadre théorique inspiré par la théorie spécifique des deux mondes.

MOTS CLÉS

Transition énergétique, Questions socialement vives, Théorie spécifique des deux mondes

CONTEXTE

Dans son sixième rapport sur le changement climatique, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du climat (GIEC) est formel : « Human activities, principally through emissions of greenhouse gases, have unequivocally caused global warming, with global surface temperature reaching 1.1°C above 1850-1900 in 2011-2020 » (IPCC, 2023, p. 4). Le secteur énergétique, massivement encore basé sur les énergies fossiles, est à lui seul responsable des deux tiers des émissions anthropiques de gaz effet de serre (essentiellement sous forme de dioxyde de carbone, CO₂).

Décarboner l'énergie suppose une remise à plat complète du modèle énergétique actuel. Des alternatives aux énergies fossiles existent. Chaque année, le flux solaire incident qui arrive à la surface de la Terre représente plus de 1200 fois la consommation mondiale d'énergie primaire de l'humanité (Babarit et al., 2024). Même en tenant compte du fait que les technologies actuellement disponibles ne permettent de récupérer que quelques pour cent de ce flux, c'est largement suffisant pour satisfaire les besoins actuels et à venir de l'humanité.

Les énergies renouvelables ne sont cependant pas sans impacts. L'extraction des matériaux nécessaires à la construction des dispositifs de conversion et les dispositifs de conversion eux-mêmes peuvent avoir des impacts sur la faune et la flore ou sur les paysages. Le débat sur la transition énergétique n'est donc pas seulement un débat scientifique et technique. C'est également un débat sociétal. Quels impacts économiques, sociaux, environnementaux, sommes-nous, collectivement, prêts à tolérer pour pouvoir conserver le niveau élevé de consommation d'énergie actuel ? Ou à l'inverse quel niveau de sobriété énergétique sommes-nous prêts à consentir pour minimiser ces impacts ?

L'interaction entre questions technoscientifiques et sociétales, les incertitudes et controverses liées à la transition énergétique ancrent cette problématique dans le champ des questions socialement vives (QSV). Selon Legardez (2017) ces questions sont triplement vives. Elles sont vives dans la société, dans les savoirs des références et dans les savoirs scolaires. Un certain nombre de savoirs de références ne font aujourd'hui plus l'objet de débat entre scientifiques. Le GIEC (IPCC, 2023) a clos le débat sur la responsabilité de l'Homme vis à vis du changement climatique observé. En revanche, dans la société, le débat reste vif, certains tels que Fressoz (2024) vont même jusqu'à questionner la possibilité d'opérer une telle transition qui n'a jamais eu lieu par le passé.

Un tel débat doit se dérouler dans un cadre démocratique et impliquer tou·te·s les citoyen·ne·s. Mais, pour qu'il soit mené de façon rationnelle, il est nécessaire d'abord d'identifier les opinions erronées, c'est à dire celles qui iraient à l'encontre du consensus scientifique. Cette étude se concentre sur les jeunes adultes (et plus précisément ici des étudiant·e·s), de façon à pouvoir proposer ensuite des formations permettant de lever les freins au changement de modèle énergétique qui résulteraient d'éventuelles opinions erronées.

ANALYSE ÉPISTÉMOLOGIQUE DE L'ÉNERGIE ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Selon Laberge (2021), « *peu importe le niveau ou l'âge moyen du groupe, un enseignant sait pertinemment que les nouveaux étudiants arrivent avec un bagage de croyances, d'opinions, de certitudes, de préjugés et de valeurs sur l'environnement, comme à propos de bien d'autres sujets. Il n'y a pas de candeur ni d'innocence perdue : les apprenants ont été largement socialisés par leurs parents, leurs premiers éducateurs, et le milieu social dans lequel ils ont baigné ; ils sont également plongés dans un monde de discours contradictoires où les fausses-vérités côtoient l'invraisemblable* ».

Plusieurs difficultés spécifiques à la question énergétique peuvent être recensées.

Un concept nébuleux

Les premières difficultés prévisibles « *sont notamment liées à la nature même du concept [d'énergie] qui s'avère être particulièrement abstrait, polymorphe et difficile à définir* » (Guedj & Mayrargue, 2014). Comme le souligne Feynman (1965/1980), dans ses cours de physique, « *il est important de réaliser que dans la physique d'aujourd'hui, nous n'avons aucune connaissance de ce qu'est l'énergie* ».

Selon Hervé et al. (2014), deux visions s'affrontent :

- Une qui fait de l'énergie une substance indestructible intangible qui pourrait changer de forme, être transférée d'un système à un autre, éventuellement être stockée.
- L'autre qui ferait de l'énergie un simple artefact mathématique. Pour Feynman (1965/1980) ce serait « une abstraction purement mathématique : il y a un nombre, qui reste le même, quel que soit l'instant où on le calcule ».

Ces deux visions supposent un haut niveau d'abstraction qui fait qu'il est « *bien difficile de donner un sens au concept d'énergie* » (Hervé et al., 2014, p. 4).

Contradictions entre les concepts de la physique et ceux de la vie courante

En physique, le concept d'énergie repose sur le principe fondamental de sa conservation (Taillet et al., 2018). Dans toute transformation, la quantité totale d'énergie d'un système fermé est conservée. Le second principe de la thermodynamique vient rajouter une condition (la variation d'entropie doit être positive) qui rend la plupart des transformations non réversibles. Par exemple, de l'eau tiède obtenue en mélangeant de l'eau chaude et de l'eau froide ne peut être séparée à nouveau en eau chaude d'un côté et froide de l'autre. Ces deux principes aboutissent à l'impossibilité d'existence de machines à mouvement perpétuel ou de sources d'énergies infinies.

Dans la vie quotidienne (mais aussi dans certains domaines scientifiques comme les sciences de l'ingénieur, notons-le), on parle cependant de production, de consommation, de pertes ou encore de gaspillage d'énergie, autant de notions en contradiction avec le principe de conservation de l'énergie. Ces termes expriment le fait qu'on attribue une utilité à certaines formes d'énergie plus qu'à d'autres. C'est un point de vue anthropocentré. Ainsi la « production » d'énergie signifie la conversion d'une forme d'énergie disponible dans la nature (énergie chimique des sources fossiles, énergie cinétique du vent, des rivières ou des courants de marée, énergie lumineuse du Soleil, énergie thermique de la Terre, énergie nucléaire des minerais fissiles...) en une autre plus appropriée à l'usage souhaité (énergie électrique, cinétique, thermique, lumineuse...). Les pertes d'énergies correspondent alors à des conversions vers une forme d'énergie non désirée, souvent thermique, d'une partie de l'énergie mobilisée dans cette conversion.

Plus troublant encore, alors que les lois de la physique montrent l'impossibilité d'existence de sources d'énergies infinies, de nombreuses personnes affirment le contraire, notamment sur Internet où les vidéos revendiquant la création de générateurs d'énergie infinie, gratuite (free energy en anglais) cumulent parfois des millions de vues¹. Sans aller jusqu'à ces contenus souvent grossièrement trompeurs, il existe des discours qui présentent les sources d'énergies renouvelables comme « infinies » et qui ne sont pas complètement faux. La vie sur Terre disparaîtra en effet avant que le Soleil ne s'éteigne puisqu'il va grossir jusqu'à calciner la Terre dans quelque 10 milliards d'années. On peut donc dire qu'il y aura « toujours » du Soleil à notre échelle. Toutefois, qualifier une source d'énergie de quasi « infinie dans le temps » peut prêter à confusion. Cela ne signifie pas qu'elle est illimitée en quantité.

Il existe aussi des discours potentiellement trompeurs autour de l'idée de cycles (économie circulaire, recyclage...). Par exemple, l'industrie du nucléaire parle de « cycle du combustible » et de « recyclage du combustible » usagé alors qu'il ne s'agit que d'une réutilisation de déchets d'une première réaction de fission². On notera que l'on parle même « combustible nucléaire » alors que la réaction nucléaire n'a rien à voir avec la notion de combustion.

Ce qui se dit dans les médias

La transition énergétique est sujette à de très nombreuses controverses dans les médias parmi lesquelles on peut citer :

Le rôle des énergies renouvelables. Leur capacité à répondre à la demande est parfois contestée, notamment en raison du nombre élevé de panneaux solaires et d'éoliennes estimés nécessaires pour remplacer les énergies fossiles et nucléaires. Ces critiques ignorent pourtant le potentiel solaire (25 fois la consommation énergétique mondiale actuelle) et éolien (4,5 fois) (Babarit et al., 2024).

Autre sujet de débat : les sources d'énergie renouvelables sont souvent installées au plus près des consommateurs, exposant directement les habitants à leurs impacts (occupation du sol, biodiversité, déchets, impacts sur les paysages...), contrairement aux mines d'uranium ou aux puits de pétrole, situés généralement à l'étranger.

Enfin, la question de l'intermittence et la difficulté de stocker ces énergies de flux est jugée incompatibles avec des « besoins » considérés comme impératifs et intangibles. De là émerge tout un débat entre partisans de sources d'énergies qui seraient « pilotables » et celles qui ne le seraient pas alors même qu'aucune source n'est ni totalement pilotable ni totalement non pilotable.

Les impacts sociaux de la transition énergétique. L'énergie (électricité, gaz, carburants) pèse entre 8 et 10% du budget des ménages³. Les dépenses de chauffage ou liées aux déplacements (notamment pour se rendre à son travail) sont cependant souvent incompressibles à court terme. Les hausses de prix, dues par exemple à des crises géopolitiques, plongent certains dans la précarité énergétique, ce qui peut provoquer des mouvements sociaux, comme celui des « Gilets Jaunes » en France en 2018, en réponse à la décision gouvernementale d'une hausse de la taxe carbone. La question du coût devient ainsi un argument pour contester la transition elle-même.

La mobilité est en particulier un objet de débat très sensible. Les alternatives à la voiture (transports en commun, mobilités douces) restent difficiles hors des grandes villes. Du fait de son prix et son impact environnemental à la fabrication, la voiture électrique est contestée. L'avion, très polluant, est de plus en plus critiqué mais difficilement incontournable pour les voyages longue distance, tandis que le train, souvent plus écologique, reste parfois plus cher.

Le débat sur l'énergie nucléaire. Cette énergie est, du moins en France, parfois opposée aux énergies renouvelables, parfois vue comme complémentaire. Elle y est présentée comme permettant de garantir l'« indépendance énergétique » alors même que la France ne dispose plus de ressources en uranium et doit importer la totalité de son « combustible » nucléaire.

Un autre « impensé du débat » (pour reprendre l'expression du rapport prospectif produits par RTE (2021), est la fermeture prévisible au cours de la prochaine décennie, du parc nucléaire français actuel avec un « effet falaise ». Tous les réacteurs ont été en effet construits à la fin des années 1970 et ou au début des années 1980 et arriveront donc en fin de durée de vie quasiment tous en même temps. Pour les mêmes raisons d'âge, les coûts de maintenance sont de plus en plus importants.

Dernier point de débat (si on exclut celui sur les risques d'accident), les centrales nucléaires, comme toutes les centrales thermiques, ont besoin d'être refroidies. Cela peut poser problèmes, pour celles qui utilisent pour cela l'eau des fleuves. Les épisodes de sécheresses risquent en effet d'être plus importants et plus fréquents avec le changement climatique.

Mise en cause de la nécessité même de la transition énergétique. Selon le dernier baromètre de l'ADEME⁴, 28 % des Français·es croient que le changement climatique est un « phénomène naturel comme la Terre en a toujours connu », 3 % pensent qu'il n'y a pas de changement climatique et 5 % ne se prononcent pas. Au total, un tiers des personnes interrogées sont donc dans le déni d'un changement climatique provoqué par l'Homme. Il est fort probable que ces mêmes personnes refusent de prendre en compte les nombreuses autres raisons de sortir des énergies fossiles : pollution de l'air, destruction des écosystèmes, épuisement des ressources non renouvelables.

On voit donc qu’il n’existe pas de définition de l’énergie commune à tous les champs disciplinaires qui l’utilisent. L’abstraction du concept d’énergie et ces différentes définitions posent problèmes pour s’en saisir dans le débat public. Ces incompréhensions interagissent avec les controverses médiatiques rendant le traitement des questions relatives à la transition énergétique complexe. L’identification des concepts susceptibles d’être convoqués par les étudiant·e·s à propos de la transition énergétique paraît nécessaire afin de concevoir des formations adaptées dans le futur.

PROPOSITION D’UNE CLASSIFICATION DES SAVOIRS INSPIRÉE PAR LA THÉORIE SPÉCIFIQUE DES DEUX MONDES

Pour l’analyse des concepts convoqués par les étudiant·e·s, nous proposons une classification des savoirs en jeu, inspirée de la théorie spécifique des deux mondes (Tiberghien et al., 2009). Ce cadre théorique a été créé dans le but d’explicitier les présupposés et décisions implicites et permettre de guider des enseignant·e·s et chercheur·euse·s dans la construction de séances pédagogiques en physique (Tiberghien et al., 2009). Il repose sur « deux hypothèses » (Veillard et al., 2011, p. 204) :

1. La modélisation est l’activité centrale en physique, reliant deux mondes via une sélection et un traitement des objets, événements, concepts et modèles. Ces deux mondes sont « d’une part celui des constructions théoriques et d’autre part celui du champ expérimental des objets et événements » (ibid, p. 206).
2. Les processus cognitifs quotidiens relèvent aussi de la modélisation, ce qui permet d’utiliser ce cadre pour analyser à la fois les savoirs scientifiques et ceux issus du vécu (ibid).

Ces hypothèses conduisent au schéma de la Figure 1 représentant « les relations potentielles entre les niveaux et catégories de connaissances en jeu dans les activités d’enseignement de la physique en classe » (ibid, p. 207). La théorie spécifique des deux mondes distingue deux types de savoirs : ceux liés aux *théories et modèles* (abstrait) et ceux liés aux *objets et événements* (observables), chacun étant divisé entre une partie liée aux *sciences physiques* et à la *technologie* et une partie *sociale et quotidien*. Par exemple, en physique la chaleur est modélisée comme une agitation des particules (mouvement brownien), alors que dans la vie courante, on perçoit le chaud ou le froid comme une variable d’état sans chercher à l’interpréter. Ce cadre permet donc de mettre en évidence les différences de sens et d’usage entre savoirs scientifiques et savoirs du quotidien.

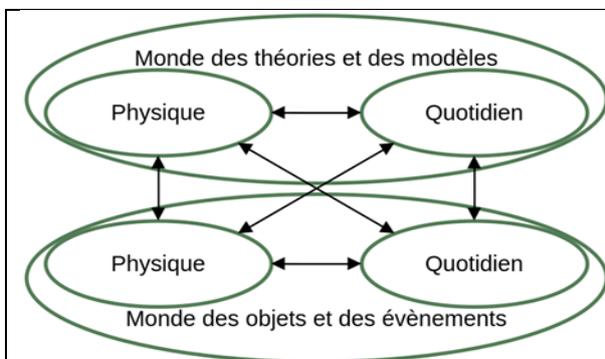


FIGURE 1. Relations potentielles entre les niveaux et catégories de connaissance en jeu dans les activités d’enseignement de la physique en classe. Extrait de Veillard et al. (2011)

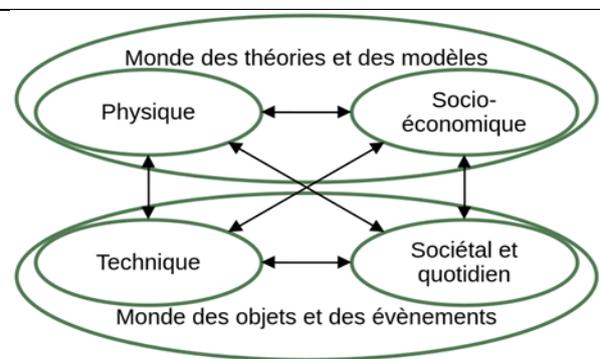


FIGURE 2. Proposition de classification des savoirs en jeu dans la transition énergétique

À titre d'illustration, les savoirs relatifs à la transition énergétique évoqués dans l'analyse épistémologique précédente ont été associés à une des quatre parties de la théorie des deux mondes :

Monde des théories et des modèles :

Physique :

- Définition scientifique de l'énergie (1er et 2nd principe).
- Modèles climatiques, physiques, électriques, impacts sur la biosphère.

Socio-économique :

- Représentations quotidiennes à l'énergie (en tant que produit commercial).
- Modèles économiques / sociétaux.

Monde des objets et des événements :

Technique :

- Dispositifs de conversion et de transport de l'énergie (centrales, panneaux photovoltaïques, éoliennes, réseau électrique...).
- Niveau des réserves d'énergie fossiles et fissiles.
- Potentiel énergétique solaire ou éolien (quantités annuelles récupérables).
- Dispositifs de stockage et de gestion de l'intermittence.
- Impacts sur la biosphère.
- Impacts sur la santé.

Sociétal et quotidien :

- Pratiques quotidiennes (transports, écogestes).
- Coût de l'énergie, législation.
- Impacts paysagers.
- Questions politiques (indépendance énergétique, défense des filières industrielles nationales).

QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous cherchons à analyser les « *bagages de croyances, d'opinions, de certitudes, de préjugés* » des étudiants relatives à la transition énergétique qui résultent de leur formation antérieure. Si des travaux existent sur les représentations des collégiens en la matière (par exemple Abdul-Aziz et al., 2019), peu de travaux portent sur les publics étudiants. Nos études antérieures (Grenier et al., 2024; Voisin et al., 2023) portent sur les représentations d'étudiants en sciences de l'ingénieur. Nous avons voulu ici investiguer des publics étudiants d'autres disciplines.

La classification des savoirs inspirée de la théorie spécifique des deux mondes est utilisée pour analyser le discours des étudiants relatifs à la question de la transition énergétique. Nous cherchons plus spécifiquement à répondre à deux questions :

- **Q1 :** Quels sont les savoirs issus de la physique ou de la sphère socio-économique, relatifs à l'énergie que les étudiant·e·s sont capables de mobiliser ?
- **Q2 :** Existe-t-il chez ces étudiant·e·s des opinions en contradiction avec les savoirs physiques ou technologiques qu'il serait nécessaire de corriger pour objectiver le débat ?

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie d'analyse repose sur des entretiens semi-directifs menés auprès d'étudiant·e·s à l'Ecole Normale Supérieure (ENS) de Rennes, issu·e·s de différents départements d'enseignement. Il a été choisi d'interroger des étudiant·e·s d'une même école et d'une même année d'étude (niveau M1) pour ne faire varier que les disciplines qu'ils·elles étudient. Le profil et le code associé aux 8 étudiant·e·s interrogé·e·s est donné dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 1
Profil des étudiant·e·s interrogé·e·s

Code	Département, disciplines étudiées
2sep_1	2SEP (sciences du sport et de l'éducation physique)
2sep_m	
dem_11	DEM (droit, économie, management) Parcours Earth Law (droit de l'environnement)
dem_12	DEM (droit, économie, management)
info_h	INFO (informatique)
mkro_a	MECATRONIQUE (sciences de l'ingénieur)
spen_a	SPEN (sciences pour l'environnement) droit de l'environnement + projet pluridisciplinaire avec une écologue
spen_1	

Les étudiant·e·s de l'ENS sont formé·e·s à l'enseignement et à la recherche dans leurs domaines respectifs. Ces étudiant·e·s reçoivent par ailleurs des compléments de formations communs sous forme de conférences scientifiques ou d'ateliers sur le thème des transitions (énergétique, numérique...), telles que la « fresque du climat »5 ou l'« atelier 2 tonnes »6.

Un guide d'entretien composé de 13 questions a été établi permettant de balayer l'ensemble de la problématique de la transition énergétique. Les questions posées sont indiquées dans le tableau suivant :

TABLEAU 2
Guide d'entretien et partie de la théorie des deux mondes sondée

Questions		Partie des deux mondes sondées
1	Quel est votre parcours de formation ?	Questions destinées à connaître la personne interrogée, son parcours, son engagement, ses sources d'informations.
2	Quelle est votre source privilégiée d'information sur les questions environnementales ? Pouvez-vous citer une source d'information (livre, vidéo, article de presse, etc...) qui vous aurait particulièrement marqué ? Pourquoi ? (Option) Et en ce qui concerne la transition énergétique ?	
3	Comment évaluez-vous votre niveau de connaissance sur les questions environnementales /énergétiques ?	

4	Comment évaluez-vous votre niveau d'engagement sur les questions environnementales /énergétiques ?	
5	Comment vous positionnez-vous par rapport à la question de l'éco-anxiété ?	
6	Comment vous positionnez-vous par rapport à votre entourage ? (À propos des questions 5, 6 et 7)	
7	Si on vous demandait d'expliquer ce qu'est l'énergie que diriez-vous ? (Option) Dans le contexte de l'énergie, que vous évoque la phrase « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » ?	Monde des théories et des modèles, partie physique.
8	Qu'est-ce qui vous semble consommer le plus d'énergie entre ces éléments ? Pourquoi ? 1. Faire bouillir 1L d'eau. (334 kJ) 2. Monter une personne adulte de 3 étages dans un ascenseur. (6kJ) 3. Laisser la lumière allumée dans une pièce pendant une heure (18 kJ) 4. Rouler 100 km sur l'autoroute en voiture. (168 MJ)	Partie technique, monde des objets et des évènements.
9	Pour vous que signifient les mots suivants : 1. Production d'énergie. 2. Perte d'énergie. 3. Rendement. 4. Économie d'énergie.	Parties physique/socio-économique, monde des théories et des modèles.
10	Quels problèmes pose l'énergie actuellement ?	Monde des objets et des évènements.
11	Voici un graphique représentant la puissance électrique produite en France au cours d'une semaine, avez-vous déjà vu ce graphique (cf. figure 2) ? Que pouvez-vous en dire ?	Partie technique, monde des objets et des évènements.
12	(Rajoutée après plusieurs entretiens) La transition énergétique a pour but d'augmenter la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique (pour simplifier des panneaux solaires et des éoliennes). Or, les énergies renouvelables sont, pour la plupart, intermittentes ou moins facilement pilotables que les centrales thermiques classiques. Cela pose problème car les besoins en énergie ne sont pas nécessairement aux moments où l'énergie est disponible (chauffage en hiver quand les panneaux solaires produisent le moins). Quelles solutions auriez-vous à proposer pour régler le problème de l'intermittence des sources renouvelables ?	Partie technique, monde des objets et des évènements.
13	Souhaitez-vous évoquer un sujet qu'on n'aurait pas abordé ? Revenir sur un point ?	

FIGURE 3



Consommation électrique française pendant une semaine d'avril (RTE, eCO2mix).

ANALYSE DES RÉSULTATS

Définition de l'énergie

Pour définir l'énergie, les personnes interrogées sont toutes passées par la notion de transformations de l'énergie ou, à défaut, ont cité différentes formes d'énergie. Personne n'a évoqué explicitement et spontanément la notion de conservation de l'énergie et encore moins celle d'entropie. Cela semble indiquer que la *partie physique du monde des théories et des modèles* est peu mobilisée. mktro_a a parlé de la conservation de l'énergie et de l'entropie (qui lui paraît moins importante) mais seulement après qu'on lui a demandé si des lois régissaient les transformations énergétiques. Hors entretien, info_h a confirmé se souvenir des principes de la thermodynamique vus en classe préparatoire mais qui ne lui sont pas venus en tête lors de l'entretien. spen_a a dit que l'énergie ne pouvait pas « *venir de nulle part* ».

Personne n'a cependant évoqué de croyances en opposition avec ces deux principes sauf 2sep_m qui a dit qu'on « *peut toujours réutiliser, notre source d'énergie pour recréer de l'énergie* » (ce qui peut être contradictoire avec le second principe). spen_l a qualifié les énergies renouvelables comme l'éolien d'inépuisables ce qui n'est pas faux d'un point de vue humain mais pourrait être mal interprété du point de vue de la conservation de l'énergie comme évoqué dans l'analyse épistémologique.

On constate que la *partie physique* du monde des théories et des modèles est très peu mobilisée pour définir l'énergie par les personnes n'ayant pas eu de cours de physique après le baccalauréat. Pour celles-ci, des vestiges de cours de physique ou d'enseignement scientifique ont pu être évoqués au cours de ces entretiens. Ces souvenirs mêlés aux conceptions de la vie courante mènent à des définitions vagues ou confuses mais pas totalement fausses :

[2sep_m] 09:21 : *que il y a une source, euh, donc, quelconque, que ce soit un combustible ou autre, euh, par une transformation, euh, quelle qu'elle soit, va produire de l'énergie et l'énergie, ça va nous servir, ben, à, euh, ben, créer du mouvement, par exemple, ou, euh, créer, euh, pas forcément du mouvement, mais autre chose.*

[dem_l2] 13:09 *C'est compliqué. Je dirais que c'est une ressource qu'on utilise pour faire des choses, c'est une ressource primaire dans le sens où c'est quelque chose de brut qu'on utilise pour faire d'autres choses après.*

Pour d'autres, les notions d'énergie, de force et de mouvement sont confondues :

[dem_11] 15:35 Alors, qu'est-ce que c'est que l'énergie ? C'est quelque chose qui permet de mettre en mouvement. Oui, parce que même l'énergie physique, si tu fais, tu bouges quelque chose, je ne sais pas... {OK.} C'est une force qui permet de transformer, qui se transforme en tout cas.

[spen_a] 00:19:39 Pour moi, l'énergie, évidemment, tu as tout ce qui est énergie électrique avec l'hydraulique, tout ce qui va être aussi solaire, éolienne, machin. Il y a aussi tout ce qui va être sur nucléaire. C'est de l'énergie en soi qui se dégage du truc. Tout ce qui est soleil aussi. Le soleil, c'est une boule d'énergie. Une définition propre de l'énergie, je vois comme une force, mais je ne saurais pas dire autre chose. Je ne saurais pas dire la nature de la force, mais comme une force qui est vectrice de force.

L'unicité même du concept d'énergie est parfois remise en question :

[2sep_m] 08:19 Alors, ben, j'avoue que, en sciences du sport, en définition de ce que c'est l'énergie, donc, je ne sais pas si c'est vraiment la même, mais, ben, c'est dur en vrai.

[dem_12] 16:53 Alors du coup on parle d'énergie qui sont enfin qui sont différentes parce que là on parle soit de enfin en fait c'est un peu compliqué à comparer quoi, non ?

Évaluation quantitative de l'énergie

La question 8 demandait de classer des actions en fonction de leur consommation d'énergie (parcourir 100 km en voiture, faire bouillir 1L d'eau, allumer une lampe 1h, faire monter un adulte en ascenseur sur 3 étages). spen_1 n'a initialement pas été capable de proposer un classement car elle ne savait pas comment fonctionnent les systèmes évoqués :

[spen_1] 00:15:33 Aucun critère. En fait, pour moi, j'ai aucune notion de comment, par exemple, l'ascenseur utilise de l'énergie.

Ce blocage serait donc situé dans la *partie technique* du monde des objets et des événements car lié à une méconnaissance du fonctionnement théorique d'objets techniques. Il lui a été alors proposé de raisonner différemment en essayant de classer les items en fonction de leur difficulté à les réaliser si la source d'énergie est un être humain. Le déplacement de point de vue dans la *partie social et quotidien* du monde des objets et des événements, a permis à spen_1 de proposer un classement complet basé sur un raisonnement plutôt qu'en donnant des réponses au hasard comme elle avait fait auparavant. Cela n'a pas pour autant conduit à des miracles puisqu'elle a mal classé la bouilloire, comme tous les autres étudiant·e·s (voir Tableau 3). Cela illustre cependant la possibilité de traiter un même problème dans différentes parties des deux mondes en fonction du profil de la personne.

TABLEAU 3

Classement des consommations d'énergie des étudiants. Les cases vertes correspondent aux résultats attendus

Classement	2sep_1	2sep_m	dem_11	dem_12	info_h	mktro_a	spen_a	spen_1
Voiture 168 MJ	1	1	1	1	1	1	1	1
Bouilloire 334 kJ	3	4	4	4	3	3	3	3
Lumière 18 kJ	4	2	2	3	2	4	4	2
Ascenseur 8 kJ	2	3	3	2	4	2	2	4

La moindre valeur accordée par l'ensemble des étudiants à l'énergie consommée par une bouilloire peut être vue comme une prise en compte intuitive du second principe de la thermodynamique : la chaleur est une énergie plus « facile » à produire que du mouvement ou de la lumière et est donc jugée de moindre valeur (une conception donc plus qualitative que quantitative de l'énergie).

Niveau de connaissance estimé sur les questions énergétiques

Alors que mktro_a est objectivement celui qui a témoigné le plus de connaissances sur les questions énergétiques, il ne s'est pas déclaré plus compétent que les autres. Une explication possible pourrait être que mktro_a a du mal à faire le lien entre, d'une part, les connaissances physiques et technologiques que lui apporte sa formation et, d'autre part, le sujet de la transition énergétique. Ces connaissances peuvent même le pousser à complexifier inutilement certains problèmes. Pour estimer l'énergie consommée par un ascenseur montant une personne, il s'embrouille dans des détails :

[mktro_a] 08:51 « Pour l'ascenseur, si on fait un PFD, qu'on remonte tranquillement et qu'on connaît du coup le moteur d'origine, je pense qu'on peut y remonter aussi, mais il faut connaître le moteur du coup. {Ok.} Et du coup, certaines caractéristiques, aussi comment c'est conçu, la chaîne d'engrenage, la chaîne de transmission. Mais du coup, si on connaît les fondements et tout ça, je pense qu'on peut remonter l'énergie. »

Le PFD (principe fondamental de la dynamique) est un outil physique et mathématique beaucoup plus lourd qu'un raisonnement basé sur un simple gain d'énergie potentielle de la personne (produit de la masse de la personne par l'accélération de pesanteur par la hauteur gagnée, m.g.z pour les intimes). Quand nous lui avons proposé ce raisonnement, cela ne l'a pas convaincu :

[mktro_a] 17:30 Je ne sais pas si m.g.z, ce n'est pas un peu réducteur du coup.

[Int] 17:35 En même temps, le truc, c'est que...

[mktro_a] 17:38 Tu vois, là, j'ai un gros problème avec ça. C'est que...

[Int] 17:40 Comme tu as un contrepoids et tout.

[mktro_a] 17:42 Moi, j'ai un gros problème avec ça ... Ah, je ne sais pas. Parce que là, du coup, tu prends les 400 kilos. Ouais. Mais tu oublies du coup la masse de l'ascenseur.

[Int] 17:45 Ouais. Mais normalement, tu as un contrepoids. Normalement, tu n'es pas censé faire la...

[mktro_a] 17:47 Je ne suis pas sûr, en vrai. Je ne sais pas. {De toute façon...} Je vois, je vois. Mais je vois l'idée. Mais je ne sais pas si m.g.z, ce n'est pas un peu réducteur quand même.

Cela laisse à penser qu'une connaissance des outils mathématiques et physiques relatifs à la partie *physique* du monde des théories et des modèles n'est pas forcément un atout et peut même être un handicap pour débattre de la question de la transition énergétique, si elle n'est pas suffisamment maîtrisée.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Plusieurs nuances doivent être apportées aux résultats obtenus. Les étudiants interrogés ne sont pas assez nombreux ni même représentatifs des étudiant·e·s de l'ENS Rennes et encore moins des étudiant·e·s en général pour que l'on puisse généraliser les résultats obtenus.

Comme attendu, pour l'ensemble des étudiants, la notion d'énergie est « nébuleuse ». En réponse à notre question de recherche Q1, nous pouvons affirmer que les étudiants

mobilisent très peu la partie *physique* du monde des théories et des modèles, préférant s'appuyer sur le monde des objets et des événements, que ce soit dans ses parties *technique* ou *social et quotidien*. En réponse à la question Q2 nous n'avons pas identifié de représentation de la notion d'énergie qui soit en contradiction totale avec la partie *physique* du monde des théories et des modèles (conservation de l'énergie, création d'entropie). Ils auraient ainsi une connaissance intuitive des principes de la thermodynamique, a minima celui de la conservation de l'énergie, (*[spen_a] 21 :46 l'énergie, elle vient pas de nulle part*). Cette méconnaissance de la théorie et des modèles scientifiques ne fait donc pas obstacle à une participation au débat sur la transition énergétique mais explique sans doute pourquoi ils se sentent tous peu·euses des questions énergétiques et donc peu légitimes à participer à ce débat.

Une meilleure connaissance des théories et modèles scientifiques ne serait pas forcément un atout pouvant même, comme on l'a vu dans le cas de *mktr_o_a*, rendre les choses encore plus confuses si mal maîtrisée. Il est, en revanche, pour tous·te·s, indispensable de fournir des ordres de grandeurs et des méthodes de calcul de ces ordres de grandeurs issues de la *partie technique* du monde des objets et des événements. C'est vraisemblablement l'éclairage qui leur manque pour oser participer à ce débat et « désacraliser » l'aspect scientifique et technique de la transition énergétique. Cela permettrait de remettre le débat sur l'énergie entre les mains des citoyen·ne·s potentiellement plus à même que les experts en sciences et techniques, de prendre en compte les impacts sociaux et quotidiens qui leur sont plus familiers. Un tel apport de connaissance permettrait de tendre vers une éducation scientifique, citoyenne, humaniste, politique comme le préconisent Simonneaux et Simoneaux (2014).

RÉFÉRENCES

- Abdul-Aziz J., Lange, J.-M., & Barthes, A. (2019). Importance du référent dans une démarche d'analyse curriculaire : L'exemple de l'éducation à l'énergie et à la transition énergétique. *Éducatives*, 3(1). https://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_edu19v3n1_c.pdf.
- Babarit, A., Pinon, G., Achard, J.-L., & Corre, C. (2024). Énergies océaniques. *Reflets de la Physique*, 77, 86-91. <https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2024/01/efdp2024-77.pdf>
- Feynman, R. (1965/1980). *La nature de la physique*. Paris: Seuil.
- Fresso, J.-B. (2024). *Sans transition. Une nouvelle histoire de l'énergie*. Paris: Seuil.
- Grenier, D., Texier-Picard, R., & Voisin C. (2024). Éducation à la transition énergétique : Analyse de l'impact d'un dispositif pédagogique sur les représentations étudiantes. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 30, 87-112. <https://doi.org/10.4000/13q1e>.
- Guedj, M., & Mayrargue, A. (2014). Éclairages historiques sur l'émergence du concept d'énergie. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 35-61. <https://doi.org/10.4000/rdst.925>.
- Hervé, N., Venturini, P., & Albe, V. (2014). La construction du concept d'énergie en cours de physique : analyse d'une pratique ordinaire d'enseignement, *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 123-151 <https://doi.org/10.4000/rdst.942>.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023, Synthesis Report Summary for Policymakers*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.
- Laberge, Y. (2021). Cinq types d'étudiants adultes quant à leur rapport à l'environnement - L'approche wébérienne de l'idéal-type. *Éducation relative à l'environnement*, 16(1). <https://doi.org/10.4000/ere.7243>.

Legardez, A. (2017). Propositions pour une modélisation des processus de didactisation sur des Questions Socialement Vives. *Sisyphus - Journal of Education*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.25749/sis.11936>.

RTE. (2021). *Futurs énergétiques 2050, Principaux résultats*. https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/Futurs-Energetiques-2050-principaux-resultats_0.pdf.

Simonneaux, L., & Simonneaux J. (2014) Panorama de recherches autour de l'enseignement – apprentissage des QSV liées à l'environnement et l'agronomie. *Revue francophone du développement durable*, 4, 109-126.

Taillet, R., Villain, L., & Febvre, P. (2018). *Dictionnaire de physique*. De Boeck Supérieur.

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314. <https://doi.org/10.1080/09500690902874894>.

Veillard, L., Tiberghien, A., & Vince, J. (2011) Analyse d'une activité de conception collaborative de ressources pour l'enseignement de la physique et la formation des professeurs. *Activités*, 8(2). <https://doi.org/10.4000/activites.2627>.

Voisin, C., Grenier, D., & Texier-Picard, R. (2023). Représentations étudiantes relatives à la transition énergétique. *Mediterranean Journal of Education*, 3(2), 57-75.