



HAL
open science

Méta-conception d'un jeu pour aborder l'évolution du vivant en classe.

Magali Coupaud, Corinne Jégou, Pascale Brandt-Pomares, Jérémy Castéra, Hélène Cheneval-Armand, Claire Coiffard Marre, Julie Gobert, Sabrina Marchi, Miguel Rotenberg, Eric Tortochot, et al.

► To cite this version:

Magali Coupaud, Corinne Jégou, Pascale Brandt-Pomares, Jérémy Castéra, Hélène Cheneval-Armand, et al.. Méta-conception d'un jeu pour aborder l'évolution du vivant en classe.. l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies, Mar 2021, Bruxelles, Belgique. hal-03698202

HAL Id: hal-03698202

<https://hal.science/hal-03698202v1>

Submitted on 17 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MÉTA-CONCEPTION D'UN JEU POUR ABORDER L'ÉVOLUTION DU VIVANT EN CLASSE

Coupaud, Magali¹ ; Jégou, Corinne¹ ; Brandt-Pomares, Pascale¹ ; Castera, Jérémy¹
Cheneval-Armand, Hélène¹ ; Coiffard Marre, Claire¹ ; Gobert, Julie¹ ; Marchi, Sabrina¹
Rotenberg, Miguel^{1,2} ; Tortochot, Éric¹ ; Delserieys, Alice¹
1UR4671 ADEF, Aix-Marseille Université, France
2Playtime, France

Résumé : Cette communication présente les fondements épistémologiques et les premières étapes de conception d'un jeu qui vise à aborder l'évolution du vivant en classe. L'objectif de ce jeu est d'engager des élèves de collège dans la manipulation du concept de hasard impliqué dans les mécanismes de l'évolution (mutations, dérive génétique et sélection naturelle). L'objectif de cette communication est de discuter des choix qui sous-tendent le design d'un jeu basé sur le concept pluriel de hasard en lien avec l'évolution du vivant.

Mots-clés : Évolution du vivant, hasard, enseignement-apprentissage, jeu éducatif

DESIGN A GAME TO ADDRESS THE EVOLUTION OF LIFE IN THE CLASSROOM

Abstract : This communication presents the epistemological foundations and the first stages of design of a game with the aim to approach the evolution of life in class. The objective of this game is to engage middle school students in the manipulation of the three concepts of randomness involved in the mechanisms of evolution (mutations, genetic drift and natural selection). The goal of this paper is to discuss the choices that underline the design of a game based on the plural concept of randomness in relation to evolution.

Keywords : Evolution of life, randomness, teaching-learning, educational games

INTRODUCTION

La théorie de l'évolution occupe une place centrale dans la biologie moderne et constitue également un enjeu pédagogique pour comprendre la biodiversité et les risques associés à l'activité humaine afin de la préserver. Cependant, malgré un large consensus au sein de la communauté scientifique, la théorie de l'évolution reste, aujourd'hui, controversée lorsque les débats se situent à l'intersection de la sphère scientifique et de la sphère privée.

En France, dès l'école primaire, plusieurs conceptions de l'évolution du vivant sont identifiées. Les élèves peuvent exprimer des idées non évolutionnistes et fixistes, acceptent une transformation possible des espèces, mais rejettent une origine commune (Jégou, 2011). Au secondaire, les lycéens reconnaissent l'existence d'un monde passé et des extinctions possibles. Cependant, ils ont souvent une vision anthropocentrée qui les empêche d'accepter l'évolution (Fortin, 2010).

Au collège, une étude quantitative de l'acceptation et de la compréhension de l'évolution du vivant des élèves, a montré que plus du tiers des élèves interrogés rejettent l'évolution des espèces vivantes, quels que soient l'espèce considérée et le niveau de classe. Leurs croyances religieuses influencent fortement leur degré d'acceptation (Coupaud, 2018). Par ailleurs, les élèves qui montrent une faible compréhension des mécanismes évolutifs expriment généralement une idée floue ou un rejet de l'idée de phénomènes aléatoires dans des situations quotidiennes (ibid., 2018).

Aussi, la complexité de la théorie et les controverses sociales existantes sont autant d'obstacles pouvant empêcher les élèves d'accepter et de comprendre la théorie de l'évolution (Shtulman, 2006 ; Nadelson & Southerland, 2012 ; Yasri & Mancy, 2014 ; Wolfs *et al.*, 2017) et, par conséquent, rendent son enseignement difficile (Coquidé *et al.*, 2008). Une des difficultés de compréhension peut résider dans la place et le rôle que joue le hasard dans les mécanismes évolutifs. En effet, l'évolution du vivant est un processus contingent qui convoque différentes formes de hasard. Merlin (2013) et Fiedler *et al.* (2018) soulignent l'importance de renforcer les connaissances communes en biologie et en mathématiques, en considérant le concept de hasard comme un « concept seuil » pour comprendre l'évolution. Dans ce contexte, le projet EGRESS (Educational Game about Randomness & Evolution for Students in Science) développe un jeu éducatif dont l'objectif est d'engager des élèves de collèges à manipuler différentes formes de hasard, en lien avec l'évolution du vivant.

Cette communication propose un focus sur l'analyse épistémologique a priori du prototype élaboré dans le cadre du projet. Cette analyse s'inscrit dans un processus de recherche plus large qui s'appuie sur un travail de méta-conception (Ardito *et al.*, 2015) d'un jeu impliquant divers acteurs (chercheurs en sciences de l'éducation, spécialistes de didactiques scientifiques (sciences de la vie et de la Terre, sciences physiques, mathématiques) et technologiques (enseignements professionnels, design), une ingénieure d'étude et un game-designer). De ce fait, le travail présenté ici ne s'ancre pas dans une recherche didactique d'analyse a posteriori d'un dispositif didactique donné, mais s'appuie sur des fondements didactiques considérant l'épistémologie du concept de hasard dans l'évolution du vivant, les conceptions des élèves repérées dans la littérature et les fondements relatifs au design des jeux pour repérer les contraintes et les choix opérés par les acteurs dans la conception d'un dispositif didactique.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

MÉCANISMES ÉVOLUTIFS ET HASARD

L'histoire du vivant sur Terre a été rendue possible par l'existence de variations au sein des espèces et « toute la vie sur Terre apparaît comme un fragile équilibre entre la conservation et le changement » (Combes, 2010, p. 81). Au travers du développement de sa théorie sur la sélection naturelle, Darwin (1992) avait déjà compris l'importance de la variabilité au sein d'une espèce, variabilité qui favorise l'adaptation et la survie du plus apte. Cette variabilité est générée par « quatre forces évolutives » : les mutations, la dérive génétique, la sélection naturelle et la migration (Olivieri, 2010).

Gayon (2005) et, à sa suite, Merlin (2013) se sont intéressés aux liens entre théorie de l'évolution du vivant et concept du hasard. Gayon (2005) identifie « trois significations possibles du mot « hasard » : la chance, l'aléatoire, et la contingence par rapport à un système théorique donné » (p. 528). Dans un processus évolutif, le hasard au sens de « chance » est associé à des mutations conduisant à des innovations génétiques. La mutation d'un gène peut être considérée comme fortuite à l'échelle de l'individu, en ce sens qu'elle n'est associée à aucune finalité. Les mutations ne constituent ni un avantage ni un désavantage a priori pour les individus, mais peuvent le devenir si l'environnement change.

Le deuxième sous-concept de hasard qui intervient dans l'évolution du vivant, l'aléatoire, renvoie à une approche statistique et est introduit avec des probabilités aléatoires, notamment associées au mécanisme de dérive génétique à l'échelle de la population. En effet, si l'on considère une génération de parents ayant des caractéristiques génétiques connues, la fréquence allélique de la génération suivante n'est pas strictement déterminée mais dépend des lois de probabilité selon la taille de la population initiale. Ainsi, les variations au sein d'une espèce ou d'une population sont indépendantes de l'environnement. La prise en compte de l'aléatoire dans l'évolution du vivant permet de dépasser une vision déterministe. Le troisième sous-concept de hasard, la contingence, représente un mécanisme combinant des événements fortuits, contingents dans une perspective historique. En effet, la sélection naturelle d'une variation à l'échelle de la population provient de la rencontre de séries causales indépendantes : la présence de facteurs externes (la modification de l'environnement, par exemple) et la variation interne à l'organisme, variation qui aurait pu rester inaperçue. Ce type de hasard joue un rôle majeur dans les processus d'évolution en supprimant toute idée d'intentionnalité. C'est un aspect important pour surmonter l'obstacle épistémologique du finalisme.

Décliné sous ses trois aspects, le hasard peut alors être considéré comme la source de la variabilité intraspécifique. Par ailleurs, Fielder *et al.* (2018) définissent le concept d'évolution du vivant comme un réseau de concepts-seuils¹ interconnectés (temps, espace, probabilité et hasard) et considèrent le concept de hasard comme une passerelle conceptuelle qui permet d'accéder à la compréhension de l'évolution du vivant (« Threshold concept »).

ÉVOLUTION DU VIVANT ET HASARD POUR DES ÉLÈVES DE COLLÈGE

L'élaboration d'un questionnaire (Coupaud, 2018) a permis d'explorer le lien entre la façon dont
1 Les concept-seuils se définissent comme des concepts abstraits sous-jacents à une théorie qui, une fois surmontés, favorisent l'accès à une nouvelle manière de penser et non comme de simples éléments constitutifs de la compréhension d'une théorie (Fielder, 2018).

les collégiens comprennent l'évolution du vivant et celle dont ils appréhendent le hasard. Une majorité des élèves interrogés expriment un large accord avec une définition du hasard associée au destin, chance ou malchance, conception qui ne semble pas dépendre du niveau de classe. Une telle conception est liée à une faible acceptation de l'évolution, surtout dans le cas de l'évolution humaine, et se traduit par une idée finaliste forte de l'évolution. Un autre résultat est la faible prise de conscience que les élèves expriment au sujet de la pensée probabiliste dans les situations quotidiennes. À l'instar de Savard et Manuel (2016), cela suggère qu'un enseignement de la pensée probabiliste avec les élèves devrait être développée et non limitée à l'enseignement des mathématiques. Cette étude met en évidence un lien entre l'accord des élèves avec la pensée probabiliste et l'accord des élèves avec la pensée évolutionniste. On retient de cette étude, l'importance de développer une appréhension du hasard « aléatoire » pour faciliter l'accès à la compréhension de la transmission des traits biologiques au fil des générations successives.

Par ailleurs, des recherches didactiques ont montré qu'un raisonnement à l'échelle de l'individu pouvait faire obstacle à la compréhension de l'évolution du vivant qui nécessite une pensée populationnelle probabiliste chez des collégiens (Gobert, 2014).

Au regard de ces obstacles, nous orientons notre réflexion sur la dimension populationnelle de l'évolution du vivant. Seuls les deux sous-concepts de hasard que sont l'aléatoire et la contingence, nourrissent les mécanismes explicatifs de l'évolution du vivant à l'échelle de la population. Ainsi, le prototype du jeu mobilise ces deux sous-concepts.

DES JEUX POUR EXPLIQUER L'ÉVOLUTION DU VIVANT

Dans le cadre du projet EGRESS, nous souhaitons aborder le concept de hasard avec des collégiens par le biais d'un jeu de plateau. Le hasard est intrinsèquement lié au jeu, du fait de l'incertitude du joueur quant au résultat (Solinski, 2015). Une grande partie du plaisir de jouer réside dans cette incertitude. Il n'y a pas, aujourd'hui, de consensus strict sur ce qui définit un jeu (Schmoll, 2011) mais certaines caractéristiques sont utiles dans le contexte de l'enseignement scientifique :

- c'est un espace de transition entre le virtuel et la réalité. En tant que tel, il présente des similitudes avec le monde réel, mais aussi des différences suffisantes pour préserver l'acteur ou pour donner au joueur l'accès à certaines caractéristiques du monde réel autrement trop complexes. En d'autres termes, il renvoie à une modélisation dans un contexte scientifique ;
- il offre un espace où il est possible d'expérimenter. Les échecs n'ont pas de conséquences irrémédiables. Ainsi, en classe de sciences, les erreurs doivent être considérées comme un levier pour apprendre ;
- il crée un contexte qui incite les joueurs à participer pleinement à l'activité proposée, en se référant au concept de flow en psychologie (Alvarez et al., 2016).

Il existe, dans le commerce, plusieurs jeux en lien avec l'évolution du vivant tels que le jeu de plateau « Évolution » (West, 2015) ou le jeu vidéo « Spore » (Sanchez & Prieur, 2009). Cependant, ces jeux adoptent un modèle finaliste des processus évolutifs où les joueurs contrôlent comment et quand les créatures évoluent, laissant peu d'espace pour des processus aléatoires à expérimenter.

L'objet de cette communication est de présenter et de discuter des choix épistémologiques qui sous-tendent le design d'un jeu permettant de faire manipuler aux collégiens différents sous-

concepts de hasard, en lien avec les mécanismes évolutifs sous-jacents. Elle s'inscrit dans un projet plus large de méta-conception du jeu intégré à une intervention didactique en classe (Ardito *et al.*, 2015) et s'appuie sur une analyse épistémologique a priori du dernier prototype au moment de cette communication.

IMPLICATIONS POUR LE DESIGN D'UN JEU SUR L'ÉVOLUTION DU VIVANT

DESCRIPTION DU PROTOTYPE

La conception du prototype, décrit ci-après, est le résultat d'un travail plus large qui s'appuie sur l'analyse des réunions de travail vidéo-enregistrées des membres de l'équipe, de tests effectués avec des publics différents (experts en jeu, adolescents) et d'une analyse a priori des savoirs en jeu. Cette communication se focalise sur les éléments de l'analyse a priori.

Le prototype est un jeu de plateau composé de tuiles représentant quatre types de territoires (mer, montagne, jungle, forêt) dans lesquels des populations d'animaux, représentées par des dés de couleur, sont amenées à évoluer (figure 1a). Chaque territoire comporte plus ou moins de ressources nutritives (viande, plante, fruit, insecte, matière organique morte). Les joueurs ont pour rôle d'observer l'évolution d'une population d'une espèce chimère qu'ils ont sélectionnée en qualité de scientifiques. Trois caractéristiques (la forme du bec, la couleur de la peau, l'élément existant au bout des pattes) de la population en charge des joueurs sont choisies en début de jeu, à partir de deux variants possibles par caractéristique. Ce choix est facilité par une représentation schématique des différents variants sur des cartes « caractéristique » (figure 1c), accompagnée d'un texte explicatif et d'une indication sur les territoires et les ressources favorables pour son développement. À chaque carte est attribué un jeton de forme et de couleur différentes (figure 1c). D'autres variants pour chacune des caractéristiques seront dévoilés au cours du jeu. Les jetons seront jetés dans une tour² représentant la reproduction aléatoire de la population sur plusieurs générations (figure 1d).

Le jeu démarre par un court récit introductif : « Vous êtes des scientifiques en charge d'une population d'une même espèce. Cette population a trois caractéristiques communes (4 pattes, une peau colorée, un bec) mais présente des variants pour ces caractéristiques. Vous allez vous répartir cette population en choisissant chacun une sous-population avec des variants différents. Votre objectif est de permettre à votre sous-population d'évoluer en une espèce différente qui ne ressemble plus du tout à la population de départ ». Les joueurs positionnent devant eux les jetons correspondants aux variants choisis pour chacune des trois caractéristiques, sur la « feuille population » (figure 1b).

À chaque tour de jeu, six étapes se succèdent :

1. la préparation des jetons qui seront lancés dans la tour : un exemplaire de chaque jeton et un jeton supplémentaire par ressource et territoire, représentés sur la carte caractéristique correspondant aux jetons ;
2. le tirage des jetons par la tour (figure 1d) : les jetons préparés en amont sont jetés dans la tour à deux reprises. La tour n'étant pas vidée entre chaque tirage, des jetons du joueur précédent peuvent ressortir ;
3. la récupération des jetons : les joueurs en tant que scientifiques sélectionnent

² Cette tour, inspirée de la tour du jeu de société « Shogun » (Derk Henn, Queen Games), permet, lorsque des jetons sont lancés dedans, d'en bloquer certains ou d'en laisser tomber d'autres précédemment bloqués.

les parties de population qu'ils souhaitent voir évoluer. Pour cela, ils récupèrent les jetons par paquet de 3, correspondants aux trois caractéristiques (figure 1b). Ils doivent effectuer un maximum de combinaisons différentes. À l'issue de ce tri, s'il ne manque qu'un seul jeton pour constituer une combinaison différente, les joueurs piochent une carte « caractéristique » correspondant au jeton manquant. Les jetons surnuméraires sont éliminés ;

4. la personnalisation de la population à partir des cartes « caractéristique » : chaque joueur dessine les différents variants des trois caractéristiques de sa population (par exemple : long bec, peau jaune, sabot) et imagine une histoire qui inscrit les changements dans un temps long ;
5. la migration : chaque équipe peut décider de déplacer sa population vers un autre territoire. Cette étape peut conduire à la rencontre entre populations de différentes équipes. Si deux populations se rencontrent, le tirage des jetons au tour suivant se fait en commun. Les joueurs récupèrent les jetons à tour de rôle comme précédemment, pour constituer leurs nouveaux variants de population ;
6. le tirage aléatoire de cartes « évènement » (modification climatique, apparition d'une maladie ...) susceptibles d'impacter les populations.

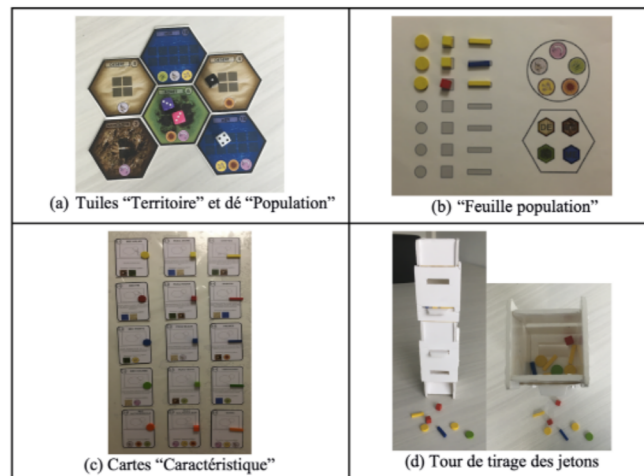


Figure 1. : Photographies du prototype du jeu sur le hasard en lien avec l'évolution du vivant.

ANALYSE A PRIORI DU JEU ET DES MÉCANIQUES DE JEU RETENUES

La réflexion dans le cadre du projet EGRESS s'inscrit dans une dimension populationnelle ; la population étant pris au sens de structure intermédiaire entre l'individu et l'espèce (Mayr, 1989). Le développement du jeu s'appuie sur les deux sous-concepts du hasard, aléatoire et contingence, qui interviennent dans les mécanismes évolutifs à un niveau populationnel, dans l'objectif de les rendre explicite auprès des élèves.

Une analyse a priori de la place du hasard dans le jeu et de sa traduction en termes de mécaniques de jeu, est présentée en annexe 1. Elle permet de relier étapes de jeu, sous-concept de hasard mobilisé et mécanismes évolutifs abordés.

Le hasard « aléatoire » intervient à différents moments d'un tour de jeu :

- Lors du tirage par la tour, tirage modélisant la fixation ou non de variants des trois caractéristiques au sein de la population. Cette fixation dépend de la répartition

aléatoire des allèles au cours de la reproduction. Lorsqu'un variant d'une des caractéristiques est moins avantageux, il est moins représenté dans la population et tend à disparaître ;

- Lors du tirage d'une nouvelle carte « caractéristique » modélisant la fixation de nouveaux variants dans la population, issus de mutations ou de l'expression d'allèles récessifs ;
- Lors du tirage d'une carte « évènement » modélisant les possibles changements d'environnement.

Le hasard « contingence » est convoqué lors de la préparation des jetons pour le tirage par la tour. En effet, cette phase modélise la rencontre de deux évènements aléatoires indépendants :

- La fixation d'un variant d'une caractéristique dans la population lors du tirage par la tour ;
- L'attribution aléatoire des ressources d'un territoire lors du tirage d'une carte « évènement ».

La préparation des jetons imposée par la correspondance caractéristique/ressources des territoires, modélise ainsi le caractère contingentiel de la sélection naturelle de certaines caractéristiques au cours du temps, selon les avantages adaptatifs qu'elles confèrent à l'espèce. Ainsi, la partie de la population ayant des caractéristiques avantageuses, génère plus de copies de ses variants à la génération suivante, et inversement (Fielder *et al.*, 2018).

DISCUSSION

Le jeu en cours d'élaboration intègre deux des trois sous-concepts du hasard définis par Gayon (2005). Ils se retrouvent, dans le jeu, au sein d'un même tour de jeu. L'analyse a priori du prototype permet d'identifier deux points de vigilance :

- le jeu, comme tout modèle, a pour principal rôle de simplifier les faits afin de les rendre préhensibles pour les élèves (Bressoux, 2010). Il convient de garder une correspondance acceptable entre les éléments du modèle et la réalité des faits modélisés. La récurrence des mécaniques de jeux, lors de chaque tour, permet aux élèves de manipuler les sous-concepts de hasard en lien avec les mécanismes de l'évolution du vivant ;
- la notion d'un temps long, indispensable à la compréhension de l'évolution du vivant, doit être visible dans le jeu. Chaque tour de jeu est associé à une période de temps, matérialisée dans le jeu par des tirages successifs par la tour. Le jeu propose ainsi aux élèves une évolution d'une espèce commune par la manipulation du temps à différentes échelles et modélise des changements au sein de la population de générations en générations.

L'analyse du prototype révèle les limites de la modélisation :

- une limite liée à une confusion possible entre les niveaux individuel et populationnel, au moment de la réalisation des combinaisons lors de l'étape (3), mais également entre les niveaux « allèle », « gène », « caractéristique » lors de la manipulation des cartes « caractéristique » ;
- une limite liée à la correspondance entre les cartes « caractéristique » nouvellement tirées lors de l'étape (3) et les ressources du territoire sur lequel est positionné le joueur ;

- une limite liée à une non-perception du temps long, le jeu ne permettant pas de le manipuler au-delà deux tirages successifs par la tour lors de l'étape (2).

Ces limites, ainsi identifiées, devront être modérées lors de la conception du prototype à venir et intégrées dans la réflexion sur le rôle de l'enseignant dans une perspective didactique. En effet, la prise de conscience du rôle du hasard dans l'évolution du vivant et les limites de la modélisation nécessitent une intervention didactique qui se fera lors d'un temps d'analyse accompagné par l'enseignant.

Dans la suite du projet EGRESS, l'évolution du prototype se fera sur la base de tests auprès des publics-cibles :

- des enseignants afin de définir leur rôle dans le dispositif didactique ;
- des élèves de collège afin de mesurer l'efficacité du jeu. Autrement dit, le jeu permet-il à des collégiens de mieux comprendre pourquoi il est difficile de prédire avec précision comment et quand la vie évolue et d'accepter ainsi les incertitudes inhérentes aux propositions scientifiques pour expliquer l'histoire de la vie sur Terre.

BIBLIOGRAPHIE

- Alvarez, J., Djaouti, D. & Rampnoux, O. (2016). *Apprendre avec les serious games ?* Canopé éditions.
- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M. F., Lanzilotti, R., Piccinno, A. & Zhu, L. (2015). On the transferability of a meta-design model supporting End-User Development. *Universal Access in the Information Society*, 14(2), 169-186.
- Bressoux, P. (2010). *Modélisation statistique appliquée aux sciences sociales*. Bruxelles : de Boeck.
- Combes, C. (2010). *Évolution : les grandes questions*. Éd. le Pommier.
- Coquidé, M., Tirard, S. & Aroua, S. (2008). *L'évolution Du Vivant : Un Enseignement À Risque ?* Vuibert/ADAPT-SNES.
- Coupaud, M. (2018). *Évolution du vivant et hasard : étude quantitative des conceptions d'élèves de collège en France*. PhD diss. Aix-Marseille Université.
- Darwin, C. (1992). *L'origine des espèces* [1859]. Traduction. Paris: GF-Flammarion.
- Fiedler, D., Tröbst, S., Großschedl, J. & Harms, U. (2018). EvoSketch: Simple simulations for learning random and probabilistic processes in evolution, and effects of instructional support on learners' conceptual knowledge. *Evolution: Education and Outreach*, 11(1), 15.
- Fortin, C. (2010). *L'évolution à l'école : créationnisme contre darwinisme ?* Paris : Armand Colin.
- Gayon, J. (2005). Évolution et hasard. *Laval théologique et philosophique*, 61(3), 527-537.
- Gobert, J. (2014). *Processus d'enseignement-apprentissage de raisonnements néo-darwiniens en classes de Sciences de la Vie et de la Terre*. Thèse de doctorat, Université Caen-Basse-Normandie, 416 p.
- Jégou, C. (2011). Des élèves de 9-12 ans de l'école primaire française et l'évolution des espèces vivantes. *Review of Science, Mathematics And ICT Education*, 5(1), 81-96.
- Mayr, E. (1989). *Histoire de la biologie : diversité, évolution et hérédité*. Paris :

- Fayard.
- Merlin, F. (2013). *Mutations et aléas : le hasard dans la théorie de l'évolution*. Paris : Hermann.
- Nadelson, L. S. et Southerland, S. (2012). A More Fine-Grained Measure of Students' Acceptance of Evolution: Development of the Inventory of Student Evolution Acceptance. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1637-1666.
- Olivieri, I. (2010). *Génétique et évolution des populations et des métapopulations. Biologie évolutive*. Bruxelles : de Boeck.
- Sanchez, E. & Prieur, M. (2009). Spore, un jeu sérieux pour comprendre l'évolution biologique ? *Les Dossiers de l'ingénierie éducative*, 65, 18-21.
- Savard, A. & Manuel, D. (2016). Teaching statistics: creating an intersection for intra and interdisciplinarity. *Statistic Education Research Journal*, 15(2), 239-256.
- Schmoll, P. (2011). Sciences du jeu : état des lieux et perspectives. *Revue des Sciences sociales*, 45, 11-19.
- Solinski, B. (2015). *Ludologie : jeu, discours, complexité*. PhD diss. Université de Lorraine.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive psychology*, 52(2), 170-194.
- West, S. (2015). Education: How to win at evolution. *Nature*, 528(7581), 192-192.
- Wolfs, J.L., Garcia Redondo, E., Espejo Vilar, B., Lázaro Herrero, L., Delhaye, C., Ekan-ga, L., Koffi, G., Simsek, N., De Blasio, C. & El Adek, H. (2017). Conception sécu-larisé ou non-sécularisée de la science chez des élèves de sept pays. *Carrefours de l'Éducation*, 44(2), 84-99.
- Yasri, P. et Mancy, R. (2014). Understanding student approaches to learning evolu-tion in the context of their perceptions of the relationship between science and religion. *International Journal of Science Education*, 36(1), 24-45.