

Approcher la complexité des systèmes par des modèles environnementaux appréhendables, inspirants et transférables : applications en pédagogie

PAUL BOIS

ICUBE / ENGEES, 1 cour des cigarières F-67000 Strasbourg, paul.bois@engees.unistra.fr

OLIVIER HAMANT

Michel Serres Institute, RDP, IXXI, ENS de Lyon, UCBL, INRAE, CNRS, 46 Allée d'Italie, F-69364 Lyon Cedex
07, olivier.hamant@ens-lyon.fr

MARINE OLIVO

ENGEES, 1 cour des cigarières F-67000 Strasbourg, marine.olivo@engees.unistra.fr

TYPE DE SOUMISSION

Point de vue

RESUME

La situation environnementale actuelle peut être comprise comme la manifestation de pressions et dégradations s'exerçant sur un système complexe : la Terre. Afin de pouvoir former les étudiants aux nécessaires transitions à mettre en œuvre, il est nécessaire de les amener à analyser cette situation et donc d'étudier ce système complexe. L'appropriation de cette complexité passe par l'adoption de modèles environnementaux, simplifiés, formalisés, représentatifs et attrayants afin de former les professionnels de demain à des pratiques adaptables qui respectent les limites planétaires. Ce type de formation peut s'appuyer sur l'alignement pédagogique, une pédagogie active et des savoirs situés. L'exemple d'un enseignement sur les transitions, en cours d'élaboration, est utilisé à des fins d'explicitation.

SUMMARY

The present environmental situation can be seen as a result of pressures and disturbances on a complex system, the Earth. To teach students about mandatory transitions to come, a complex system approach is required successfully analyze this situation. Complexity understanding can proceed from the use of simplified, formalized, representative and appealing environmental models; all of this to teach tomorrow professionals to act in accordance with planetary boundaries. This type of teaching can be supported by pedagogical coherence, active pedagogy and situated knowledge. A new, currently in state of creation teaching within an engineering school is used to exemplify our point of view.

MOTS-CLÉS (MAXIMUM 5)

Dynamique des systèmes, propriétés émergentes, transition socio-écologique, pédagogie active, savoirs situés

KEY WORDS (MAXIMUM 5)

Systems dynamics, emergent properties, socio-ecological transition, active pedagogy, situated knowledge

Homer-Dixon et Rockström (2022) voient dans la simultanéité des crises actuelles plus qu'une simple coïncidence : si l'on raisonne à une échelle globale, elles apparaissent comme une conséquence logique d'interactions, c'est à dire une propriété émergente de la complexité d'un système soumis à de multiples pressions et dégradations. Une mission de service public de l'enseignement supérieur et de la recherche, dont nous dépendons, est la formation à ces questions environnementales. Pour expliquer les propriétés émergentes associées, cette formation doit mobiliser la théorie des systèmes complexes. Il est nécessaire de combler ce qui nous semble actuellement une lacune, notamment dans la formation des ingénieurs.

Pour changer la trajectoire d'un tel système soumis à de multiples pressions et dégradations, il ne s'agit plus d'en moduler certains paramètres à la marge (par exemple, jouer sur l'efficacité énergétique ou identifier de nouvelles ressources moins immédiatement accessibles) : modifier la cinétique d'un système ne change pas sa trajectoire. Au contraire, l'enjeu est de comprendre, questionner et finalement, changer la *structure* du système (par exemple, via le développement de la bioéconomie circulaire ou via le tout-réparable). L'enseignement en Sciences de l'Environnement se doit de fournir aux étudiants des outils pour expliquer et prendre en compte cette complexité notamment pour leur future pratique professionnelle. A quel niveau se situe cette complexité, pourquoi et comment l'approcher d'un point de vue pédagogique ? Ce sont les quelques points que nous allons développer dans ce qui suit.

Pour cela, nous nous appuyerons notamment sur la construction en cours d'un enseignement sur la transition envisagée d'un point de vue systémique, dans le cadre de la formation d'ingénieurs à l'Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES). Cette Unité d'Enseignement a pour objectif général "d'appliquer une démarche scientifique aux dynamiques environnementales pour interroger les paradigmes de la pratique d'ingénieur". En pratique, il s'agit d'accompagner les élèves-ingénieurs dans leur compréhension des socio-écosystèmes afin qu'ils prennent en considération la complexité de leurs fonctionnements et mesurent les effets des actions humaines dont les leurs.

A l'heure actuelle, de nombreuses initiatives autant institutionnelles (Grandes écoles, Universités, Éducation Nationale...) que non institutionnelles (Campus de la transition, Shift project...) s'emparent de ces questions pour en faire des objets de formation. A titre d'exemple, de nombreuses Unités d'Enseignement de la maquette de formation de l'ingénieur ENGEES abordent ces questions notamment au sein d'enseignements techniques ou sociologiques, néanmoins les évaluations des enseignements par les étudiants ont fait remonter un manque d'apports spécifiques au sujet des transitions. Dans le cas de l'ENGEES, la question n'est pas tant de modifier les enseignements qui abordent déjà ces questions mais de structurer l'offre de formation pour rendre visibles ces apports et créer des enseignements dédiés à l'étude de ces systèmes complexes.

1. Contexte général

On peut définir un système complexe comme un ensemble d'entités interagissant selon des lois simples, et sans leader. Par exemple, un nuage est un ensemble de gouttelettes d'eau dont l'interaction produit une diversité infinie de formes de nuage. De même, le corps humain est le produit d'interactions multi-échelle entre molécules, cellules, tissus et organes.

Ainsi la complexité biologique et physique (et donc des socio-écosystèmes) se déploie à un niveau structurel et à un niveau fonctionnel :

- Complexité structurelle du vivant : depuis les êtres unicellulaires dont la composition intègre un certain nombre d'organites jusqu'à un paysage regroupant différents écosystèmes (un fleuve, des zones humides adjacentes, une forêt qui s'étend sur la zone d'influence du fleuve), la structure de l'environnement est caractérisée par une large variété de composants (molécules chimiques, membranes, enzymes), et d'organisations (cellulaires, corporelles, biotopiques et biocénotiques ou sociales).
- Complexité fonctionnelle du vivant : la complexité bio-physico-chimique qui caractérise les êtres unicellulaires se propage et s'amplifie lorsque l'on augmente la hauteur de vue jusqu'à une échelle planétaire. A la complexité des processus stochastiques à l'échelle moléculaire (réaction enzyme-catalyseur, hydrolyse) s'ajoute la complexité des interactions à l'échelle globale (cycle de l'eau, interactions entre populations ou masses d'air par exemple).

Pour résumer, la complexité est une caractéristique de toutes les structures composées d'éléments en interaction, et donc du vivant, qu'il est nécessaire de prendre en compte a fortiori dans un objectif de formation des futurs professionnels. Les compétences que les étudiant.es doivent développer apparaissent ainsi comme des savoir-agir complexes, pour reprendre le cadre théorique de Tardif (2017), car elles font appel à des ressources internes et externes placées en synergie et en interdépendance ». Cela correspond à une mobilisation pertinente (complexité fonctionnelle) de différents savoirs (complexité structurelle).

2. Pourquoi approcher la complexité socio-écologique ?

L'intérêt d'approcher cette complexité, pour l'enseignement supérieur en général et l'ENGEES en particulier, s'appuie sur les objectifs suivants :

1. Objectif de connaissance fondamentale : la compréhension des dynamiques actuelles doit intégrer la complexité (cf. ci-dessus) des systèmes impliqués pour ne pas rester superficielle (la différence entre décrire et comprendre). Dans un parallèle notable, l'apprentissage en profondeur (sensu Romano 1991), qui nécessite notamment de relier les connaissances entre elles pour les structurer et leur donner du sens, offre un intéressant miroir de cette complexité des systèmes vivants et justifie la mobilisation d'un cadre théorique de la complexité.

2. Objectif académique (université et école d'ingénieur) : La compréhension du fonctionnement et de la dynamique des systèmes fait évoluer les apprenants de la compréhension vers l'analyse et la critique. Cette compréhension nécessite une approche systémique, par ailleurs indispensable à la pensée complexe et à la méthode scientifique. Réciproquement, sans approche systémique, le risque est de valoriser une sélection de faits pour justifier une théorie (par exemple, Garrett Hardin (1968) et sa théorie d'une tragédie de communs dominante, réfutée plus tard par Elinor Ostrom et sa méta-analyse de la gouvernance des biens communs (1999)). L'approche systémique garantit la distinction et la différence entre faits et opinions, éléments constitutifs de la démarche scientifique.
3. Objectif pédagogique : le fait d'entraîner les élèves-ingénieurs à manipuler la complexité de leur sujet d'étude leur permet de transposer leur analyse sur la complexité (comme définie précédemment) du système de formation. Aujourd'hui encore, des difficultés résident pour certains à faire le lien entre les différents éléments d'un programme de formation. Le fait qu'ils soient formés à appréhender la complexité d'un système permet de les aider à mieux appréhender le contenu de leur formation : voir les enseignements comme des ressources et parties d'un système complexe qui évolue et se recompose selon les objectifs professionnels.
4. Objectif professionnel : l'approche systémique permet d'identifier des solutions qui travaillent les interactions, avec des résultats souvent plus effectifs et moins coûteux. Toutefois, recourir à cette approche demande une appropriation préalable, le cerveau humain étant plutôt porté aux analyses immédiates, temporellement et spatialement (Kahnemann 2011 et Bohler 2019). L'enjeu est donc d'intégrer ces dynamiques à sa pratique professionnelle en changeant de paradigme, et travailler selon ce nouveau paradigme. Il va de soi que l'une des tâches de l'enseignement est de préparer ce terrain (former des transformateurs)

Dans le cadre de la conception d'une unité d'enseignement dédiée à l'ENGEES, faisant suite à i) un bilan des enseignements, ii) une concertation de certains enseignants et iii) un retour des étudiants, il a été mis en place un processus de co-construction autour de ces 4 objectifs. Une fois le principe de cette nouvelle UE validé, la première étape a été de réaliser des enquêtes auprès du public cible sur sa compréhension actuelle des systèmes complexes, de ses tenants et aboutissants dans le domaine de l'eau et de l'environnement (objectif 1) et de leurs projections académiques (objectif 2) et professionnelles (objectif 4). Le travail a ensuite été séquencé pour répondre à des échéances institutionnelles en sollicitant les acteurs pertinents sur chaque question et en utilisant des méthodes d'animation et de travail adéquates. Le cadre général et la méthodologie générale ont été réfléchis par l'enseignant responsable et l'ingénieur pédagogique avec notamment la mise en place d'une démarche participative (enseignants et étudiants) et une conception péda-go-centrée. Cette façon de procéder nous a permis de réfléchir collectivement à la façon la plus pertinente d'aborder la complexité des systèmes dans le parcours de formation d'ingénieur ENGEES.

3. Comment s'appropriier la complexité socio-écologique ?

Enseigner la complexité dans un cadre institutionnel peut paraître paradoxal : on utilise une structure organisée de façon hiérarchique et soumise à des règles parfois compliquées, pour expliquer les vertus de la complexité et ses propriétés qui émergent d'un fonctionnement entre constituants, sans leader et avec des règles simples. Pour résoudre ce paradoxe, nous proposons ici quelques pistes :

- (i) Passer d'un contenu exhaustif à un contenant incitant au cheminement : donner un objectif général et un cadre où l'apprenant peut développer sa propre créativité

Dans un premier temps lors de l'élaboration de l'enseignement : dans une pratique conventionnelle, la définition du contenu pilote bien souvent la définition de l'enseignement dans son ensemble (un cours de mécanique du point en physique par exemple). Centré sur le contenu, l'enseignement risque alors de manquer son objectif, qui n'est pas à proprement parler le transfert de contenu, mais plutôt son appropriation par les étudiants. Pour ne pas se perdre en chemin, surtout sur un sujet impliquant la complexité de façon explicite, le respect de l'alignement pédagogique (Biggs, 1996) fournit une boussole méthodologique intéressante, quoique parfois déstabilisante. La définition en premier lieu des objectifs d'un tel enseignement maintient certes le contenu dans le flou dans un premier temps, mais permet de préciser la gare d'arrivée. Dans le cas de l'UE élaborée au sein de l'ENGEES, l'ordre d'élaboration est le suivant : objectif général > compétences et objectifs d'apprentissage > méthodes pédagogiques et évaluation > contenu.

Dans la formation, un large espace sera également donné aux apprenants pour qu'ils aillent eux/elles-mêmes chercher l'information (pédagogie active – l'enseignant fournissant avant tout des questions). Réciproquement, les points de blocages identifiés par les apprenants seront résolus non pas par des solutions, mais par des questionnements. L'approche artistique peut se révéler pertinente dans ce cas (voir par ex. Les nouveaux commanditaires – nouveauxcommanditaires.eu).

Lors de la conception de l'enseignement, les séances 1 et 2 qui sollicitaient les enseignants et les étudiants de façon séparée ont permis dans un premier temps que chacun puissent déposer dans un frigo à idées toutes ses préconceptions sur le sujet afin de s'assurer que cela sera pris en compte. Cette étape franchie, nous avons pu construire sur la base de proposition de l'équipe de pilotage les objectifs d'apprentissage que l'UE devait atteindre, ainsi que les méthodes pédagogiques pour y arriver.

Nous sommes finalement arrivés aux objectifs suivants :

- Expliquer certaines dynamiques du système Terre sur différentes échelles et sur un gradient d'anthropisation
- Construire un outil d'analyse de la dynamique d'un système pour une pratique d'ingénierie soutenable
- Intégrer les principes et outils d'analyse de la dynamique d'un système dans sa pratique d'ingénierie soutenable

(ii) Expliquer la complexité par des exemples facilement appropriables: les archétypes

Concernant le contenu, son appropriation peut être facilitée par la mobilisation de notions rentrant dans la zone proximale de développement (Vygotski, 1934) et permettre d'appréhender la pensée systémique. Dans le cadre des systèmes complexes, il s'agira notamment de mobiliser les archétypes (une dizaine sont répertoriés), c'est-à-dire des schémas que l'on retrouve dans tous les systèmes (Kim, 1993). Par exemple, l'archétype de l'escalade implique deux boucles de rétroactions s'alimentant l'une l'autre. Elle explique la plupart des situations de compétition, de la course aux armements jusqu'aux mouvements de foule. Selon Jay Forrester, les archétypes seraient à eux seuls capables d'expliquer une large partie des comportements des systèmes, ce qui justifie leur mobilisation dans un enseignement tourné vers la complexité des systèmes. Ainsi pour l'apprenant, cet outil permet de rapidement se familiariser avec la notion de complexité et de propriété émergente. Il permet aussi de démontrer en quoi l'approche systémique peut permettre de meilleurs résultats, en travaillant sur les interactions du système (par exemple, pour éviter un mouvement de foule, il faut installer des piliers fixes sur le parcours préalablement : ralentir la foule, paradoxalement, permet d'éviter le mouvement de foule).

(iii) Mobiliser les apprenants en groupes de travail

Pour compléter la méthodologie suivie pour l'élaboration d'un enseignement, et de celui-ci en particulier, la détermination des acteurs à impliquer lors de l'élaboration peut être un élément de renforcement de la cohérence globale (on pourrait oser le qualificatif « systémique ») du chemin suivi et de l'objectif visé. Ainsi, si l'on admet que l'intelligence collective émanant des interactions permet une proposition pédagogique enrichie malgré la divergence apparente des contributions par le biais du conflit socio-cognitif (Doise et al., 1978), la création de groupes de travail offre un espace opérationnel pour cet enrichissement. De plus, l'idée qu'un enseignement existe et est également légitimé par le sens que lui attribuent les étudiants, ces groupes de travail pourraient inclure des étudiants de façon circonstanciée : ainsi, la phase de remaniement des compétences intègre des groupes d'étudiants, et la détermination du contenu s'appuiera sur des groupes de travail mélangeant enseignants, personnels de la structure et étudiants. Concrètement, cette approche est mise en œuvre dans la construction de la nouvelle UE à l'ENGEES (cf. point i).

(iv) Contextualiser les enseignements pour monter en compétence par l'application

Dans un second temps au sein même de l'enseignement, il s'agira de développer une compétence sur l'analyse de dynamiques de systèmes complexes, tels le changement climatique, la crise de la biodiversité ou la crise sociétale. Loin de se limiter à l'analyse des systèmes à l'échelle macroscopiques (par exemple, comme le fait le GIEC), il s'agira plutôt de comprendre les systèmes dans leur caractère situé (au sens de Donna Harraway, 2020) ; c'est à dire qu'une fois la compréhension globale acquise, il s'agit d'analyser et de prendre en compte le contexte d'action (situation).

En effet, c'est seulement à cette échelle que les leviers pertinents pour l'ingénieur peuvent être envisagés et mis en œuvre. Là encore, un point d'entrée potentiellement fertile est la résolution de cas concrets et locaux, par exemple la dégradation des sols sur un territoire donné ou les embouteillages sur un axe autoroutier. Ces cas concrets issus de l'environnement permettent de rapprocher l'objet d'étude de la zone proximale de développement de l'étudiant, d'offrir des exemples de contextualisation nécessaire au transfert de compétences, comme décrit par Tardif et Meirieu (1996).

De plus, le travail en groupe permet d'exprimer et de confronter la diversité de points de vue de chaque élève-ingénieur. Le conflit socio-cognitif ainsi généré ancre les apprentissages. Ceci est notamment rendu possible par les interactions entre pairs dès le début de l'UE, les cas concrets choisis les rendant manipulables (au moins dans la forme) par les étudiants qui peuvent avoir des points de vue sur ces systèmes pré-existant à leur analyse détaillée.

Dans le principe choisi de l'alignement pédagogique (Biggs, 1996), les stratégies d'enseignement (pédago-centrée) supportent l'apprentissage (Berthiaume et Daele, 2013).

Concernant le choix des stratégies pédagogiques, les enseignants de l'établissement ont été sollicités de façon participative. La forme pédagogique mentionnée quasi-unaniment comme vecteur potentiel d'atteinte des objectifs d'apprentissage est la forme participative, sous forme de production de groupe, de débats contradictoires ou de séjour immersif. La forme expositive, quant à elle, a été unanimement décrite comme risquant de mener à un échec.

(iv) Soutenir l'engagement des élèves-ingénieurs

Les sujets actuels découlant de la complexité des systèmes et des atteintes au système (changement climatique, pénurie des ressources, événements extrêmes, crise de la biodiversité) peuvent générer chez chaque être humain et a fortiori un jeune adulte une charge émotionnelle plus ou moins forte. Ainsi, nous sommes attentifs lors de l'enseignement à des manifestations émotionnelles négatives, notamment l'éco-anxiété. L'utilisation de formes pédagogiques de type jeux sérieux, tels ceux proposés pour accompagner le rapport Meadows « The limits to growth », sera pertinente pour mettre les élèves-ingénieurs en action et maintenir un niveau d'engagement fort.

Nous nous appuyons sur la notion de dynamique motivationnelle de Viau (2009) pour assurer le soutien de l'engagement des étudiant.e.s dans leurs apprentissages de ce nouvel enseignement :

- Sentiment de compétence : les élèves-ingénieurs seront formés à pouvoir répondre aux problématiques soulevées et à se situer en réinvestissant leurs acquis antérieurs (récents ou anciens) sur cette thématique.
- Valeur perçue de la tâche : le deuxième objectif d'apprentissage de l'UE est de construire une grille d'analyse qui sera exploitable sur tous les projets futurs des élèves-ingénieurs et donc utile et recyclable, c'est une activité pédagogique avec une production qui servira à long terme.

- Contrôlabilité : les groupes de pairs choisiront les éléments à faire apparaître dans leurs grilles d'analyse pour contribuer à une mise en commun pour que chacun puisse composer son propre outil d'analyse.

4. Pourquoi les modèles ?

Dans l'enseignement pris en exemple dans cette communication, un certain nombre de notions peuvent être difficiles à comprendre : limites planétaires, complexité, propriétés émergentes, caractères de la sous-optimalité et de la sobriété, sont subtils par essence ou relatifs à une échelle -- spatiale, temporelle voire les deux -- éloignée. Or notre cerveau a plutôt évolué vers une compréhension et analyse de l'immédiat spatio-temporel (Kahnemann 2011, Bohler 2019). Les modèles, en tant que représentation simplifiée et formalisée de la réalité, doivent donc permettre de ramener les phénomènes étudiés à des échelles appréhendables dans un objectif d'apprentissage.

Nous donnons dans ce qui suit quelques caractéristiques de modèles qui répondent aux objectifs d'apprentissage :

- Simplification, donc plus facilement appréhendable en réduisant le nombre d'agents et d'interactions, et permettant la discussion entre pairs non spécialistes (étudiants) lors de séances de travail, permettant un apprentissage socio-constructiviste.
- Formalisation, situe la gamme de validité et les limites du modèle (principe de base pour tous les modèles), ce qui permet de contextualiser le modèle et de préparer le terrain pour la décontextualisation qui permettra le transfert de connaissances.
- Représentativité, explicite dans quelle mesure le modèle peut servir pour expliquer les mêmes notions dans d'autres contextes, ou même d'autres notions.
- Attrait, pour marquer l'imaginaire et permettre un investissement dans l'apprentissage.

Ces caractéristiques portent en creux les points d'attention lors de l'utilisation de ces modèles en pédagogie : la simplification ne doit pas être trop poussée, ou le modèle ne permettra pas d'appréhender la notion. Plutôt, la simplification doit être elle-aussi formalisée pour décrire dans quel cadre le modèle s'applique, et dans quel cadre, il ne s'applique plus. La formalisation doit permettre de prendre conscience que les modèles ne sont jamais parfaits, et qu'ils n'offrent que des prédictions *plausibles*, ni plus ni moins. Les modèles offrent des réponses intéressantes à partir du moment où leur portée est claire. La représentativité doit permettre de circonscrire les limites du transfert. Enfin, l'attrait ne doit pas se faire aux dépens de la pertinence.

5. Perspectives

Dans un monde toujours plus fluctuant (crises socio-écologiques plurielles), les écoles d'ingénieurs doivent faire évoluer leurs pratiques en profondeur, que ce soit pour les enseignants et pour les élèves-ingénieurs.

Dans le cas des enseignants, il ne s'agit plus de former des acteurs d'un système socio-économique pensé comme stable ou en croissance, par défaut. Concrètement le système étant instable et plutôt en phase d'atterrissage (Latour, 2017), il s'agit de former les apprenants à l'adaptabilité. Cela passe d'abord par la pédagogie active et les savoirs situés, favorisant une appropriation forte de la pensée systémique.

Dans le cas des élèves-ingénieurs, il ne s'agit plus de savoir concevoir et développer des solutions techniques performantes mais d'avoir les outils pour s'adapter à la complexité du monde, aller plus loin que la solution technique pour que cette dernière favorise l'autonomie de l'utilisateur tout en respectant les limites planétaires (Rockström et al. 2009)

Références bibliographiques

Berthiaume, D. & Rege-Colet, N. (2013). *La pédagogie de l'enseignement supérieur : repères théoriques et applications pratiques : Tome 1 : Enseigner au supérieur (Exploration) (French Edition)* (1re éd.). Peter Lang AG, Internationaler Verlag der Wissenschaften.

Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher education*, 32(3), 347-364.

Bohler, S. (2019). *Le bug humain: pourquoi notre cerveau nous pousse à détruire la planète et comment l'en empêcher*. Robert Laffont.

Doise, W., Dionnet, S., & Mugny, G. (1978). Conflit socio-cognitif, marquage social et développement cognitif. *Cahiers de Psychologie Marseille*, 21(4), 231-243. Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *Science*, 162(3859), 1243-1248.

Haraway, D. (2020). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. In *Feminist theory reader* (pp. 303-310). Routledge.

Homer-Dixon, T., et Rockström, J. (2022, 13 novembre). What Happens When a Cascade of Crises Collide? *The NY Times*. <https://www.nytimes.com/2022/11/13/opinion/coronavirus-ukraine-climate-inflation.html>

Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Macmillan.

Kim, D. H. (1993). *Systems archetypes I* (Vol. 1). Pegasus Communications.

Latour, B. (2017). *Où atterrir?: comment s'orienter en politique*. La découverte.

Ostrom, E. (1999). Coping with tragedies of the commons. *Annual review of political science*, 2(1), 493-535.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... et Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).

Romano, G. (1991). Étudier--en surface ou en profondeur?. In *Actes du 11e Colloque annuel de l'Association québécoise de pédagogie collégiale*. Association québécoise de pédagogie collégiale.

Tardif, J. (2017). Des repères conceptuels à propos de la notion de compétence, de son développement et de son évaluation. Dans Poumay, M., Tardif, J., Georges, F., & Scallon, G. (dir.). *Organiser la formation à partir des compétences: un pari gagnant pour l'apprentissage dans le supérieur* (p. 15-37). De Boeck Supérieur.

Tardif, J., et Meirieu, P. (1996). Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances. *Vie Pédagogique*, 98(7), 4-7.

Vygotski, L.S (1934/1997). *Pensée et langage* (3^e éd.). Paris: La Dispute.

Viau, R. (2009). *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck