

RÉSEAU INGENIUM

Recherche en SHS dans les écoles
d'ingénieurs

le cnam

LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

DANS LA FORMATION ET

LES ACTIVITÉS D'INGÉNIEUR

Actes du Colloque Ingenium

du 28 juin 2021 en mode distanciel

Colloque organisé dans le cadre du programme de recherche A-STEP 2030 – ERASMUS+¹



A-STEP-2030



¹ Le projet A-Step 2030 (Attracting diverSe Talent to the Engineering Professions of 2030) s'inscrit dans le cadre d'ERASMUS+ : Partenariat Stratégique entre des institutions européennes d'enseignement supérieur soutenant l'innovation dans le domaine de la formation des ingénieurs (dont L'ENSTA Bretagne, membre d'Ingenium).

Table des matières

Présentation du Colloque	5
Le développement durable dans la formation et les activités d'ingénieur.....	5
Les Thématiques d'ateliers	6
Conférence plénière de José Halloy (LIED, Univ. Paris)	8
<i>Présentation des contraintes physiques planétaires sur la base de l'évolution historique de la circulation de l'énergie et de la matière au niveau planétaire.....</i>	<i>8</i>
Table ronde - les approches institutionnelles de la formation au DD dans les écoles d'ingénieurs ; France et international. Grandes orientations, pédagogie, rôle des sciences humaines.....	9
Animation : Michel Dubois	9
Invité.es : Isabelle Avenas-Payan, Gérald Majou, Philippe Dépincé et Sébastien Treyer	9
Atelier 1 - Outils et méthodes pédagogiques – Animateur : Jean-Gabriel Offroy	11
Malassé Olaf - <i>Éveil et responsabilisation aux risques sociétaux en école d'ingénieur</i>	<i>12</i>
Calicis Camille, Andres Ludovic, Dendoncker Nicolas, Romainville Marc et Vaillant Michel - <i>Co-conception d'un jeu sérieux pour éduquer au développement durable. Chronique de l'implémentation d'une innovation pédagogique à l'ISTOM (Angers)</i>	<i>16</i>
Borderieux Julien et Proust Chantal - <i>Impact de l'intégration du SULITEST dans une formation de cycle ingénieur.....</i>	<i>28</i>
Atelier 2 - Concepts fondamentaux – Animateur : Fabien Milanovic.....	34
Vannereau Jean et Lemaître Denis - <i>Management et développement durable : le paradigme de la problématisation comme approche pédagogique dans la formation des ingénieurs</i>	<i>35</i>
Boubou Naima - <i>Intégration de la "Pensée durabilité" dans la réflexion et l'action de l'élève ingénieur</i>	<i>40</i>
Brault Nicolas et Rey Olivier - <i>De quoi le développement durable est-il le nom ? Retour d'expérience sur un cours d'épistémologie pour l'ingénieur</i>	<i>49</i>
Abi Raad Sarah - <i>Former les élèves-ingénieurs au leadership bienveillant : Un socle de formation pour un développement humain durable</i>	<i>57</i>
Atelier 3 - Curricula et vues d'ensemble - Animateur : Yann Serreau	62
Djennadi Lydia - <i>Les curricula des écoles d'ingénieurs en Algérie : quelles ambitions en termes de développement durable ?.....</i>	<i>63</i>
Fourati-Jamoussi Fatma, Dubois Michel J.F. et Chedru Marie - <i>Enseignement du développement durable et de l'innovation dans la formation des ingénieurs : perception des étudiants.....</i>	<i>68</i>
Tabas Brad - <i>On the Meaning of Sustainable Development: Humanity and Culture in the Age of Gaia and the Singularity</i>	<i>84</i>
Maelainin Cheikh Naama et Abraouz Fatima Zahra - <i>Analyse de l'adéquation formation/emploi des ingénieurs en énergie renouvelable et sa contribution au développement durable au Maroc</i>	<i>98</i>

Atelier 4 – S'engager dans ma transition – Animateur : Denis Maricourt	110
Razafindrakoto Idah - <i>Transition énergétique et interculturalité : Une lecture à partir des activités d'ingénieur de Madagascar</i>	111
Sghaier Amira - <i>Analyse économique de la gestion des déchets à Dakar : cas de la commune de médina</i>	116
Dupont Ludivine, Martin Alice et Guillaume Jean-Baptiste - <i>Comment intégrer et valoriser l'écoconception pour basculer vers de nouveaux modèles d'affaires</i>	128
Bouzin Antoine - <i>À la recherche de l'« ingénierie durable » : le déplacement militant de l'engagement écologiste</i>	134
Atelier 5 - Penser la transition – Animateur : David OGET	139
Mano-Avril Sophie - <i>Le bras armé du capitalisme est un métier d'hommes : réflexion autour du métier d'ingénieur</i>	140
Soriya Anya - <i>Penser la durabilité : repenser l'enracinement de l'ingénieur dans son milieu terrestre</i>	148
Atelier 7 - Outils et méthodes pédagogiques - Animateur : Michel Dubois.....	156
Faugère-Battiato Damien et Picod Aurélia - <i>Les élèves ingénieurs de CYTech en action : le cas des associations vertes</i>	157
Hannin Hervé, Touzard Jean-Marc et Nougier Marc - <i>Le jeu de rôle prospectif et participatif comme sensibilisation à une approche collective de l'adaptation au changement climatique pour la filière vigne et vin</i>	163
Bagnolini Guillaume - <i>Inventaire Fac', biodiversité et science participative sur les campus en France.....</i>	169
Calikanzaros Emma - <i>Associations étudiantes : une voie d'apprentissage de la transition socio-écologique innovante dans les formations d'ingénieurs</i>	174
Atelier 8 - Outils et méthodes pédagogiques - Animatrice : Anya Soriya	181
Fogg-Rogers Laura, Bakthavatchalam Venkat, Richardson David & Fowles-Sweet Wendy - <i>Educating engineers to contribute to a regional goal of net zero carbon emissions by 2030</i>	182
Boldrini Jean-Claude et Elie Mathilde - <i>Former à la transition vers l'économie circulaire : Nouveaux modèles d'affaires et innovations pédagogiques</i>	189
Boutet-Diéye Annabelle, Langlais Charlotte et Quéméraires Philippe - <i>Conception orientée utilisateur-riche, écoconception et débat de controverse : trois méthodes pour que les élèves intègrent le développement durable dans la conception d'objets communicants</i>	195
Courant Menebhi Amina - <i>Enseigner le développement durable dans les formations en ingénierie par les projets tuteurés : méthodologie, résultats et retours d'expériences</i>	200
Tite Caroline N J, Pontin David & Dacre Nicholas - <i>Embedding Sustainability in Engineering Projects through Project Management Teaching and Learning</i>	207
Atelier 9 - Curricula et vues d'ensemble - Animateur : Loïc Sauvée.....	214

Benguigui Jean-Marc - <i>L'enseignement de l'écologie à petits pas dans les écoles d'ingénieurs : Des disciplines à rendre indispensables</i>	215
Gisondi Véronique, Millette Louise et Bélanger Eric - <i>Ingénieuse Transition</i>	221
Fagnen Shirley, Millette Louise, Rondeau Audrey et Cigana Patrick - <i>Formation des ingénieurs : une transition nécessaire</i>	226
Atelier 10 - Curricula et vues d'ensemble - animateur : Yann Serreau	231
Huet Frédéric, Choplin Hugues et Le Goff Anne - <i>L'ingénierie soutenable : est-ce « plus grand que nous » ?</i>	232
Perpignan Catherine, Robin Vincent et Eynard Benoit - <i>Model of a competency framework to achieve sustainable engineering</i>	239
Freud Nicolas, Dupont Laurianne, Escudié Marie-Pierre, Fregonese Marion, Goutaland Carine, Olagnon Christian, Paris Hugo et Tadier Solène. - <i>Développement durable et responsabilité sociétale, un axe de formation devenu incontournable à l'INSA Lyon : analyse d'un chantier en cours</i>	246
Belhenniche Geoffroy, Cikankowitz Anne et Ricordel Catherine - <i>Former à former au développement durable : vulgariser pour mieux comprendre et faire agir</i>	252
Atelier 11 - Penser la transition - animateur : Denis Maricourt	260
Élisabeth Hofmann - <i>La citoyenneté, la démocratie et la cohésion sociale au cœur du développement durable : quelles compétences professionnelles pour des concertations inclusives ?</i>	261
Kövesi Klara, Tabas Brad, Gillet Christiane, Beagon Una & Bowe Brian - <i>Insights into the integration of the SDGs in engineering program curricula as seen through the prism of the perceptions of engineering students and educators</i>	266
Gilles Lecocq - <i>Distanciation sociale, réalité imaginaire et compétences flottantes : lorsqu'une crise sanitaire permet à des étudiants et des enseignants d'élaborer un tiers-savoir</i>	271
Atelier 12 - Outils et méthodes pédagogiques – animateur : David OGET	276
Perwuelz Anne, Benkirane Romain, Pruvost Sophie et Elise Ternynck - <i>Initiation aux enjeux de développement durable dans le Textile</i>	277
Saïd Touhami Fatma, Besançon Céline, Desjardin Valérie, Lanher Simon et Dupont Laurence - <i>Des débats autour de questions scientifiques socialement vives : quelles conduites argumentatives et compétences cognitives pour des élèves ingénieurs ?</i>	283
Combaud Anne, Gangneux Christophe, Dutreuil Marion et Randrianasolo-Rakotobe Hanitra - <i>L'observation participative : une approche pédagogique d'appropriation des 17 Objectifs de Développement Durable par des agronomes ?</i>	294
Table ronde - Les approches scientifiques, pédagogiques, professionnelles et prospective	301
Animation : Béatrice Jalenques-Vigouroux.....	301
Invités : Arnaud De Maria, Jacques Treiner, Mathieu Arnoux, Jean-Louis Rastoin, Claude K. Nahon et Jimmy Garcia	301

Présentation du Colloque

Le développement durable dans la formation et les activités d'ingénieur

En 1987, la commission Brundtland définissait le développement durable comme « *un développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs* ».

Plus de 30 ans après son adoption par les Nations Unies, le concept de Développement Durable est positionné au cœur des champs de réflexion de la plupart des institutions internationales et des États, celui des entreprises et des formations d'ingénieur (Cf. Cti-Références et Orientations 2019), sans qu'on sache vraiment de quel « développement » ni de quels « besoins » nous parlons.

L'ingénierie qualifiée de durable semble devoir étendre ses activités aux plans environnemental, économique et social. Que devient alors le périmètre de ses responsabilités ? On rêverait qu'elle soit omnisciente, polyvalente et transdisciplinaire, analyse du cycle de vie et de mort des objets dans un contexte planétaire, mais quelle forme d'organisation peut accepter cet idéal ? Dans quel « système » peut-elle être opérationnelle, pratique et scientifique (écosystème, parties prenantes d'un projet, flux d'énergie et de matière, etc.) ?

Même si les technologies repoussent les limites cognitives, force est de reconnaître que, dans notre époque de « grande accélération », les butées se multiplient : les ressources énergétiques, les ressources en matériaux, minéraux, terres rares, la disponibilité en terres habitables et cultivables, l'accès à l'eau, la pollution tant aquatique et tellurique qu'atmosphérique, l'évolution du climat dans des directions incertaines, la chute (certains disent l'effondrement) de la biodiversité au point de pouvoir affirmer que nous sommes en train de vivre la 6^{ème} grande extinction de la très longue histoire du vivant. L'enjeu fondamental est de préserver, dans l'avenir, des options désirables, acceptables, vivables. Pouvons-nous prendre en compte le long terme ? Sommes-nous solidaires avec les générations futures ?

Comment le développement durable est-il intégré dans les formations et les activités d'ingénieurs ? Est-il une discipline, un objet ou une « chose » ? Renvoie-t-il à une pratique univoque ? Est-il un oxymore, un syntagme polysémique, aux usages et fonctions très divers regroupant un ensemble de convictions, de pratiques et d'institutions chargées de sens variables ? Quels enjeux soulève-t-il ? Quel débat suscite-t-il ? Quels projets de société et intérêts d'acteurs publics ou privés met-il en jeu ?

Nous abordons ce questionnement, sans exhaustivité, à partir des activités économiques et sociales exercées par l'ingénieur, dans le contexte d'industries lourdes (nucléaire, chimie, extraction), d'activités liées à des problématiques sanitaires (alimentation), de santé (industries pharmaceutiques, hôpitaux), d'environnement (agriculture et industrie), de sécurité (institutions diverses, police, armées, transports).

Comment les écoles d'ingénieurs intègrent-elles le développement durable dans leurs contenus de formation, entre contenus spécifiques (RSE, éthique de l'ingénieur, enjeux sociétaux ou éco-conception) et réorientation de toutes les disciplines vers les enjeux du DD ?

Chaque communication pourra présenter une recherche (résultats, en cours, projets...), une expérience ou un témoignage d'entreprise, une pratique pédagogique originale, une réflexion personnelle... Les propositions attendues viseront à alimenter les débats qui seront organisés autour de quatre ateliers

Les Thématiques d'ateliers

La naissance d'une « ingénierie durable » ouvre sur plusieurs thèmes, articulés autour de quatre grandes questions.

1 – S'engager dans la transition ?

Comment imaginer et accompagner le passage d'un modèle compétitif prônant la croissance à un système valorisant la sobriété énergétique et une croissance maîtrisée ? Que peut-on garder de notre expérience afin de construire un nouveau paradigme intégrant les dimensions humaines, sociales, économiques et environnementales ? Comment définir des contenus de formation transitoires ? Comment envisager une transition à la fois douce et urgente ? Comment les coûts et les bénéfices de cette transition peuvent-ils être répartis équitablement ? Certaines stratégies souscrivent-elle à cette visée ?

2 – Penser la durabilité ?

Gérance environnementale et durabilité dans les activités ? Comment accorder objectifs de rendement et viabilité économique aux exigences du développement durable, dans un projet d'ingénieur ? Obsolescence programmée, court-termisme ou accélération des rythmes de production et de consommation, pour quelle durabilité ? Quels sont les composants essentiels d'une société humaine « soutenable » ?

Quelles approches économiques, techniques, conceptuelles, permettraient d'intégrer, dans la réflexion et l'action, la prise en compte de multiples temporalités (des plus courtes aux plus longues) ? Quelles recherches entreprendre ? Les sciences humaines et sociales pourraient-elles nous aider, et comment ? Comment nous rendre sensibles à la durabilité de l'usage de nos ressources naturelles, de leur renouvellement, de leur accessibilité ? Comment construire les moyens de prendre en compte cette durabilité ?

3 – Interculturalité et développement durable ?

Concept globalisant et prônant des valeurs universelles, le développement durable semble pourtant s'interpréter diversement selon les cultures, les modèles économiques, industriels et sociotechniques dominants. Quelles sont les différentes approches du développement durable ? Comment nos représentations jouent-elles un rôle dans l'interprétation du développement durable ? Interculturalité, rapports Nord-Sud, notion d'injustices environnementales : comment organiser l'articulation ou la convergence de modèles de développement durable légitimement pluriels ?

4 – Former au développement durable ?

Face aux enjeux de préservation des ressources naturelles et du vivant, quelles compétences développer ? Quelles connaissances transmettre ? Comment les élèves, les enseignants, les écoles adaptent-ils leurs pratiques en situation ? Proposent-ils des pratiques innovantes sur leur campus ? Former au développement durable, serait-ce ouvrir à une nouvelle conscience politique ou professionnelle de l'ingénieur ? Quels liens entre développement durable et innovations pédagogiques ? Le développement durable : un savoir ? Un savoir-faire ? Une approche transdisciplinaire ? Une posture ?

Suite à l'appel lancé en 2019, de nombreuses réponses ont été reçues par notre réseau. Cela nous a conduit à proposer parfois plusieurs ateliers pour la même thématique. Au final, ces

différentes thématiques ont été réparties en 11 ateliers (l'atelier 6 a été supprimé au dernier moment) de la façon suivante :

- Outils et méthodes pédagogiques : ateliers 1, 7, 8 et 12
- Concepts fondamentaux : atelier 2
- Curricula et vue d'ensemble : ateliers 3, 9 et 10
- S'engager dans la transition : atelier 4
- Penser la transition : ateliers 5 et 11

Conférence plénière de José Halloy (LIED, Univ. Paris)

Présentation des contraintes physiques planétaires sur la base de l'évolution historique de la circulation de l'énergie et de la matière au niveau planétaire

Vidéo en ligne : <https://drive.google.com/drive/folders/1jRyfyMM12zdQ3HUZJw5rlq2E5M8NEBc2>

José Halloy est professeur de physique à l'Université de Paris et effectue sa recherche au sein du Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain, LIED UMR 8236. Il enseigne la physique et la modélisation des systèmes complexes, en particulier systèmes complexes et durabilité, prospective, physique de l'énergie. Ses recherches concernent les systèmes bio-hybrides et la science de la soutenabilité.

Ses recherches portent sur les crises écologiques globales et planétaires liées à l'Anthropocène, telles que l'épuisement des ressources naturelles, la soutenabilité des technologies modernes, la soutenabilité de l'agriculture. Il travaille sur les questions de l'interdisciplinarité indispensable, entre sciences naturelles et sciences sociales, pour répondre aux défis planétaires.

Table ronde - les approches institutionnelles de la formation au DD dans les écoles d'ingénieurs ; France et international. Grandes orientations, pédagogie, rôle des sciences humaines

Animation : Michel Dubois

Invité.es : Isabelle Avenas-Payan, Gérald Majou, Philippe Dépincé et Sébastien Treyer

- Isabelle Avenas-Payan (CTI),
- Gérald Majou (CGE),
- Philippe Dépincé (CDEFI),
- Sébastien Treyer (IDDRI)

Vidéo en ligne : <https://drive.google.com/drive/folders/1jRyfyMM12zdQ3HUZJw5rlq2E5M8NEBc2>

Biographies des intervenant.es de la table-ronde en matinée

Isabelle AVENAS-PAYAN est Ingénieure diplômée en informatique (ENSEEIH à Toulouse) et titulaire d'un Master of science en électronique de USC Los Angeles (University of Southern California), Isabelle Avenas-Payan a 20 ans d'expérience en traitement d'images. Elle a occupé des fonctions de recherche et développement, d'administratrice de réseau informatique, de support client et de chef de projet au sein de grandes entreprises (Thomson CSF, Dassault Aviation), de PME ou d'organismes de recherche. Au sein d'IESF (Ingénieurs et scientifiques de France), elle est engagée dans la Promotion des métiers de l'ingénieur et du scientifique (PMIS) depuis 2008 ; elle anime le groupe francilien et coordonne les actions nationales PMIS. Elle est membre de l'association Femmes Ingénieures et Vice-présidente d'IESF région Île-de-France. Au sein de la Commission des titres d'ingénieur (CTI) dont elle est membre depuis juillet 2016, outre les audits des écoles d'ingénieurs, elle participe aux actions internationales de la CTI. Elle est membre active du groupe de travail Responsabilité sociétale que la CTI a lancé en mars 2020.

Gérald Majou de La Debutrie, Chargé de mission DD&RS, vie étudiante et politique régionale, Conférence des grandes écoles. Il est Ingénieur arts et métiers au parcours entrepreneurial éclectique, chargé de mission R&D auprès du conseiller scientifique de l'ambassade de France en Espagne, dirigeant d'entreprise dans la plasturgie, créateur d'une start-up dans le milieu de la distribution médicale. Gérald Majou de La Debutrie a aussi exercé le métier de vigneron en agriculture biologique après une formation à la viticulture et à l'œnologie. Il est depuis dix ans, suite à un diplôme en ingénierie de l'environnement à l'École des Mines de Paris, chargé de mission Développement Durable et Responsabilité Sociétale (DD&RS), vie étudiante et politique régionale à la Conférence des Grandes Écoles (CGE). Expert DD&RS pour la commission du titre d'ingénieur, il a piloté les travaux de conception du processus de labellisation DD&RS des établissements d'enseignement supérieur en France, il a initié et contribué largement aux travaux qui ont conduit à la rédaction du guide de compétences DD&RS CPU/CGE. Il pilote actuellement un groupe de travail sur la recherche et l'innovation responsable qui rassemble universités, Grandes écoles et organismes de recherche et participe au Groupe de travail présidé par Jean Jouzel dans la perspective de l'intégration des enjeux de transition socio-écologiques dans l'ensemble des cursus de l'enseignement supérieur français.

Philippe Dépincé est titulaire d'un DEA en automatique et informatique industrielle à l'ENSM (École nationale supérieure maritime) Nantes, et est un ingénieur en robotique, diplômé de Centrale Nantes. Il est aussi docteur en génie mécanique de l'université de Nantes et est habilité à diriger des recherches. Il débute sa carrière comme enseignant-chercheur à Centrale Nantes en 1994, puis devient directeur de la formation de l'école de 2007 à 2012, puis directeur du programme « grande école » d'Audencia business school de 2012 à 2017. Au sein de Centrale Nantes, Philippe Dépincé est membre élu de la commission de spécialistes (1996-2012), du conseil d'administration (1998-2007) et du CNU (Conseil national des universités) de 2003 à 2008, puis de 2012 à 2016. Il est également vice-président de l'association des alumni depuis 2008. Il est depuis 2019 directeur de Polytech Nantes, école récemment signataire d'une charte engageant toutes les écoles du réseau Polytech dans une démarche résolument tournée vers l'action et structurant leurs actions et efforts en termes de développement durable et de responsabilité sociétale (DDRS). Par ailleurs, il est depuis 2020 président de la commission Formation et société de la Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieur (CDEFI) au sein de laquelle il est résolument impliqué dans les travaux sur les enjeux du développement durable et de la transition écologique.

Sébastien Treyer est directeur général de l'Iddri depuis janvier 2019 (il avait rejoint l'institut en 2010 en tant que directeur des programmes), également président du comité scientifique et technique du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) et membre de la Lead Faculty du réseau Earth System Governance. Ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur en chef des ponts, des eaux et des forêts, et docteur en gestion de l'environnement, il a été chargé de la prospective au ministère français de l'Environnement, et a notamment coordonné l'exercice de prospective Agrimonde (Comment nourrir la planète en 2050 ?). Il a joué un rôle actif d'animation de l'interface entre science et politique et de programmation scientifique auprès de la Commission européenne, de l'Agence nationale de la recherche, ou d'acteurs territoriaux comme l'Agence de l'eau Seine Normandie.

Atelier 1 - Outils et méthodes pédagogiques – Animateur : Jean-Gabriel Offroy

N° Com	AUTEUR(S)	Titre
5	MALASSÉ Olaf	Éveil et responsabilisation aux risques sociétaux en école d'ingénieur
6	CALICIS Camille ANDRES Ludovic DENDONCKER Nicolas ROMAINVILLE Marc VAILLANT Michel	Co-conception d'un jeu sérieux pour éduquer au développement durable. Chronique de l'implémentation d'une innovation pédagogique à l'ISTOM (Angers)
7	POMMERAY Delphine	Développement durable : se former et enseigner avec le numérique
17	BORDERIEUX Julien PROUST Chantal	Impact de l'intégration du SULITEST dans une formation de cycle ingénieur

Com. # 5

Malassé Olaf - Éveil et responsabilisation aux risques sociétaux en école d'ingénieur

Malassé Olaf, Laboratoire de Conception Fabrication Commande (LCFC) - EA 4495, Arts et Métiers Institute of Technology, Université de Lorraine, LCFC, HESAM Université, F-57070 Metz, France

Résumé

Développement durable, RSE, lowTech... aux crispations conjoncturelles répond une frénésie conceptuelle et déclaratoire. Notre société occidentale par son niveau d'artificialisation voit ses coûts technologiques exploser, de fortes tensions sur ses besoins et sa cohésion apparaître. Les systèmes industriels s'amortissent sur plusieurs décennies et les nuages s'accumulent. La technologie, artéfact culturel, s'en ressent et la rationalité ne semble plus qu'illusion. Le capital n'est pas la bonne mule pour franchir le hiatus entre paradigmes sociétaux. Ce n'est pas un problème de compétences, de savoir... mais de liberté d'action, de motivation, d'imagination. Il faut des bases culturelles (histoire sociétale et technologique : comprendre le pourquoi, les causalités et leurs contextes) pour comprendre et situer les problématiques, d'éveil pour en avoir envie et l'approche (capacité à la technocritique : oser remettre en question une technologie, parce qu'on en comprend son impact). Il faut aussi changer le management sociétal, accepter incertitudes et risque (pas seulement financier), laisser coexister différentes options... La révolution n'est pas dans les bases scientifiques et techniques, elle est dans la capacité à notre société a, non plus s'adapter, mais se réinventer. Il est illusoire de vouloir conformer (à quoi ?) l'ingénieur de demain. Contentons-nous de lui faire comprendre les challenges¹.

Mots clés : risque industriel, sécurité fonctionnelle, technocritique, responsabilités, normalisation

Pour construire les briques technologiques, systèmes et infrastructures d'un après-demain non encore défini ², les ouvriers, techniciens, ingénieurs auront besoin de fondamentaux tels les mathématiques, la physique, la chimie... de savoir-faire pratiques et concrets dans les meilleures règles de l'art. Comme pour faire nation, les citoyens auront besoin d'éducation pour continuer à coexister dans des agglomérations qui retrouveront peut-être une dimension plus humaine (adaptée aux ressources de proximité). Bref, pour une génération agile, il faut de l'air, de l'ampleur. Pour une génération apaisée, il faut de l'éducation et de la raison. La société mercantile actuelle enferme les consciences et subconsciences dans un court terme délétère, où l'urgence est l'usage des dernières technologies proposées. Point de remise en cause dans cette course insensée, refuser ce progrès unilatéralement défendu par toutes les composantes sociétales est sacrilège [1]. Cette urgence infuse la société technologique. Dans une société où « les règles donnent l'impression de sécurité et dissuadent de réfléchir » [2], « partout les résurgences du réel ternissent la perfection organisationnelle » escomptée [3]. Des projets comme Fyra (service ferroviaire à grande vitesse néerlando-belge), B737 Max (assistance MCAS, câblage électrique) démontrent l'aveuglement actuel. Quant à l'état de délabrement moral et organisationnel, la commission d'enquête du Sénat (affaire Lubrizol, mai 2020 ³), le

¹ Pour ce qui est de l'avenir, il ne s'agit pas de le prévoir, mais de le rendre possible [de Saint-Exupéry A.]

² Rationalité limitée [H. Simon, 1957]

³ <http://www.senat.fr/rap/r19-480-1/r19-480-1.html>

rapport de l'ASN (déficit de culture de précaution, règles inadaptées, problèmes de compétence et manque de conscience professionnelle dans la culture de la sûreté, mai 2020 ⁴) définissent un avenir bien sombre.

L'optimisation des investissements (avec souvent l'homme au service de la machine), l'économie des services (interchangeables, jetables) avec leur fluidification (machines et réseaux virtuels, cloud computing), la mobilité sans contraintes (5G), l'externalisation avec les services en ligne (Everything-as-a-Service), l'économie partagée (Energy-Savings-Economics, Mobility, Transport-Uber, Hôtellerie-Airbnb) constituent un abandon de capacité. Le renchérissement des services (face à la paupérisation des collectivités, des particuliers, des entreprises) prévisible à terme entraînerait une catastrophe économique. « Les pouvoirs publics peuvent exprimer des vœux, mais rien de plus. Quand on entend ceux qui pensent qu'il suffit d'un peu d'argent pour avoir des batteries modernes pour véhicules, des vaccins contre le coronavirus, des panneaux photovoltaïques, on prend peur » ⁵. En 2019, grâce à son autopilote, une Tesla percute l'arrière d'un poids-lourd, rebelote en 2020 avec cette fois un poids lourd renversé sur une autoroute. A Tempe (Arizona, États-Unis) en 2018, une femme est tuée par un véhicule autonome Uber alors qu'elle traversait la rue en poussant sa bicyclette (sans un coup de frein ou de volant). Jamais depuis la seconde guerre mondiale, les autorités administratives [4] n'avaient accepté des essais *en live* de systèmes immatures (inconcevable en aéronautique, ferroviaire, nucléaire). La séduction du capital prime, on veut généraliser le modèle économique des éditeurs de logiciels qui vendent des produits non finalisés, pour financer leur mise au point, personne n'imaginant qu'ils puissent être parfaits. Les problèmes de gouvernance des algorithmes d'IA (voir également la gestion des chaînes logistiques durant l'épisode Covid-19⁶) ne sont pas seuls en cause. Les exemples de technologies de plus en plus longues à mettre au point se multiplient (catapultes électromagnétiques des CVN 78/79, F-35 Lightning II...). Comme ces bêtes qui deviennent nerveuse à l'approche d'une catastrophe naturelle, notre société semble s'emballer face à son déclin.

Le conformisme est glorifié, sans être défini ! Les médias diffuse par défaut le bien pensé, professé par une poignée de personnages dûment sélectionnés et des images chocs. Et... 50% des citoyens-électeurs se sentent hors la société (élections législatives 2017). Un premier challenge est de former un corps de technologues républicains (sens du bien commun). Un jeune ingénieur est souvent avant tout *corporate*, l'entreprise le lui demande, la société l'a conformé pour cela. Comme le soulignait A. Beaufre et sans doute bien d'autres, l'inclination à n'envisager (ou plus certainement à n'afficher) qu'essentiellement des cas favorables biaise la réflexion. Dans l'esprit de l'histoire critique, la techno-critique [5] permet d'apaiser les débats par une meilleure compréhension des enjeux et problématiques. Employabilité n'est pas soumission (voir pourquoi, malgré la défaillance d'un joint, la navette spatiale américaine Challenger a, en 1986, été lancée). C'est le conformisme qu'il faut fissurer, la rigidité n'est pas puissance.

Trop chères les sciences & techniques (en école d'ingénieur ou lycée professionnel), comme feu le Service National (conscription), on assiste à la disparition de la pratique dans l'indifférence générale (plus d'intérêt ressenti dans un pays désindustrialisé). Il y aura des éveillés pour affirmer qu'il faut des normes (et des audits), des modules de formation, des formations, de l'innovation pédagogique (avec toujours plus d'efforts sur la forme et

⁴ <https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Rapport-de-l-ASN-sur-l-etat-de-la-surete-nucleaire-et-de-la-radioprotection-en-France-en-2019>

⁵ Le Floch-Prigent L., Rapatrier les industries ? Pourquoi pas, mais..., 2020

⁶ Clapaud A., E-commerce : quand le coronavirus fait tousser les IA, LeMagIT, juin 2020

d'équipements connectés), c'est un business... d'un intérêt très relatif, la forme est un luxe qui échappe à la majeure partie des populations. Construire un citoyen en phase, avec des besoins technologiques incertains dans un environnement contingent, nécessite de raviver les fondamentaux intemporels. L'esprit, l'essence d'une société, ne s'achète pas, la culture d'une nation est dans son ADN, d'où l'importance de l'éducation. Il faut permettre à chacun de construire une vision système et techno-critique dès le primaire (rester simple, du fond, de la pratique). Puis, développer une vision système de systèmes et politique (au sens noble du terme), s'il y a besoin d'une matière, elle est peut-être dans l'aide à comprendre les interactions entre enseignements. Ne nous leurrions pas, le compartimentage des enseignements est demandé par les apprenants. Il est certes utile et sans doute nécessaire de se concentrer sur une matière, mais cela s'intègre aussi dans une logique de bachotage où le diplôme se conquiert compartiment après compartiment, brique après brique (on se croirait dans le bâtiment ! C'est un problème culturel). Notre époque manque de sens ⁷! Une époque ne pense pas. C'est à une société de donner un sens à son cours. Si le digital par son côté addict enferme (isole, (ré)éduque) et alanguit (perte de tonus par statisme, perte d'envies autres), il est survenu par notre société mercantile. Comme pour des parents cherchant le calme en plaçant leurs enfants devant une télévision (et pourtant le mécontentement social s'amplifie). La vérité est dans l'humanité et si elle déplaît, alors il faut travailler cette matière. Pas à la soviétique, l'éducation doit permettre à tout citoyen de se forger librement sa propre opinion. C'est une affaire de proposition et de climat. Et si le citoyen éduqué rejette la société, peut-être a-t-elle besoin d'évoluer (ou tout simplement de revenir sur un arrière plus consensuel). Mais si le travail républicain a bien été réalisé, alors par l'éducation, un consensus existera sur les essentiels.

Nombre d'auteurs ont exposé leur vision du processus en cours. Les historiens sont parmi les plus intéressants, leurs travaux permettent de comprendre d'autres sociétés qui ont ou n'ont pas su appréhender le changement (pour diverses raisons). Avec le passé, on possède une grande partie des causes, opportunités saisies ou non, de la construction des conséquences. On peut comparer diverses époques, localisations, cultures avec le détachement nécessaire à la conservation de la raison. Le temps étant contraint, peut de lecture autre que relatifs aux enseignements chez les apprenants, appauvrissement de leur capacité au recul, à la critique de leur position. La contestation de l'environnement de l'apprenant étant à présent inexistante, il n'a plus à remettre en cause sa vision et son comportement social. Pire, par son caractère exceptionnel (tel que ressenti), une contestation exogène sera vivement ressentie, le faire sera compris comme vexatoire, confiscatoire, effet de dérégulation. C'est le résultat d'une éducation où la contrainte, la contestation a été refusée au titre d'un supposé mieux être de l'enfant. Fabriquer des enfants gâtés n'a jamais été gage de société heureuse. Ils ne savent même plus comprendre ce que justice peut signifier en République. Aujourd'hui avoir un avis est être réac [6].

S'il fallait créer quelque chose, dans l'esprit du grand oral au baccalauréat, un argumentaire avec contestation d'un jury sur comment intégrer durabilité et respect de valeurs fondamentales... au travers de sa future fonction, ou de ses supposés futurs actes professionnels aurait l'intérêt de forcer l'apprenant à se projeter dans un avenir avec une conscience de l'impact de ses potentiels actes, de son importance sociale au sein d'une communauté, d'un environnement. Il est dommage que les sciences dites humaines et sociales (dont économiques et écoconception) soient enseignées sous forme de modules solitaires, alors qu'elles devraient

⁷ « On ne cherche pas à progresser soi-même en devenant meilleur dans ce que l'on fait ou bien en se chargeant de quelque responsabilité publique afin de faire progresser les conditions autour de soi ; on pense à progresser en montant jusqu'à un poste plus hautement considéré » [Berry W., ~1950]

participer à donner ce recul. Les heures projet sont devenu un palliatif au manque de moyens (bien qu'elles soient formatrices. On y juge l'aspect communication, plutôt qu'un argumentaire sur comment le travail réalisé respecte l'avenir (qualité de vie, respect de l'environnement...). Un enseignement de philosophie systémique incluant économie, écologie, gestion des ressources (dont déchets/effluents) aurait pour mission de mettre en perspective les enseignements. L'objectif serait d'expliquer les articulations possibles entre les matières et permettre non seulement aux apprenant d'en comprendre les complétudes et interactions, mais aussi de s'approprier un avenir à partir des savoirs proposés. C'est aux générations montantes de se construire ses rêves, de s'imaginer un avenir au sein d'une société dont ils auront en main les rênes. Le système de formation ne doit pas les infantiliser, doit rompre avec l'égoïsme actuel.

Les fondamentaux temporels d'une société se déduisent de la définition de ses intérêts. Encore faut-il quelle est la lucidité et le courage de les définir. Quant aux fondamentaux humains, ils ont peu évolué depuis plusieurs millénaires (accès à l'eau potable et la nourriture en toute saison, protection de sa famille et de ses biens, de son environnement). Changer la société, dans un contexte forcément contingent, est une nécessité qui s'impose progressivement. Même si cela inquiète et que l'économie financière refuse l'obstacle, nature et obsolescences de concepts définiront le soutenable. La formation est un élément de diffusion de doctrine et d'entraînement au sens politique des actes. Jouons notre rôle ! « La chute de la cité des Doges est, en fait, liée à son incapacité à penser un monde nouveau » [7].

Références bibliographiques

- [1] Weber E., La fin des terroirs - 1870-1918, Pluriel, 2010, ISBN 978-2-8185-0129-0
- [2] Christian Morel, Les décisions absurdes III. L'enfer des règles et les pièges relationnels, Paris, Gallimard, coll. « Bibliothèque des Sciences Humaines », 2018, ISBN 978-2-07-272909-6.
- [3] D. Rolo, Mentir au travail, PUF, 2015, ISBN 978-2-13-063531-4
- [4] Nathalie Nevejans, Traité de droit et d'éthique de la robotique civile, Les études hospitalières, 2017, ISBN : 978-2-84874-668-5.
- [5] François Jarrige, Techno-critiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences, La Découverte, 2014, ISBN : 978-2-7071-7823-7.
- [6] Tillinac D., Du bonheur d'être réac - Apologie de la liberté, équateur, 2014
- [7] Coutrensais CP., Thalassocraties et empires maritimes, La guerre et les éléments, direction Baechler J., de Lespinois J., Hermann, 2019, ISBN : 9782705697532

Com. # 6

Calicis Camille, Andres Ludovic, Dendoncker Nicolas, Romainville Marc et Vaillant Michel - Co-conception d'un jeu sérieux pour éduquer au développement durable. Chronique de l'implémentation d'une innovation pédagogique à l'ISTOM (Angers)

Calicis Camille⁽¹⁾, Andres Ludovic⁽²⁾, Dendoncker Nicolas⁽³⁾, Romainville Marc⁽¹⁾, Vaillant Michel⁽²⁾

(1) Université de Namur, Département éducation et technologie, Institut IRDENa

(2) École supérieure d'agro-développement international (Istom), UR AdiSuds

(3) Université de Namur, Département de géographie, Institut Transitions

Résumé

L'ISTOM (école d'ingénieur en agro-développement international) forme des ingénieurs aux métiers des filières agricoles à l'international. Son projet de formation ambitionne d'intégrer davantage au cursus une éducation au développement durable à travers une innovation pédagogique ciblée tout en favorisant l'apprentissage expérientiel. Des enseignants-chercheurs de l'ISTOM s'investissent donc aujourd'hui dans la mise en place de cette innovation pédagogique qui prend la forme d'une recherche-action pluridisciplinaire ayant pour but la conception et l'évaluation d'un jeu sérieux en partant du cas de l'abeille, de ceux qui l'élèvent (apiculteurs) et des rapports qu'ils entretiennent avec la nature et les autres acteurs du territoire apicole du Maine-et-Loire. Cette année, la réalisation d'un diagnostic des formes d'apiculture existantes sur le territoire (formes situées dans un environnement social, économique et écologique donné) est pensée comme première étape de conception du jeu sérieux. La présente contribution vise à (i) rendre compte, pas à pas, de la démarche mobilisée par les enseignants-chercheurs pour mener à bien ce diagnostic et (ii) rendre compte des résultats des entretiens semi-directifs afin d'évaluer ce diagnostic du point de vue des initiateurs (les enseignants chercheurs) et des étudiants commandités pour le réaliser.

Mots-clés : Apprentissage expérientiel, Innovation pédagogique, Education au développement durable

Co-conception d'un jeu sérieux pour éduquer au développement durable. Chronique de l'implémentation d'une innovation pédagogique à l'ISTOM (Angers)

1. Introduction

Malgré l'inclusion du développement durable (DD) dans les curriculums des programmes pédagogiques (Légifrance), force est de constater que la manière dont doit être mise en œuvre l'éducation au développement durable (EDD) au sein de la formation d'ingénieur pose encore question (Prevost & Jouffray, 2013). L'école supérieure en agro-développement international (ISTOM) souhaite former des ingénieurs capables de répondre aux enjeux planétaires actuels, en innovant et en apportant des solutions en termes d'ingénierie et de recherche, pour un développement agricole socialement et écologiquement responsable. Son projet de formation ambitionne d'intégrer davantage au cursus une EDD à travers des innovations pédagogiques favorisant l'apprentissage expérientiel (Healey & Jenkins, 2000). Des enseignants-chercheurs, ayant observé au fil de leur pratique les limites de la transmission magistrale du savoir, notamment la perte d'attention et la passivité des étudiants, ont émis l'intention de diversifier ces formes de transmission en combinant des cours magistraux à un apprentissage expérientiel par l'intégration au sein du cursus d'un jeu sérieux¹ (JS) (Djaouti, 2016). Intitulé « Apigame », ce jeu vise à permettre aux joueurs de comprendre les enjeux du DD à travers la compréhension des réalités des apiculteurs du Maine-et-Loire, leurs contraintes et les leviers dont ils disposent pour mettre en place une démarche de DD au sein de leur pratique professionnelle. Le système apicole du Maine et Loire contribue à illustrer les problématiques économiques (viabilité, productivité, écoulement), sociales (modèle et statut de l'exploitation, relation entre acteurs du territoire) et environnementales (proximité de système « polluant », type de couvert végétal, recherche d'écosystème propice à la production de miel) caractérisant les dimensions de la notion de DD (Kouchner et al., 2019).

Afin d'ancrer ce JS dans les réalités territoriales, les enseignants-chercheurs ont conçu un exercice visant à réaliser le diagnostic des formes d'apiculture existantes sur le territoire. L'objectif de cette communication, est de donner au lecteur des pistes pour la mise en œuvre de l'EDD en formation d'ingénieur à partir de l'analyse de l'intention des enseignants en termes d'EDD via cet exercice et de la comparaison entre cette intention et la manière dont elle est perçue et intégrée par les étudiants.

2. Présentation de l'exercice

L'exercice a été réalisé entre janvier et juin 2020 par des étudiants de 4^{ème} année dans le cadre de la Mission Jeunes Experts (MJE). Cet exercice repose sur des groupes (entre 8 et 10 étudiants) qui fonctionnent durant deux ans comme un bureau d'expertise dans le cadre duquel ils doivent construire une méthodologie pour étudier un objet complexe avant de se rendre sur le terrain pour la mettre en œuvre. L'équipe d'enseignants-chercheurs s'est positionnée en tant que commanditaire potentiel en lançant un appel d'offre pour la réalisation du diagnostic des formes d'apiculture existant sur le territoire en vue de la mise en place d'Apigame.

Le Tableau 1 ci-après permet de visualiser les différentes étapes du diagnostic et les rôles de chacun.

¹ outil pédagogique ludique utilisé en l'éducation

Tableau 1. Rôle des étudiants et des enseignants au sein de l'exercice

Rôle des enseignants	Rôle des étudiants
Création des outils d'encadrement (= appel d'offre) et sélection sur base d'une note de positionnement et de contextualisation, le groupe d'étudiants ayant développé la compétence de compréhension du projet en lien avec une mobilisation des ressources bibliographiques	Répondre à un <u>appel d'offre</u> pour la réalisation de l'étude de terrain (contextualisation du système apicole dans la région de Maine et Loire)
Mise en place d'un protocole de conception de guide d'entretien	<u>Planification de l'enquête</u> : Conception d'un guide d'entretien et planification de la phase de terrain
Calibration des outils de récolte d'information Accompagnement des étudiants sur le terrain lors de deux entretiens	<u>Réalisation de l'enquête</u> sur le terrain (diagnostic du système apicole et de son interaction avec son environnement social, économique et environnemental)
Traitement des données en vue d'établir les scénarios du jeu	Création d'une base de données afin de catégoriser les récits des acteurs du territoire et de réaliser le diagnostic
Entretien semi-structuré avec la chercheuse afin d'évaluer les intentions d'apprentissages	Entretien semi-structuré avec la chercheuse afin d'évaluer la perception des apprentissages

Dans le diagnostic effectué par cette MJE, nous retrouvons une analyse de l'apiculture faite à différentes échelles, à savoir : à l'échelle de l'apiculteur, du système de production et du département du Maine-et-Loire. Le livrable a fait ressortir tant les relations des apiculteurs avec les agriculteurs que des apiculteurs entre eux. Ensuite, en ce qui concerne les problématiques actuelles des colonies à travers l'utilisation de produits phytosanitaires, les pratiques agricoles et le combat contre certaines maladies et parasites, ils ont illustré comment les acteurs s'emparent de ces questions socialement vives à différentes échelles sur le territoire. Sur la base de ces analyses, les étudiants ont imaginé certains éléments du jeu pouvant illustrer l'interdépendance entre les acteurs à différentes échelles. Malgré la qualité des résultats et des analyses obtenus, il ressort que la notion de DD a peu ou pas été abordée avec les apiculteurs. Un mémoire réalisé en 2020 par une étudiante de l'ISTOM a notamment approfondi ce sujet [8].

3. Méthodologie

3.1 Récolte des données

Des entretiens semi-structurés ont été menés auprès des deux enseignants concepteurs de l'exercice et auprès des étudiants de la MJE. Ils ont été basés sur une grille d'entretien au sein de laquelle une série de questions abordait l'intention des enseignants en termes d'EDD d'une part et, en « vis-à-vis », la perception des étudiants concernant cette EDD, d'autre part.

3.2 Traitement des données

Les données issues des entretiens avec les étudiants et avec les enseignants ont été traitées de

manière qualitative (à l'identique pour les deux publics ciblés) par l'intermédiaire du logiciel NVivo. A partir de la retranscription intégrale des deux entretiens de groupe (2 enseignants et 10 étudiants), le texte a été codé, fragment par fragment, et réarrangé en une liste de catégories faisant émerger les thèmes principaux sur base de la théorie ancrée (Aubin-Auger et al., 2008).

4. Résultats et analyse

Les résultats seront structurés et analysés de telle sorte à, d'une part, faire ressortir les intentions des enseignants en termes d'EDD et, d'autre part, faire émerger l'existence, ou non, d'un écart entre ces intentions et la manière dont elles ont été perçues par les étudiants.

4.1 Un questionnement commun

4.1.1 Autour de la notion de DD

Autant les enseignants que les étudiants pointent le flou conceptuel qui entoure la notion de DD lorsqu'ils sont confrontés frontalement à la question « *En quoi cet exercice permet de s'appropriier les concepts liés au DD ?* ». Les enseignants expriment « *qu'en fait, cette question, elle ne va pas être éludée* » car elle soulève justement les questionnements qu'ils se posent sur la notion de DD « *en tant qu'enseignants-chercheurs* » mais aussi « *en tant que personne, individu* ». Cette difficulté pour les enseignants de définir les concepts mobilisés au sein de leur cours qui font référence au DD irait de pair, selon Prevost et Jouffray (Prevost & Jouffray, 2013), avec le caractère diffus de la notion dans toutes les disciplines, qui ne permet pas de savoir ce qui doit être précisément enseigné.

Du côté des étudiants, cette compréhension incertaine du DD serait due au fait que leur génération « *aborde le DD depuis tout petit* », que « *c'était un peu DD à toutes les sauces, tout le temps [...] et du coup, c'est très difficile de savoir... De nos jours en fait, il veut un peu tout et rien dire quoi. Donc on était un peu déstabilisés* ». Ils pointent également la dimension sociétale de ce flou conceptuel qui sort des murs de leur institution et percute de plein fouet les acteurs interrogés :

« Notre difficulté à répondre du coup, aux questions [...] sur le DD, je pense que c'est la même chose pour les apiculteurs. Tous les gens qu'on a rencontrés, ils ont entendu parler de cette notion, par contre, quand on leur demande vraiment de faire un lien, un parallèle entre cette notion et eux comment ils la voient, l'impact que ça peut avoir et leur porte d'entrée sur l'apiculture chez eux, ils ne vont pas réussir à y répondre non plus. »

4.1.2. Autour du terme « DD »

Au-delà de ce que la notion invoque, c'est le terme lui-même qui est remis en question. Les enseignants évoquent de leur côté une logique de « *transition* » alors que les étudiants mentionnent les notions de « *soutenabilité* » et de « *résilience* ». Aucun d'eux ne donne toutefois de définition précise des termes évoqués et il ressort que l'utilisation du terme « DD » a été choisie par les enseignants pour suivre les traces du ministère chargé de l'Éducation nationale. Il est de toute façon illusoire selon Prevost et Jouffray (Prevost & Jouffray, 2013) de chercher à définir ce terme tant il est utilisé dans différents univers sociaux et ne s'est pas construit scientifiquement au sein d'une discipline.

4.2. L'intention pédagogique des enseignants d'alimenter ce questionnement

Les enseignants expriment dès le départ que les intentions d'EDD n'étaient pas clairement affichées, elles chapeautaient plutôt un cadre général afin d'alimenter leur propre questionnement sur la notion de DD abordée dans le point 4.1.2.

« On n'a pas en fait de choses clairement affichées, parce que dans le processus de co-construction du jeu et cette réflexion au sein de l'apiculture, en lien avec le DD ou les piliers du DD, c'est justement l'aboutissement de ce travail qui va aussi nous permettre d'alimenter cette réflexion. »

Les étudiants ont donc orienté leurs enquêtes en partant de ce questionnement mais puisqu'ils ne situaient pas cette notion comme centrale dans le discours des acteurs interrogés, ils ont pris le pli de ne pas en faire la porte d'entrée de leur travail.

« Pour élaborer le questionnaire d'enquête, donc on a porté notre réflexion sur les piliers [du DD]. On a essayé de les faire un peu tout ressortir, mais c'est vrai qu'en fait, arrivés sur le terrain, ce n'est pas le DD qui a guidé les enquêtes. En fait, on a abordé un peu tout, mais ce n'est pas l'angle par lequel les apiculteurs ils parlent plus de leur activité. [...] Du coup, on n'a pas trouvé que c'était forcément l'entrée la plus intéressante de l'étude. »

Néanmoins, l'avis des deux parties interrogées se rejoignent quant à l'aboutissement de l'autre but visé par l'exercice lorsqu'il n'est pas fait mention de la notion de DD ; à savoir, développer une plus grande compréhension des formes d'apiculture existant sur le territoire du Maine et Loire pour construire un JS qui reflète la complexité d'une situation réelle. Derrière cette notion de « *compréhension du territoire local* », on peut retrouver implicitement des éléments de l'EDD en ce sens qu'elle aborde la compréhension de la structuration sociale, politique et économique qui aménage l'espace étudié [6]. Cette compréhension du territoire, les enseignants veulent qu'elle provienne du terrain lui-même, dans une logique d'apprentissage expérientiel sous-tendant une EDD (Lange & Martinand, 2010) et pour mettre l'étudiant dans une posture où il doit résoudre des problèmes en prenant en compte toute la complexité inhérente au territoire :

« Confronte-toi au terrain parce que tu dois avoir des logiques de terrain pour pouvoir faire émerger des solutions. On dit toujours qu'un ingénieur, il doit trouver des solutions aux problèmes. Parce que si on ne comprend pas le terrain, c'est impossible. »

Les étudiants semblent avoir perçu l'intérêt de cet apprentissage expérientiel partant du terrain pour le remobiliser dans leur futur professionnel.

« C'est toujours très intéressant [...] de mettre en application sur le terrain, des choses qui sont purement théoriques à la base. Et maintenant, on a à peu près cerné les compétences et les connaissances qu'on va devoir approfondir, pour vraiment devenir en fait, un ingénieur dans un an, un an et demi. »

Si l'on considère l'EDD « *avant tout comme un changement d'état d'esprit, une manière différente d'appréhender, de voir, de comprendre le monde et de se projeter dans l'avenir* » (Pellaud, 2011), l'objectif semble ici atteint, mais reste difficilement évaluable et nécessite d'être explicitement formalisé.

4.3. L'importance du feedback

Si les étudiants sont conscients d'avoir acquis des compétences de l'ingénieur leur permettant de répondre à un appel d'offre, ils expriment avoir eu du mal à comprendre le sens de ce qui

leur était demandé par rapport au DD. Cela montre l'importance pour l'enseignant, de construire un « *espace commun de signification* » [7] avec ses étudiants sans quoi les apprentissages escomptés ne se font pas forcément ou en tout cas plus difficilement. Dans ce cas-ci, la construction d'une représentation commune de la notion de DD lors d'un feedback aurait permis de sortir de l'implicite de l'EDD (Prevost & Jouffray, 2013). Il est clair que la situation sanitaire due à la Covid-19 a quelque peu entravé le bon déroulement de la fin de l'exercice qui n'a pas fait émerger de réel moment de feedback. De même, une restitution aux acteurs locaux et à leurs pairs étudiants n'a pas pu avoir lieu et aurait pu permettre aux étudiants une prise de recul sur l'intérêt et le sens du travail réalisé.

5. Conclusion

Il ressort de cette étude que la mise en œuvre de l'EDD à travers l'apprentissage expérientiel d'un travail partant du terrain semble pertinente mais nécessite que soit intégré au processus un temps formel de construction d'une représentation commune de la notion de DD. Ce temps peut se situer à priori ou à postériori en fonction des intentions pédagogiques affichées par l'innovation pédagogique. Un feedback à posteriori se doit d'être mis en place pour permettre aux étudiants d'entrer dans une posture réflexive qui pourra alors avoir un impact sur leur compréhension du monde de manière à ce qu'ils y agissent de manière éclairée dans le futur.

Références bibliographiques

- Aubin-Auger, I., Mercier, A., Baumann, L., Lehr-Drylewicz, A.-M., Imbert, P., & Letrilliart, L. (2008). Introduction à la recherche qualitative. *Exercer*, 84(19), 142-145.
- Djaouti, D. (2016). Serious Games pour l'éducation : utiliser, créer, faire créer ? *Tréma* (44), 51-64. doi:10.4000/trema.3386
- Healey, M., & Jenkins, A. (2000). Kolb's Experiential Learning Theory and Its Application in Geography in Higher Education. *Journal of Geography*, 99(5), 185-195. doi:10.1080/00221340008978967
- Kouchner, C., Ferrus, C., Blanchard, S., Decourtye, A., Basso, B., Le Conte, Y., & Tchamitchian, M. (2019). Bee farming system sustainability: An assessment framework in metropolitan France. *Agricultural Systems*, 176, 102653.
- Lange, J.-M., & Martinand, J.-L. (2010). *Curriculum de l'EDD : principes de conception et d'élaboration*. Paper presented at the Colloque International " Education au développement durable et à la biodiversité : concepts, questions vives, outils et pratiques", Digne les Bains, 2010.
- Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, article 55 C.F.R.
- Pellaud, F. (2011). *Pour une éducation au développement durable* : Editions Quae.
- Prevost, P., & Jouffray, A. (2013). Le développement durable dans les formations d'ingénieur en France : comment se situer entre formation professionnelle et « éducation à... ». L'exemple de la formation d'ingénieur agronome. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE* (33).

Com. # 7

Pommeray Delphine - Développement durable : se former et enseigner avec le numérique

Développement durable : se former et enseigner avec le numérique

Delphine Pommeray

Directrice de la fondation UVED – Fondation Université Virtuelle Environnement & Développement Durable - Site Jacques Monod - 46, Allée d'Italie, 69364 LYON Cedex 07

Résumé

Les transitions écologique et énergétique font partie des grands défis du 21^{ème} siècle. Pour y répondre, il est primordial que tous les étudiants, acteurs économiques en devenir et futurs ingénieurs, soient informés, sensibilisés et formés à ces enjeux planétaires vitaux.

Dans ce contexte d'urgence écologique et climatique, et de mobilisation croissante des lycéens et des étudiants, il est essentiel d'aider les établissements d'enseignement supérieur, et notamment les écoles d'ingénieurs, à outiller rapidement les enseignants pour qu'ils se forment, pour pouvoir former au mieux leurs étudiants aux enjeux environnementaux et de transition écologique, quel que soit leur cursus, et à intégrer ces enjeux dans les formations, toutes disciplines confondues.

Compte tenu des difficultés et des freins auxquels sont confrontés les universités et les grandes écoles pour mettre en place des formations au Développement Durable, la Fondation UVED (Université Virtuelle Environnement & Développement durable) joue, depuis plusieurs années, un rôle central en mettant à la disposition des enseignants, enseignants-chercheurs et responsables de formation, des outils, des ressources pédagogiques et des parcours numériques de qualité, en libre accès, à utiliser comme supports ou comme compléments à leurs enseignements. Ces e-contenus pédagogiques, réalisés par des scientifiques, sont expertisés et labellisés, garantissant ainsi leur qualité.

Mots-clés : ressources pédagogiques, outils, numérique, usages, innovations pédagogiques

Les transitions écologique et énergétique font partie des grands défis du 21^{ème} siècle. Pour y répondre, il est primordial que tous les étudiants, futurs ingénieurs et acteurs économiques en devenir, soient informés, sensibilisés et formés à ces enjeux planétaires vitaux. Ce point est d'ailleurs aujourd'hui défini comme étant l'un des éléments essentiels d'une formation d'ingénieur ([CTI, 2019](#), p.34).

Mais les enseignements sur les enjeux environnementaux et de transition écologique sont encore trop peu souvent présents dans le tronc commun des formations des écoles d'ingénieurs ([Shift Project](#), rapport intermédiaire « Former l'ingénieur du XXI^e siècle », 2020).

Afin d'accélérer cette prise en compte, dans un contexte d'urgence écologique et climatique et de mobilisation croissante des lycéens et des étudiants, il est essentiel d'aider les établissements d'enseignement supérieur, et notamment les écoles d'ingénieurs, à outiller rapidement les enseignants pour qu'ils se forment et puissent former au mieux leurs étudiants aux enjeux environnementaux et de transition écologique, quel que soit leur filière.

Compte tenu des difficultés et des freins auxquels sont confrontés les universités et les grandes écoles pour mettre en place des formations au Développement Durable, la Fondation UVED (Université Virtuelle Environnement & Développement durable) joue, depuis plusieurs années, un rôle central en mettant à la disposition des enseignants, enseignants-chercheurs et responsables de formation, des outils, des ressources pédagogiques et des parcours numériques de qualité, en libre accès, à utiliser comme supports ou comme compléments à leurs enseignements. Ces e-contenus pédagogiques, réalisés par des scientifiques, sont expertisés et labellisés, garantissant ainsi leur qualité.

Fournir les connaissances de base et les clés de compréhension indispensables aux étudiants ingénieurs

Il est indispensable de former des ingénieurs capables de comprendre et d'analyser la complexité du monde ([Shift Project](#), rapport intermédiaire « Former l'ingénieur du XXI^e siècle », 2020).

Pour cela, leurs enseignements ou les ressources/formations numériques complémentaires à leurs cours doivent leur apporter des connaissances de base (Objectifs de Développement Durable, Energie, Climat, Biodiversité,...) et leur permettre d'acquérir des compétences telles que la gestion de la complexité, le développement de l'esprit critique, l'acquisition de compétences transversales, l'appréhension des controverses, ainsi que des compétences en matière de changement et de prospective ou encore la capacité à se projeter dans le futur ([CGE & CPU](#), 2016).

La mise en place d'enseignements communs à toutes les disciplines, d'un socle commun de connaissances de base pour identifier les enjeux permettrait de créer une culture générale partagée. Mais toute la difficulté repose sur la définition même de ce socle commun de connaissances et sur la généralisation d'un enseignement de ces enjeux, adapté à chaque cursus.

Dans ce contexte, il est important de proposer des ressources générales permettant d'être intégrées à des enseignements communs en début de cursus, et des ressources faisant l'objet de déclinaisons disciplinaires, permettant une appropriation dans des filières et des applications par discipline variées.

La stratégie d'UVED n'est donc pas d'imposer une manière d'aborder le développement durable ou la transition écologique dans le supérieur, mais bien de multiplier les portes d'entrée thématiques, disciplinaires et par niveau pour que chaque établissement, en fonction de la stratégie qu'il aura définie, puisse trouver des ressources d'intérêt sur le portail de la fondation.

Proposer une grande diversité de portes d'entrée pour accéder aux ressources

Les étudiants ont besoin de ressources sur des connaissances de base par rapport à toutes ces questions. UVED propose pour cela une très grande diversité thématique de ressources pédagogiques numériques.

Une première grande entrée concerne les enjeux environnementaux. Il s'agit de tous les sujets liés aux limites planétaires, comme par exemple le changement climatique, l'érosion de la biodiversité, ou à la finitude des ressources de la Terre. Les ressources pédagogiques numériques proposées par UVED permettent de définir ces notions, de comprendre les dynamiques actuelles et de découvrir les scénarios des scientifiques pour les prochaines décennies.

UVED a d'ailleurs réalisé un dossier pédagogique et intégré **six entrées** en page d'accueil du portail UVED en vue de favoriser une approche pluridisciplinaire et systémique des problématiques environnementales et de les appréhender dans toute leur complexité :

1. Les défis
2. Les bases
3. Les problématiques environnementales
4. Les enjeux
5. Les solutions
6. Les adaptations

68 vidéos pédagogiques d'UVED ont ainsi été réparties parmi ces entrées afin de faciliter la recherche et l'usage de ressources pour une meilleure compréhension et l'enseignement des enjeux environnementaux dans le supérieur.

Une deuxième grande entrée concerne le **concept de développement durable** qui est plus que jamais sur le devant de la scène avec l'agenda 2030 des nations unies et les 17 Objectifs de Développement Durable. Les ressources d'UVED permettent de comprendre ce concept, les valeurs sous-jacentes, les représentations, les jeux d'acteurs, ou encore d'appréhender la complexité du passage à l'action.

Une troisième grande entrée porte sur ce qu'on appelle **les transitions**. Il s'agit là de modèles et d'approches opérationnelles qui pourraient permettre de relever ces grands défis environnementaux et de développement durable. Il est aujourd'hui beaucoup question de transition écologique, mais aussi de transition énergétique ou encore de transition vers un modèle d'économie circulaire ; ces transitions devant s'appuyer de plus en plus sur ce qu'on appelle des solutions fondées sur la nature. Il est bien sûr important de comprendre ce que recouvre chacun de ces modèles, et surtout d'en appréhender les conditions du succès.

Mais il existe bien d'autres entrées comme par exemple la RSE et UVED met en avant cette diversité de sujets et d'approches par l'intermédiaire notamment des Focus ou encore de dossiers pédagogiques. Chacun de ces documents électroniques propose un assemblage de ressources UVED sur un sujet en particulier.

Enfin, les étudiants ingénieurs ont aussi besoin de ressources qui parlent aux disciplines enseignées dans leur établissement. C'est pour cette raison qu'UVED propose de retrouver, pour chacune des mentions de Licence, une sélection de ressources qui correspondent davantage à des mentions disciplinaires.

Produire des éléments de cours facilement réutilisables

Depuis quelques années, la priorité d'UVED a été donnée à la production de ressources pédagogiques numériques et audiovisuelles « granularisées » afin de répondre aux besoins des enseignants qui attendent des éléments de cours (appelées « grains pédagogiques ») qu'ils peuvent facilement se réapproprier, utiliser, intégrer dans leurs cours. La production de ressources unitaires courtes, numériques ou audiovisuelles, facilement réutilisables, est privilégiée. Les collections de grains sont produites de manière à ce que les enseignants puissent se réapproprier aisément chaque grain de la collection.

UVED s'est aussi engagée dans la production et la coordination de MOOC (cours en ligne, gratuits, ouverts à tous) en vue de sensibiliser, d'éduquer, d'informer et de former, gratuitement, un très large public autour de grands défis sociétaux et problématiques environnementales.

Mais si les MOOC constituent une opportunité de démocratiser l'accès au savoir, les vidéos qui constituent ces cours en ligne, disponibles en libre accès en dehors des sessions ouvertes sur la plateforme de diffusion, constituent aussi une opportunité pour l'enseignement et offrent des perspectives intéressantes en termes d'usage. Car les MOOC sont aussi un assemblage de vidéos, de ressources pédagogiques audiovisuelles de qualité, courtes, autonomes facilement réappropriables par les enseignants-chercheurs. Le format des vidéos facilite les usages.

UVED déploie donc une stratégie de promotion, de suivi des usages, et d'accompagnement des enseignants afin qu'ils utilisent, s'approprient et intègrent tout ou partie des MOOC dans le cadre de démarches pédagogiques innovantes.

Les enseignants sont demandeurs d'avoir à disposition les vidéos des MOOC pour pouvoir les utiliser et les intégrer dans leurs enseignements, pour réaliser des classes inversées, du présentiel enrichi, etc. Ils sont de plus en plus nombreux à s'approprier les vidéos des MOOC, qu'ils peuvent facilement adapter en fonction de leur contexte d'enseignement.

Intégrer les enjeux environnementaux dans les formations de l'ingénieur : l'utilisation des ressources pédagogiques numériques par les enseignants

Hors contexte MOOC, les ressources et les vidéos peuvent donc être utilisées dans le cadre d'activités de formation initiale, intégrées et réutilisées dans les enseignements pour différents contextes d'usage, en respectant la Licence Creative Commons correspondante. Ces vidéos, seules ou bien organisées en parcours de formation, permettent à la fois d'apprendre autrement mais c'est aussi une autre façon d'enseigner, une manière de renouveler l'enseignement, de l'enrichir, de le dynamiser. Les retours que nous avons collectés depuis 2016 auprès d'enseignants-chercheurs nous montrent qu'ils sont de plus en plus nombreux à s'approprier ces ressources, et le contexte de crise sanitaire actuel a amplifié cette tendance. Il en ressort une grande diversité d'usages dans le cadre d'enseignements qui visent à aborder ces enjeux de transition écologique ou de développement durable.

Ce peut être par exemple pour enrichir un enseignement en présentiel, en intégrant une ressource UVED comme support de cours. Le principe est d'enrichir une formation en présentiel en utilisant des supports multimédias, comme par exemple des vidéos. Ces supports servent d'appui pour les interactions entre l'enseignant et les étudiants, comme ils peuvent permettre d'introduire des notions situées à la périphérie du cours et pour lesquelles l'enseignant n'a pas forcément une expertise fine.

Ce peut être par exemple pour évaluer des acquis ou des connaissances, en demandant aux étudiants de commenter une vidéo.

Ce peut être par exemple pour approfondir un sujet après un cours, en prescrivant aux étudiants des ressources complémentaires accessibles à tous.

Ce peut être par exemple pour animer différemment un cours, en demandant aux étudiants de visionner plusieurs vidéos avant ce cours. Ce principe de classe inversée est l'un des moyens de tirer le maximum de bénéfices de l'utilisation de ces vidéos. « Dans la proposition de la classe inversée, la classe doit devenir un lieu où les étudiants confrontent et soulèvent leur compréhension de la matière, grâce à des exercices d'apprentissage actif, principalement réalisés en groupe. Pour ce faire, ils se préparent avant le cours en faisant, par exemple, des lectures, ou en écoutant des vidéos, sur la matière qui sera travaillée en classe. » (Guilbaut et Viau-Guay, 2017)

Préconiser la consultation de ressources complémentaires est un moyen d'inviter les étudiants, à la fin d'un cours, à visionner une ou plusieurs vidéos complémentaires, dans un délai raisonnable.

Ce peut être aussi pour initier les étudiants à la formation à distance, en proposant par exemple aux étudiants de suivre un MOOC.

Ce peut être enfin pour tester ou évaluer les connaissances des étudiants, grâce aux tests de positionnement qui, dans un objectif de remédiation, renvoient vers les ressources d'UVED et notamment vers les vidéos des MOOC produits et coordonnés par la fondation.

Exemple d'usage avec les 40 élèves ingénieur de 3^{ème} année de l'ENSEGID – Bordeaux INP

Depuis 2019, ces élèves ingénieur doivent suivre dans le cadre de leur enseignement de tronc commun le MOOC Economie circulaire et innovation, afin d'être mieux informés de cette approche que beaucoup de secteurs d'activité intègrent. En 2019-2020, ils devaient visionner sur une période donnée l'ensemble des vidéos du MOOC, accessibles sur le portail UVED, 4 temps d'échange étant assurés en présentiel avec Sandrine Courvoisier (MCF, Bordeaux INP) qui pilotait l'initiative. A noter l'importance d'un premier temps d'échange pour présenter le dispositif, la façon de fonctionner ou encore le mode d'évaluation. En 2020-2021, ils devaient s'inscrire au MOOC sur Fun-Campus et obtenir sur la base de quiz et d'un devoir évalué par les pairs un score supérieur ou égal à la moyenne. Le forum était ouvert et animé et 3 temps d'échanges par visioconférence sont venus compléter le dispositif. Ce travail était intégré dans la maquette et dans l'emploi du temps, à raison de 2h de travail « libre » par semaine de cours et des différents temps d'échanges.

Exemple d'usage avec les 78 élèves ingénieur de 2^{ème} année de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Lille

Pour cette année 2020/2021, Gaëlle Fontaine (PR, Centrale Lille) a demandé à ses étudiants de suivre le MOOC d'UVED sur les Objectifs de Développement Durable sur Fun-Campus, l'objectif étant qu'ils connaissent cet Agenda 2030 du développement durable et les défis relatifs à sa mise en œuvre. Les élèves doivent suivre l'ensemble du cours sur une période donnée, et valider le MOOC en obtenant la moyenne aux quiz proposés. Cette initiative intègre une stratégie plus large de sensibilisation des élèves ingénieurs au développement durable, qui s'étale sur les 3 années de la formation à l'ENSCL.

Afin d'accompagner au mieux les enseignants pour qui ces usages ne sont pas toujours familiers, UVED a réalisé en 2018 quatre « Guides d'usage des vidéos UVED » dans différents contextes d'usage en formation initiale : en classe inversée, en présentiel enrichi, en formation à distance, comme ressources complémentaires.

Ces guides apportent les informations nécessaires d'un point de vue pédagogique et technique pour permettre aux enseignants de réutiliser et d'intégrer les vidéos UVED dans leurs propres contextes d'enseignement.

Faciliter l'utilisation des ressources pédagogiques numériques UVED

Pour encourager et faciliter l'usage des ressources pédagogiques numériques, UVED a mis en place une plateforme Moodle dont l'objectif est de permettre aux établissements de récupérer les contenus des MOOC UVED, de les intégrer plus facilement dans leur propre plateforme, de

faciliter leur réappropriation par les enseignants et de développer ainsi les usages dans le cadre des activités de formation initiale. C'est aussi permettre aux enseignants de disposer de contenus pédagogiques de qualité pour se former et former leurs étudiants. Les enseignants des écoles d'ingénieurs membres d'UVED ont la possibilité de télécharger les parcours thématiques (vidéos des MOOC UVED) sur les grands défis sociétaux et problématiques environnementales depuis la plateforme Moodle d'UVED, de les intégrer dans leur propre plateforme et de les utiliser dans le cadre de leurs activités de formation initiale. Ce sont donc des formations clés en main qu'ils peuvent télécharger, récupérer et utiliser comme supports ou compléments aux enseignements.

Pour développer l'utilisation des ressources, UVED réalise aussi un travail d'accompagnement des enseignants des écoles d'ingénieurs en organisant des webinaires, en mettant à disposition des guides d'usage, en sélectionnant les ressources les plus pertinentes et les plus appropriées par rapport à leurs enseignements mais également en mettant en place un espace de type réseau social pour que les enseignants d'écoles et de disciplines différentes puissent échanger, partager, co-construire, réfléchir sur la déclinaison, l'appropriation, l'ajustement des ressources (UVED) par discipline.

Com. # 17

Borderieux Julien et Proust Chantal - *Impact de l'intégration du SULITEST dans une formation de cycle ingénieur*

Julien BORDERIEUX, Enseignant, Directeur du Pôle Humanités de Polytech Orléans, julien.borderieux@univ-orleans.fr

Chantal PROUST, Maître de conférences, chantal.proust@univ-orleans.fr

Résumé

L'objectif de l'article est de montrer l'impact de l'intégration du SULITEST (1) (test fourni par une plateforme internationale soutenue par l'Initiative de l'Enseignement Supérieur pour le Développement Durable (2), et visant à mesurer le taux de « *sustainability literacy* » des étudiants, ou « et connaissances à mettre au service d'un avenir durable ») dans une formation de cycle ingénieur à Polytech Orléans, sur **quatre** années consécutives (2017-2020).

Après une présentation du SULITEST et de son fonctionnement, l'article s'attachera à préciser le contexte dans lequel l'École Polytechnique de l'université d'Orléans a choisi d'utiliser cette plateforme auprès de ses étudiants mais aussi de ses personnels. Puis l'on décrira le déploiement du SULITEST en amont et en aval du cycle de formation, pour finir avec une analyse des résultats de cette intégration du dispositif dans le cursus d'élèves ingénieurs de Troisième (préparation du test) et de Quatrième année (étude d'outils pour chiffrer l'empreinte environnementale : bilan carbone, bilan produits ; analyse de cycle de vie, sur sept spécialités distinctes.

Le propos, qui s'appuiera sur l'extraction de données indiquant l'impact du test sur les apprenants, établira un bilan de la portée de ce type de test à prétention certifiante dans une formation d'ingénieurs : entre élévation de la prise de conscience du caractère multifactoriel des enjeux climatiques et intégration fine aux impératifs d'une formation en prise avec le monde industriel en passant, chez certaines populations d'élèves, par des stratégies d'apprentissage diverses.

Mots-clefs : littératie du développement durable, certification, formation au développement durable, SULITEST, école d'ingénieurs

Introduction

La vocation du Sulitest est de mesurer le taux de *littéracie du développement durable* des apprenants, et l'étude de son intégration dans la formation d'élèves-ingénieurs généralistes nous a permis d'évaluer l'impact d'un tel outil en termes de pédagogie comme de prise de conscience environnementale.

Nous présenterons le Sulitest de manière générale, puis expliquerons les raisons qui ont amené Polytech Orléans à l'intégrer dans ses Unités d'enseignement en cycle ingénieur, sur quatre spécialités distinctes. Après avoir rendu compte de la manière dont le test est présenté aux élèves puis mis en place entre la 3ème et la 4ème année du cycle ingénieur, nous nous attacherons à analyser les résultats de l'utilisation de ce test, d'un point de vue quantitatif puis qualitatif.

1. Sulitest : présentation

Après une présentation du Sulitest et de son fonctionnement, nous précisons le contexte dans lequel l'École Polytechnique de l'université d'Orléans a choisi d'utiliser cette plateforme auprès de ses étudiants mais aussi de ses personnels.

1.1. Le Sulitest

Test en ligne fourni par une plateforme internationale, le « *Sustainability Literacy test* », ou « Sulitest » est parfois décrit comme le « Toefl du développement durable (3) », c'est-à-dire un test qui permet tout autant, en matière de développement et de responsabilité sociétale et environnementale, de vérifier les connaissances d'apprenants (étudiants, membres d'une communauté éducative, etc.) que d'en améliorer le niveau général. Ce test, mis en avant dans le cadre de la conférence des Nations unies sur le développement durable en 2012 au Brésil (4), a été initialement conçu en 2013 dans les murs d'une grande école de commerce française (5), puis décliné à l'international (il est actuellement géré par une organisation non gouvernementale (6)).

Le test (qui dispose d'une version non-diplômante, gratuite, et d'une version diplômante, payante) propose cinquante questions à choix multiples générées de manière aléatoire en s'appuyant sur des bases de données internationales, à l'initiative d'un *examineur* (*i.e.* un membre de la communauté éducative déployant le Sulitest en son sein) : les 30 premières questions sont génériques et internationales, les 20 suivantes calibrées par l'examineur qui a la possibilité de filtrer les questions en les adaptant aux spécificités nationales des apprenants qu'il encadre (possibilité de panachage des questions) (7).

1.2. École d'ingénieurs et développement durable

Depuis 2012, Polytech Orléans, École d'ingénieurs de l'Université d'Orléans, s'est doté d'un groupe de travail visant tout à la fois à installer une démarche DDRSE¹ auprès des personnels et des étudiants, et à intégrer l'apprentissage de cette démarche dans la carte des formations. Dans le cadre de cet objectif, l'intégration du Sulitest a été envisagée dans le but d'élever la prise de conscience des élèves (mais également des personnels²) de l'école en matière de

¹ Développement Durable et Responsabilité Sociétale et Environnementale

² Le test a ainsi été proposé aux 150 personnels enseignants, enseignants-chercheurs, administratifs et techniques de l'école lors d'un séminaire interne en 2018.

développement durable et de responsabilité environnementale (8). Les élèves ont ainsi été entraînés et testés chaque année dans le cadre du Sulitest depuis 2017 : à l'origine des élèves de 4^{ème} année (2^{ème} année du cycle ingénieur), mais actuellement le dispositif d'intégration du test débute en 3^{ème} année (1^{ère} année du cycle ingénieur), sur 7 spécialités de l'école (Génie civil et géo-environnement ; Génie physique et systèmes embarqués ; Technologies pour l'énergie, l'aérospatial et la motorisation ; Innovation en conception et matériaux ; *Smart building* ; Génie industriel pour la cosmétique, la pharmacie et l'agro-alimentaire ; Management de la production), soit une population de 250 élèves par an (dont une fraction d'élèves étrangers, notamment chinois du programme international Polytech Mundus (9)).

2. Déploiement du SULITEST en formation d'ingénieurs

Nous présenterons brièvement le format et la logistique propres à la préparation et au passage du Sulitest, puis nous montrerons comment la formation a évolué en fonction de l'intégration de ce test.

2.1. Passage du test

Le dispositif d'intégration du Sulitest dans la formation de Polytech Orléans consiste, en 1^{ère} année du Cycle ingénieur, en un enseignement présentant de manière générale les enjeux du développement durable, et la Responsabilité sociétale des entreprises pour un volume de 3 heures et donnant l'occasion d'une préparation spécifique au Sulitest, en proposant aux élèves la possibilité de s'entraîner au test avec des questions tirées aléatoirement. On veille à laisser au minimum une quinzaine de jours entre cet entraînement et le passage officiel du test par les élèves concernés.

Le test proprement dit se déroule lors de sessions en salles informatiques, questions et résultats étant gérés par la plateforme de sulitest.org.

2.2. Construction à partir du test

La présentation préalable au test est conçue pour permettre aux étudiants de s'interroger, dans la suite de la formation, sur les grands thèmes du développement durable et de la responsabilité sociétale.

Sur deux années consécutives, on articule donc les phases de TD de sensibilisation, avec une phase de test qui stimule les élèves et leur donne une occasion d'éprouver leurs acquis (les élèves n'hésitent pas, quand leur score au Sulitest est correct, à en inscrire la mention dans leur *curriculum vitae*).

Les enseignements de 4^{ème} année ont été repensés en fonction du passage du test : ce dernier, passé en 3^{ème} année, sert de base de connaissances pour les cours de l'année suivante.

3. Analyse des résultats

Nous livrons ici les remarques qui nous ont inspiré la mise en place du Sulitest dans nos formations, et telle que décrite précédemment.

3.1. Vertus de l'entraînement

L'un des premiers enseignements de l'intégration de ce test est que les résultats obtenus par les élèves sont dépendants de leur entraînement : sans être préparés au Sulitest, les étudiants ont un taux de réussite inférieur à la moyenne (48% de réussite, résultat global de l'école en 2017), alors qu'un entraînement en amont leur permet de réussir au test pour plus de 70% d'entre eux (72% de réussite, résultat global de l'école dès 2018). L'influence du cours est donc décisive dans la préparation du test, qui ne peut être préparé de manière satisfaisante en cas d'autonomie totale. On gagne en moyenne 20% de taux de réussite en s'appuyant sur un cours préparatoire au test.

Le graphe ci-dessous indique la progression des résultats, sur quatre années consécutives, en mentionnant les résultats toutes spécialités confondues, et en distinguant les résultats des élèves français de ceux des élèves étrangers (« international » ; *nb* : les résultats différenciés ne sont pas disponibles pour 2017).

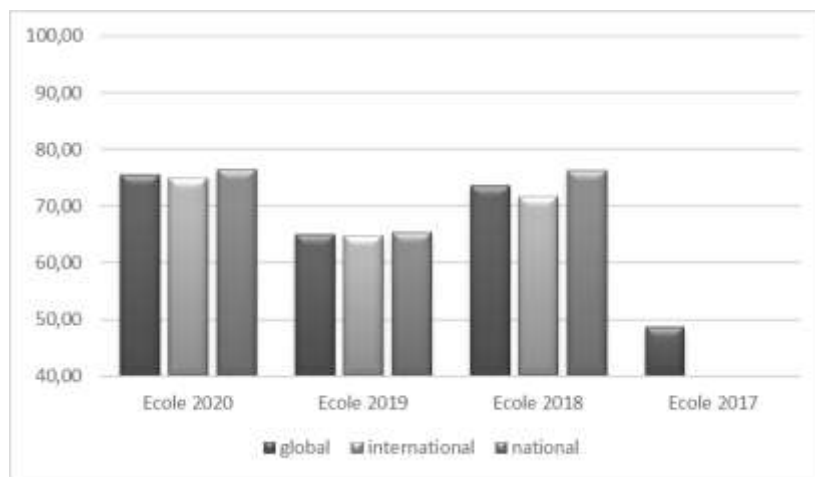


Figure 1 : Présentation des résultats au Sulitest entre 2017 et 2020 global sur l'école

3.2. Disparités culturelles

Par ailleurs, comme le montre le graphe précédent, il existe des disparités de résultats entre élèves de nationalités différentes (les élèves de nationalités étrangères réussissant moyen que les ressortissants français), ce qui est dû en grande partie au panachage des questions, qui recentre 40% des questions sur un contexte national (la France, pour Polytech Orléans), nécessairement moins familier aux étudiants étrangers.

3.3. Disparités de motivation entre spécialités

Enfin, il apparaît que les résultats au Sulitest sont également dépendants de la formation des élèves en termes de spécialité : certaines spécialités semblent favoriser plus que d'autres l'intérêt pour les questions de développement durable et de responsabilité sociétale. Ainsi les spécialités centrées sur le géo-environnement (Génie civil) ou sur l'énergie (Technologies pour l'énergie, l'aérospatial et la motorisation) voient-elles leurs élèves obtenir de meilleurs scores que les autres spécialités. La réussite entre spécialités est inégale, et est corrélée aux centres d'intérêt des élèves concernés. La culture générale du développement durable a encore des marges de progression.

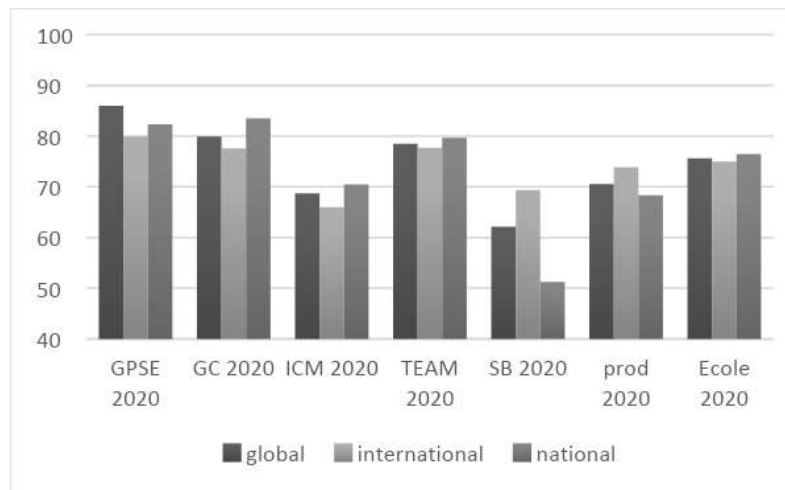


Figure 2 Résultats par spécialités pour 2020, (GPSE génie physique et systèmes embarqués, GC : génie civil et géo-environnement, ICM : innovation en conception et matériaux, TEAM : technologies pour l'énergie l'aérospatial et la motorisation, SB : smart building, prod : management de la production.)

Conclusion

Le bilan de l'intégration d'un test extérieur concernant le développement durable et la responsabilité dans les formations généralistes des élèves-ingénieurs de Polytech Orléans est positif : donnant lieu en 3^{ème} année, dans toutes les spécialités de l'école, à une évaluation préparée en cours, la valorisation pédagogique du test est certaine, et sert de base à une formation plus spécifique l'année suivante. Cette appréciation positive est confirmée par le point de vue des élèves eux-mêmes qui, dans le cadre de la procédure d'Évaluation des enseignements de l'école depuis 2017, sont globalement satisfaits de ce test placés dans leurs cours. Éléves qui par ailleurs admettent sans état d'âme ce type de tests dans le cadre de leurs études (plus généralement, les tests en ligne à valeur de certification sont de nos jours de plus en plus envisagés comme des compléments aux enseignements : voir par exemple les propositions de Myriam Benabid (10)).

Les limites de ce type de pratique tiennent notamment à l'origine culturelle et géographique des élèves, ainsi qu'à leur rapport préalable au développement durable, et se traduisent par une réussite inégale le jour du test. Il reste également à déterminer quel poids représente ce type d'entraînement au test dans la prise de conscience à long terme des enjeux liés au développement durable et à la responsabilité sociétale chez des étudiants dont certains pratiquent parfois un bachotage à ce type de test, tandis que d'autres y voient l'occasion d'étoffer réellement leurs compétences en la matière. Par ailleurs, l'impact d'une telle démarche, généralisée dans la formation d'élèves ingénieurs pour une école comme Polytech Orléans, n'est pas clairement établi : ce test accompagne-t-il réellement le développement d'une démarche DDRSE dans ses murs, et dépasse-t-elle le simple cadre des séances dédiées au test ?

Références bibliographiques

1. *SULITEST*. <https://www.sulitest.org/fr/>.
2. *UNESCO*. http://www.unesco.org/new/fr/rio-20/single-view/news/universities_mobilize_for_green_societies_higher_education/.
3. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/11/01/sulitest-le-toefl-du-developpement-durable_5208723_4401467.html. 3.
4. <https://www.un.org/fr/conferences/environnement/rio2012>.
5. *Kedge Business School*. <https://kedge.edu>.
6. <https://www.sulitest.org/fr/the-organization.html>.
7. <https://www.sulitest.org/fr/test.html>.
8. *Commission des titres d'ingénieurs*. <https://www.cti-commission.fr/fonds-documentaire/document/13/chapitre/1045>.
9. <http://www.polytech-reseau.org/pages-speciales/collaborer-avec-polytech/partenaires-internationaux/>.
10. Benabid, M. (2018). Les modes informels d'apprentissage numérique : le cas des travailleurs du savoir. Thèse soutenue le 4 avril 2018. École doctorale de Dauphine (Paris). p. 410. <https://basepub.dauphine.fr/handle/123456789/17934>

Atelier 2 - Concepts fondamentaux – Animateur : Fabien Milanovic

N° Com	AUTEUR(S)	Titre
2	VANNEREAU Jean LEMAÎTRE Denis	Management et développement durable : le paradigme de la problématisation comme approche pédagogique dans la formation des ingénieurs
11	BOUBOU Naima	Intégration de la "Pensée durabilité" dans la réflexion et l'action de l'élève ingénieur
40	BRAULT Nicolas REY Olivier	De quoi le développement durable est-il le nom ? Retour d'expérience sur un cours d'épistémologie pour l'ingénieur
50	ABI RAAD Sarah	Former les élèves-ingénieurs au leadership bienveillant : Un socle de formation pour un développement humain durable

Com. # 2

Vannereau Jean et Lemaître Denis - Management et développement durable : le paradigme de la problématisation comme approche pédagogique dans la formation des ingénieurs

Jean Vannereau, Université de Bordeaux, LACES

Denis Lemaître, ENSTA Bretagne, Laboratoire Formation et Apprentissages Professionnels

Mots clés : formation, ingénieurs, pédagogie, problématisation, approche globale

Introduction

La nécessité de former les ingénieurs au développement durable (DD) fait aujourd'hui consensus dans les écoles d'ingénieurs. Pour autant, les offres pédagogiques semblent souvent en peine de répondre aux objectifs que recouvre cette finalité éducative, et la situation est très contrastée selon les institutions. Les enseignements dédiés au développement durable peuvent se présenter tout aussi bien comme : un éveil des consciences, à travers des cours ou des conférences de sensibilisation, à côté d'enseignements encore massivement guidés par la logique du productivisme technologique ; la simple prise en compte des normes environnementales ou l'assignation des lois de la physique dans les cours et projets académiques ; des activités extrascolaires (clubs étudiants, stages, projets libres) ; des dispositifs dédiés, à l'approche interdisciplinaire, intégrés dans un curriculum classique ; un curriculum repensé autour de ce principe, avec des objectifs distribués dans les différentes disciplines. La place et le rôle des Sciences Humaines et Sociales (SHS) restent encore assez largement à définir, tant elles sont diversement mobilisées (Lemaître, 2021).

Dans cette mobilisation des SHS, un point largement négligé est leur contribution à la formation des étudiants aux activités managériales sous l'angle du développement durable, ou formation à un « management durable ». L'objectif de cette communication est donc de penser les moyens d'une approche pédagogique globale de la formation au DD, non réduite à la dimension technique, mais intégrant les aspects managériaux autour des visées éthiques de bien-être social, de respect humain et de développement du bien commun, avec les visées scientifiques des SHS.

Notre réflexion s'oriente ainsi autour d'une ingénierie de formation au Développement Durable de l'Homme en Organisation (DDHO). L'hypothèse structurant cette réflexion est que les conditions nécessaires à cette approche peuvent / et doivent / être pensées autour du concept de problématisation, envisagée comme méthode intellectuelle générale pour concevoir des dispositifs pédagogiques : conditions téléologiques, conditions épistémologiques et méthodologiques, conditions pédagogiques et éthiques.

1. Les conditions téléologiques de l'ingénierie DDHO

La première finalité de cette démarche d'ingénierie pédagogique est développementale. Nous nous appuyons sur les travaux de didactique professionnelle et la différence que rappelle Pastré (2011) entre développement et apprentissage, pour étayer cette orientation. Les apprentissages portent toujours sur un objet : on apprend les mathématiques, une technique, une procédure, etc., et les apprentissages génèrent savoirs ou compétences (savoir-faire). Le développement se réfère à un sujet et vise la capacité à accroître ses fonctions psychiques - cognitives - supérieures

(par exemple les facultés d'analyse et de synthèse). Le développement ne donne pas forcément lieu à un savoir ou à une compétence, et tous les apprentissages ne sont pas source de développement. Les apprentissages centrés sur la réussite de la tâche et l'efficacité, qui relèvent de guidage pédagogique et d'une stricte hétéro-formation, ne produisent pas d'élargissement des capacités de penser et d'agir. Pastré (2011, p. 119) pose trois conditions à ce qu'un apprentissage supporte un processus de développement :

- Les situations de discordance et la capacité du sujet à en tirer profit.
- L'abstraction réfléchissante, c'est-à-dire l'ouverture des compétences vers une généralisation.
- Le passage à un apprentissage en première personne et le construit identitaire que cela implique.

Cette première finalité de développement du sujet en implique une seconde, celle d'une ingénierie réflexive (Guillaumin, 2009), pour répondre à l'ambition de former des praticiens réflexifs, des "ingénieurs" plutôt que des exécutants. Il s'agit dans cette démarche globale d'ingénierie, d'éduquer les futurs professionnels à s'appliquer à modéliser et problématiser les situations complexes auxquelles ils doivent faire face plutôt que d'appliquer des modèles, procédures et procédés de résolution de problème. Les approches applicationnistes, qui semblent être aujourd'hui la norme dominante dans les formations des ingénieurs, sont à visée pragmatiste. Ce pragmatisme, nous rappelle Lemaître (2015, p. 29), est d'ordre technique et instrumental : il "... conduit à privilégier l'efficacité pratique, la manipulation des savoirs et des objets (en vue d'une bonne intégration socioprofessionnelle), à l'approche herméneutique et au questionnement épistémologique, sociologique ou politique sur les savoirs disciplinaires." En contrepoint de cette orientation pédagogique qui vise la stricte accommodation professionnelle des étudiants aux demandes du marché des compétences, apparaît le besoin de compléter l'offre de formation par des activités réflexives, des mises en perspectives critiques, des formes de magistralité questionnante, qui déplacent les registres pour une meilleure adaptation à des situations professionnelles complexes – c'est à dire variées – et *in fine* une plus grande autonomie du sujet.

2. Le processus de la problématisation comme condition méthodologique et épistémologique

Pour Fabre (2017) problématiser ne relève pas d'une activité d'exécution de procédures d'analyse et de résolution de problèmes, mais plutôt d'une activité d'élaboration de raisonnements pour comprendre et résoudre les problèmes. La méthode de la problématisation ne trace pas un cheminement réflexif à l'avance et les décisions et choix s'effectuent souvent par insight, par démarche heuristique forte de doutes, de tâtonnements et d'analogies fonctionnelles. D'une certaine façon, la problématisation ne désigne pas autre chose que le processus de la pensée, en considérant que la théorie est également une pratique. Nous avons montré (Vannereau et Lemaître, 2020) que la méthode de problématisation de Fabre (2017), et celle de la modélisation des systèmes complexes de Le Moigne (1990), relève d'une position épistémologique et d'un paradigme communs, le constructivisme (tel que Bachelard a pu l'énoncer) pour la première, et la problématologie pour le second. Au vu des convergences entre ces deux méthodes, on peut postuler une analogie structurale entre elles : problématiser consiste à modéliser et inversement ; dans les deux cas, on privilégie l'invention à l'inventaire, l'heuristique à l'algorithme, on étaye des raisonnements rigoureux sur une épistémologie constructiviste. On privilégie la construction des problèmes avant que de les résoudre, car pour reprendre Bachelard (1938, 1982, p. 14), « ...les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. (...)

s'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir de connaissance scientifique. Rien n'est donné, tout est construit. ». Fabre comme Le Moigne conçoivent la modélisation et le modèle comme un processus et un outil pour « *penser avec* », pour questionner - niveau problématologique – et non pour apporter des réponses - niveau apocritique : le modèle fonctionne plus comme une métaphore, une analogie du réel, une réalité construite qui suggère du sens, des idées, « des hypothèses, des pistes de recherche qui devront être, dans un second temps, critiquées et soumises à l'épreuve de l'expérience et de la justification » (Fabre, 2017, p 68).

Le modèle du "losange de la problématisation" de Fabre (2017) consiste dans un cadre donné, à faire "jouer" dialectiquement quatre composantes : la "position du problème" qui identifie et circonscrit la situation problématique sur laquelle va porter le processus de construction du problème ; la confrontation dialectique de "données" à interpréter (faits, événements et "incidents critiques" de la situation, éléments de contexte) et de "conditions" à mobiliser pour interpréter (postulats, paradigmes, théories, normes, règles), confrontation sur laquelle repose le processus de construction du problème ; l'énoncé d'un raisonnement, schéma, modèle relativement satisfaisant pour envisager des "solutions" épistémiques et/ou pragmatiques. Autour du processus de problématisation se trouve également le cadre – de référence - qui représente le contexte scientifique, intellectuel, culturel, social, politique, etc., dans lequel se situe le sujet et s'inscrit le problème. Pour les ingénieurs, la question du cadrage est essentielle, au sens où elle détermine les moyens qu'il se donne pour concevoir, développer, conduire des projets. Concrètement, le cadrage du problème consiste à se poser des questions du type : jusqu'où vais-je dans la prise en compte des enjeux économiques, jusqu'où vais-je dans la sophistication technique, jusqu'où vais-je dans la prise en compte des impacts écologiques, jusqu'où vais-je dans la prise en compte des changements induits dans les activités professionnelles, l'emploi, les conditions de vie, les usages, etc. ? Le cadrage consiste à évacuer ou retenir comme pertinentes les conditions du problème à construire.

Le plus souvent, notamment dans les logiques applicationnistes et productivistes, le cadrage est inconscient, dans la mesure où les ingénieurs reproduisent de façon mimétique des procédés prescrits et obéissent à des normes sociales gestionnaires véhiculées par les cultures d'entreprises, comme le rendement, la productivité, la performance, etc. S'inscrire dans les logiques de développement durable demande d'apprendre à raisonner sur le cadrage des problèmes, renoncer en conscience et de manière assumée à certains aspects du problème ou en privilégier d'autres, définir une temporalité et une spatialité pour les conséquences des innovations produites. Les pratiques managériales, au sens de se conduire soi-même et de conduire les autres dans des projets, sont au cœur de ce travail.

3. Les conditions pédagogiques et éthiques de l'ingénierie DDHO

Le cadre de référence economico-politique dominant, qui englobe les gouvernances socio-organisationnelles, génère une culture utilitariste qui prône la recherche d'efficacité à court terme. Il renforce les attitudes pédagogiques expertale et évaluative, et incite à appliquer des "savoirs sur" des données, des savoirs réifiés en « grilles d'analyse » de données, qui "ferment le problème" et le précipitent vers des solutions stéréotypées plutôt que "*ad hoc*". Il pousse les consultants et formateurs à donner des conseils plus qu'à "tenir conseil" (L'Hotellier, 2001), à se substituer aux acteurs de l'organisation par des formes de communication injonctives plutôt qu'inductives. Il empêche les démarches problématologiques qui nécessitent la stimulation de la dimension réflexive, la mobilisation de « savoir pour » questionner et construire des données, voire des « savoir à » questionner pour élaborer les données d'un problème. Les démarches de problématisation des situations professionnelles en vue du DDHO gagnent à être encadrées par un ethos de la réflexivité (Vannereau, 2017) et un ethos du conseiller ou formateur

"problématologue" (Fontaine et Vannereau, 2020), qui recommandent sur le plan épistémologique une attitude multiréférentielle et transdisciplinaire. Ces conditions éthiques s'étayent sur les règles morales et relationnelles forgées par Rogers (1961) à propos de la relation d'aide (approche centrée sur la personne, empathie, considération positive inconditionnelle, authenticité et congruence, sans jugement donc, mais aussi sans collusion ni complaisance) et de l'attitude non directive qui stipule de se mettre au service des formés pour répondre à leurs demandes et oblige donc à une prudence méthodologique de façon à ne pas être trop interventionniste dans la guidance, l'analyse, la résolution de problème et la prise de décision.

Ces principes répondent également à l'idée d'un « management durable », au sens du DDHO, c'est-à-dire englobant les principes de respect de la personne, la durabilité consistant à se référer à des finalités (amélioration des conditions de l'humanité), et non à des objectifs de court terme (réussite d'un projet, exécutions de tâches, respect de procédures, etc.). Il existe une homologie mimétique entre l'enseignement d'un management durable et les pratiques pédagogiques à la gouverne des enseignants. Mettre en place des activités favorisant l'écoute, le questionnement, la délibération collective, etc., est une façon de « donner l'exemple » et d'enseigner (mettre en signes) un management humain responsable.

Conclusion

Cette communication vise à montrer en quoi le développement durable ne s'arrête pas à la prise en compte des limites physiques qu'impose la nature aux activités humaines, comme il est généralement enseigné dans les écoles d'ingénieurs, mais qu'il concerne également les enseignements de sciences humaines et sociales sous l'angle de la formation managériale, correspondant aux principes du DDHO ici posés. Le paradigme de la problématisation, pensé comme condition de la réflexivité, elle-même fondement du développement des compétences managériales des ingénieurs, permet de poser les principes pédagogiques d'une formation au DDHO, sous l'angle des aspects humains et sociaux. Déjà objet de recherches concernant les pratiques de formation, il se révèle comme particulièrement opérant pour l'ingénierie pédagogique dans les écoles d'ingénieurs, dans les enseignements de SHS comme dans tous les dispositifs interdisciplinaires.

Références bibliographiques

- Bachelard, G. (1938, rééd. 1982). *La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Vrin.
- Fabre, M., (2017). *Qu'est-ce que problématiser ?* Vrin.
- Fontaine, S. et Vannereau J. (2020). Problématiser en analyse des pratiques : intérêts, obstacles, repères. *Année de la recherche en sciences de l'éducation*. 213-222.
- Lemaître, D. (2021). La mobilisation des SHS dans la formation des ingénieurs au développement durable, www.Reseau-Ingenium.fr, www.esresponsable.org, article 8487
- Lemaître D., Vannereau J., S. Zaouani-Denoux (dir.) (2020), *Problématiser les situations professionnelles*. L'Harmattan.
- Lemaître, D. (2015). Normalisation des pratiques pédagogiques dans l'enseignement Supérieur : le modèle des apprentissages par projets et par problèmes. Dans J. Vannereau et C. Colmellere et S. Jakubowski (dir.), *Les processus de normalisation, enjeux et pratiques professionnelles dans les organisations*. Presses universitaires de Rennes.
- Guillaumin, C. (2009). La réflexivité comme compétence : enjeu des nouvelles ingénieries de la formation. *Cahier de sociologie*, 14 (1), 85-101.
- Le Moigne, J-L. (1990). *La modélisation de systèmes complexes*. Dunod.
- L'Hotellier, A. (2001). *Tenir conseil, délibérer pour agir*. Selin Arslan.
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle*. Presses universitaires de France.
- Rogers, C. (1968). rééd.1998, *Le développement de la personne*. Dunod.
- Vannereau, J. et Lemaître, D. (2020). Apprendre à penser les situations professionnelles. Dans D. Lemaître, J. Vannereau et S. Zaouani-Denoux (dir.) *Problématiser les situations professionnelles*. L'Harmattan.
- Vannereau, J. (2017). Transdisciplinarité et problématisation, un enjeu réflexif pour la formation au management. *Année de la recherche en sciences de l'éducation*, 71-83.

Com. # 11

Boubou Naima - *Intégration de la "Pensée durabilité" dans la réflexion et l'action de l'élève ingénieur*

BOUBOU Naima, Maître de conférences classe « A » (enseignante chercheure),

École Nationale Polytechnique d'Oran Maurice AUDIN, Algérie

boubou_naima@yahoo.fr

Résumé

L'Intégration de la "Pensée durabilité" par le module « Éco-Conception » dans la réflexion et l'action de l'élève ingénieur de l'ENP d'Oran MA permet une prise de responsabilité sociale tout en conservant une vision éthique, et en permettant et accompagnant les changements nécessaires pour un « *vivre ensemble demain* ». L'objectif de cette démarche est de former des ingénieurs responsables envers la société et d'instaurer un sens civique et de stimuler le comportement écologique de l'apprenant. Ceci le conditionnera dès sa première année de formation d'ingénieur pour un changement de paradigmes et une vision systémique des ODD dès son entrée de parcours de formation. Évaluer pour anticiper et limiter l'impact sur l'environnement des produits qu'il concevra durant ses stages pratiques en entreprises, mais aussi après intégration du monde du travail renvoie à la finalité de cette démarche.

Mots clefs : Formation d'ingénieur, DD, ODD, Pensée durabilité, Éco-Conception.

Intégration de la "Pensée durabilité" dans la réflexion et l'action de l'élève ingénieur

1. Introduction

Le développement durable allie une réflexion qui engage à la **fois l'économie, l'environnement et l'humain**, des actions à l'échelle locale, mais avec une incidence globale, et des gestes posés aujourd'hui qui porteront leurs fruits demain (Costermans, 2009).

Depuis la révolution industrielle occidentale et sa croissance économique exponentielle, les sociétés n'ont cessé de mettre en œuvre des politiques et des pratiques non soutenables à long terme. Nos sociétés ont, en effet, parcouru une double évolution (Pennequin & Mocilnikar, 2011) : avec un usage immodéré des ressources naturelles, les fortes avancées technologiques et scientifiques ont permis un enrichissement d'une rapidité sans précédent, en même temps que les notions d'épuisement des ressources naturelles, d'impacts irréversibles sur l'environnement se révélaient de plus en plus fondées.

Ce retour d'expérience renvoie à un projet individuel d'intégration de la **Pensée durabilité** dans la formation d'ingénieur par le module « Éco-Conception » dispensé en première année du second cycle dans la spécialité Management Industriel et Logistique (MIL), depuis 2018 pour **un croisement des compétences acquises avec les ODD**. La créativité et l'innovation seront au centre de la pédagogie engagée.

L'Intégration de la "Pensée durabilité" dans la réflexion et l'action de l'élève ingénieur permet une prise de **responsabilité sociale** tout en conservant une vision **éthique**, et en permettant et en accompagnant les **changements** nécessaires pour un « *vivre ensemble demain* ». L'objectif est de former des ingénieurs **responsables envers la société** (Baudrillard, 1975).

L'intégration de cette démarche dans la formation d'ingénieur en MIL par le module "Éco-Conception" permet en plus **de l'instauration d'un sens civique de stimuler le comportement écologique de l'apprenant** par trois niveaux de connaissance (Frick, 2007). Ceci conditionnera l'apprenant dès sa première année de formation d'ingénieur pour un changement de paradigmes (Pellaud, 2011) et une vision systémique des ODD et dès son entrée de parcours de formation. **Évaluer pour anticiper et limiter l'impact sur l'environnement des produits** qu'il concevra durant ses stages pratiques en entreprises, mais aussi après intégration du monde du travail renvoie à la finalité de la démarche.

L'ingénieur — acteur économique et sociétal de demain — doit être préparé au monde professionnel confronté aux nouvelles variables environnementales et différents défis se rapportant au développement durable, il requiert dans tous les cas que les considérations sociales, culturelles, économiques et écologiques, dans le temps et dans l'espace, soient intégrées simultanément dans ses réflexions et ses prises de décisions. Cela implique l'intégration des ODD dans les pratiques pédagogiques et de professionnalisation, développées dans le secteur de la formation d'ingénieurs, notamment dans la spécialité Management Industriel et Logistique (MIL) dispensée à l'École Nationale Polytechnique d'Oran (ENPO) et affiliée au département de Génie Industriel.

1.1 Problématique

La plupart des stratégies de développement et de croissance économique ont favorisé l'accumulation rapide de capital physique, financier et humain, au prix d'un épuisement et d'une dégradation excessive du capital naturel. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) rappelle que durant les deux dernières décennies peu de capitaux ont

été investis dans les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, les transports publics, l'agriculture durable, la protection des écosystèmes et de la biodiversité et la préservation des sols et de l'eau (PNUE, 2011). Ce schéma de développement et de croissance porte atteinte au bien-être des générations actuelles et placera les générations futures devant des risques et des défis considérables.

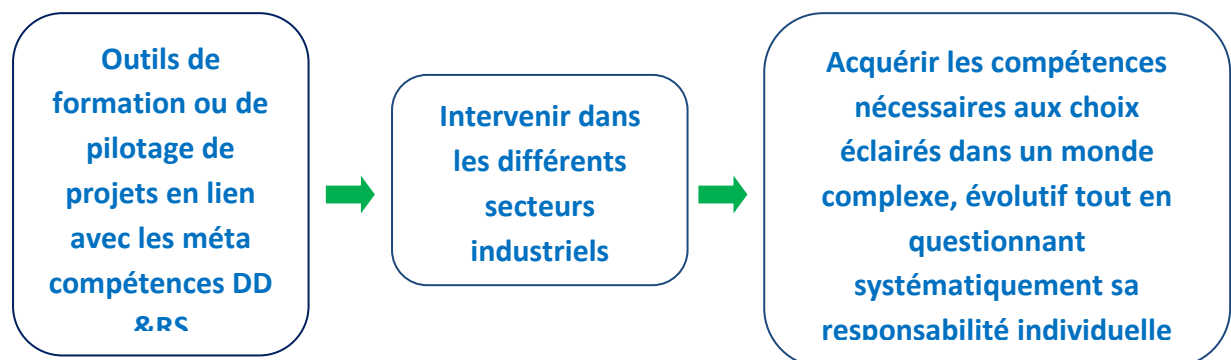
« *Seulement deux générations nous séparent de 2050, futur grand rendez-vous historique, puisque c'est dans la décennie 2050 que notre espèce devrait atteindre le sommet de sa courbe démographique et avec elle, la pression humaine sur les ressources et les écosystèmes de la planète devrait atteindre des niveaux inédits* » (Griffon & Griffon, 2010, p. 9).

L'objectif de la démarche d'intégration des ODD dans les formations d'ingénieurs est de permettre à l'apprenant de se saisir de ceux-ci dans le cadre de son cursus, en proposant des outils et des modalités pour aller au-delà des pratiques actuelles et pour que le « développement durable » soit perçu, par lui, comme l'un des plus grands enjeux du XXI^e siècle (Mailhes, 2010).

1.2 Démarche et Méthode

Grâce aux outils de formation ou de pilotage de projets en lien avec les méta compétences développement durable et responsabilité sociétale dont nous disposons déjà et acquises durant sa formation, l'ingénieur sortant pourra s'inspirer et/ou se référer pour intervenir, à long terme, dans les différents secteurs industriels destinés à l'accueillir pour devenir les actrices et acteurs de demain (Figure 1). À court terme, l'intégration de la **Pensée durabilité** dans la formation d'ingénieur orientera l'apprenant vers le montage de projets innovants et de projets en économie verte au profit de l'entreprise employeuse ou tutrice durant sa formation.

Figure 1 : Démarche utilisée dans l'intégration de la Pensée durabilité dans la formation d'ingénieur en MIL



(Source : établi par l'auteure)

Les méthodes pédagogiques employées, entre cours en présentiel et activité professionnelle en entreprise, permettent un accompagnement de l'apprenant pour le montage de projets innovants et de projets en économie verte au profit de l'entreprise employeuse ou tutrice. L'idée du projet doit être validée par l'employeur ou le tuteur et le projet préparé sera évalué par les représentants des deux acteurs : l'établissement de la formation et le tuteur.

L'intégration de la **Pensée durabilité** permettra à l'apprenant **d'acquérir les compétences nécessaires aux choix éclairés** dans un monde **complexe, évolutif** tout en interrogeant

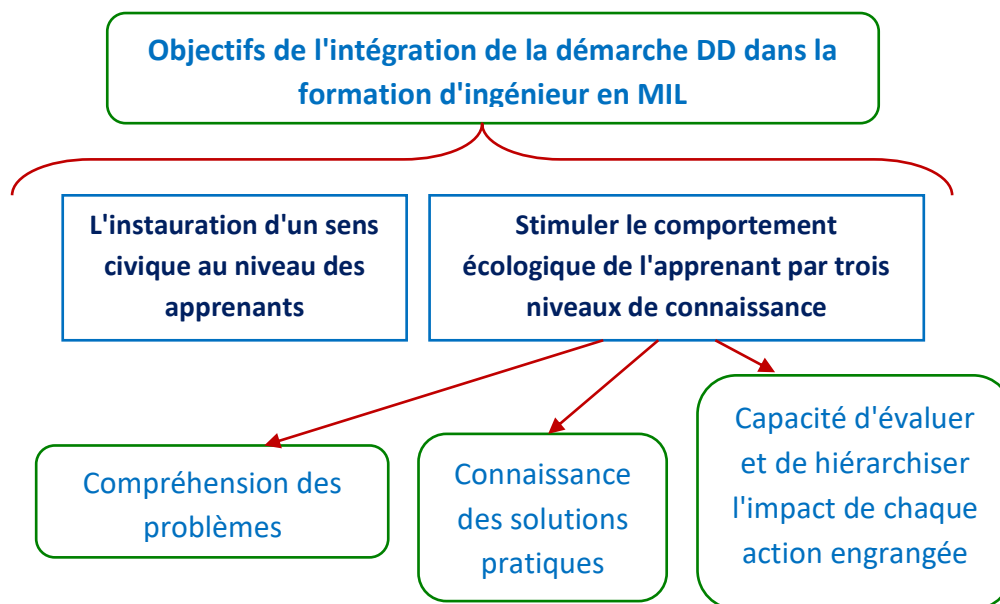
systématiquement sa responsabilité individuelle (en tant que personne) **et collective** (en tant qu'organisation productive).

1.3 Objectifs

L'objectif de l'intégration de la **Pensée durabilité** dans la formation d'ingénieur en MIL, comme illustré dans la figure N° 2, en plus **de l'instauration d'un sens civique au niveau des apprenants**, est de **stimuler le comportement écologique de l'apprenant par trois niveaux de connaissance** (Frick, 2007), à savoir :

- La compréhension des problèmes
- La connaissance des solutions pratiques
- La capacité d'évaluer et de hiérarchiser l'impact de chaque action engrangée.

Figure 2 : Objectifs d'intégration des ODD dans une formation d'ingénieur



(Source : établi par l'auteure)

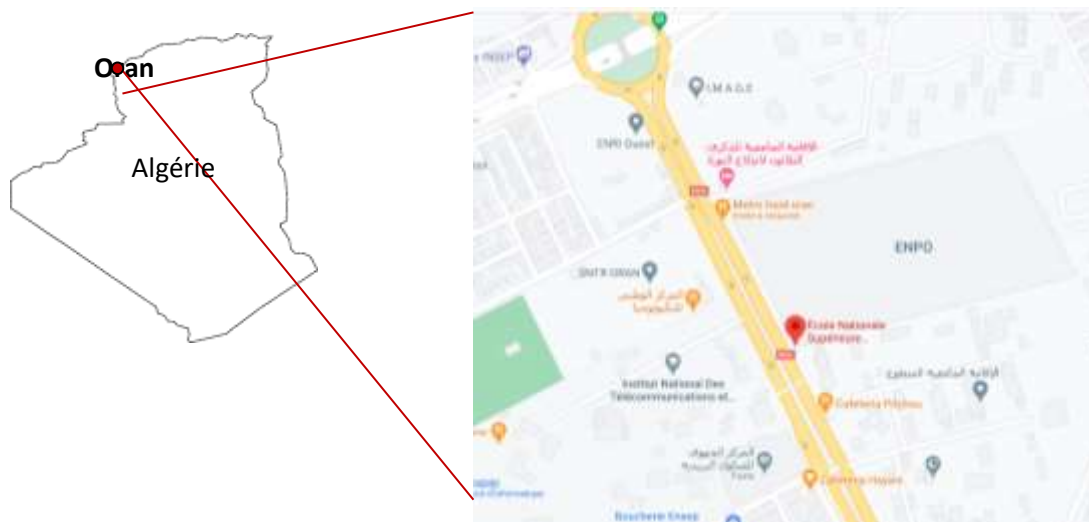
L'élève ingénieur sera **pionnier** dans son domaine d'exercice et, par effet de contamination positive, participera au changement des représentations sociales dans l'évolution de la société. C'est ce que Rogers E. (cité par Nature Humaine, 2009) qualifierait d'« Innovateur » ou de « adoptant précoce ».

Les objectifs ODD directement visés par cette démarche sont : **une énergie propre et renouvelable (n° 7)**, **une croissance économique (n° 8)**, **une industrie innovante (ODD n° 9)**, **une consommation et production responsable (n° 12)** et **un partenariat pour la réalisation des objectifs (n° 17)**. Il va sans dire que l'atteinte de ces objectifs renverra inévitablement à la réalisation des douze autres objectifs restants.

2. Intégration de la Pensée durabilité dans la formation d'ingénieur en MIL

L'école nationale polytechnique d'Oran — Maurice AUDIN — (ENPO-MA) à lancé, dès la rentrée universitaire 2017/2018, une nouvelle spécialité d'ingénieur s'inscrivant dans la filière Génie Industriel (GI) et portant sur le Management Industriel et Logistique (MIL).

Figure 3 : Localisation de l'école nationale polytechnique d'Oran — Maurice Audin —



(Source : Google Maps, 2021)

Le département de génie industriel a pour mission d'assurer et de promouvoir l'enseignement et la recherche dans les domaines de l'industrie fondamentale et appliquée. Sa mission est de former les étudiants ingénieurs dans les disciplines de l'industrie, l'entrepreneuriat et l'innovation.

Cette spécialité a comme objectif la prise en charge des besoins inhérents au secteur socio-économique en formant des ingénieurs capables de concevoir, intégrer, gérer, exploiter et améliorer les systèmes de production et de logistique pour optimiser les performances de l'entreprise.

Les futurs ingénieurs en management industriel et logistique peuvent intervenir dans de nombreux secteurs d'activités à l'instar de l'industrie automobile en plein essor au plan régional et national, l'aéronautique, l'énergie, la mécanique, l'agroalimentaire, la logistique portuaire...

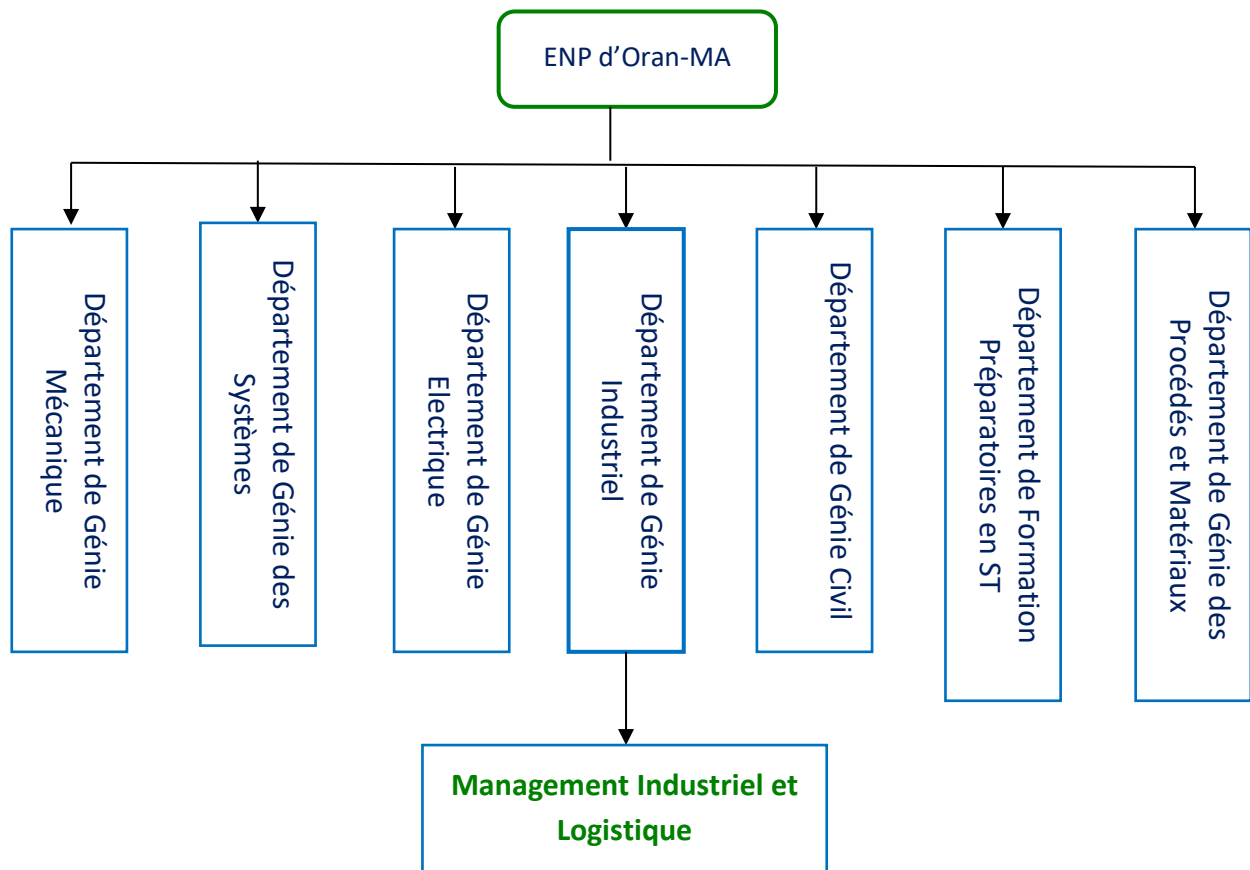
La première promotion sortante de la spécialité a été diplômée en 2020 et a connu un taux d'employabilité avoisinant les 90 %.

2.1 Présentation

Ce retour d'expérience renvoie à un projet individuel d'intégration de la **Pensée durabilité** dans la formation d'ingénieur par le module « Éco-Conception », assuré par nos soins, et dispensé en première année du second cycle dans la spécialité MIL, depuis l'année universitaire 2018-2019 pour **un croisement des compétences acquises avec les ODD**. La créativité et l'innovation seront au centre de la pédagogie engagée.

Le Génie Industriel englobe la conception, l'amélioration et l'installation des systèmes intégrés. Il utilise des connaissances provenant des sciences mathématiques, physiques et sociales, ainsi que les principes et méthodes propres au « génie » ou à « l'art de l'ingénieur », dans le but de spécifier, prédire et évaluer les résultats découlant de ces systèmes. Sa mission principale est d'éliminer les pertes de temps, d'argent, de matériaux, d'énergie et d'autres matières premières des organisations. En adoptant une approche systémique pour rationaliser et améliorer la productivité et l'efficacité des organisations.

Figure 4 : Localisation de la formation dans l'organigramme de l'ENPO-MA



(Source : établi par l'auteure)

Les outils et méthodes employées favorisent la conception, la mise en place et l'amélioration de tous les systèmes de production et de logistique auxquelles l'ingénieur sera confronté, de manières générales, et plus particulièrement **la prise en compte systématique et systémique des enjeux environnementaux et des ODD** afin de former des acteurs économiques conscients et soucieux des enjeux locaux et globaux du DD ; il s'agit de produire des ingénieurs **responsables envers la société** (Baudrillard, 1975).

C'est par ces actions **collectives, systémiques** et **prospectives** que doivent être formés les ingénieurs/acteurs d'aujourd'hui et de demain pour une prise de **responsabilité sociale** tout en conservant une vision **éthique**, et en permettant et en accompagnant les **changements** nécessaires pour un « *vivre ensemble demain* ».

2.2 Éco-conception et liens avec les ODD

Les scientifiques s'intéressent à l'environnement au travers des préoccupations propres à leur discipline d'origine. Du point de vue des gestionnaires et des responsables politiques,

« *l'environnement est un problème épineux. Il les pousse à revoir leurs pratiques, à prendre en compte de nouvelles exigences dans les décisions, à jouer la transparence et la concertation avec les citoyens, à veiller à des engagements internationaux* » (Leveque, 2005, p. 76). La dynamique de l'environnement s'inscrit dans le long terme alors que l'économie et la politique raisonnent à courte échéance.

Il est nécessaire de rappeler que l'environnement : « *est système interactif complexe dont personne n'a le monopole et que seule une approche interdisciplinaire peut appréhender* » (De Backer, 1998, p. 29-31). C'est l'écosystème planétaire que l'activité humaine peut soit dégrader (par leurs industries, services, distributions, rejets des ménages), soit améliorer.

Alors que nous n'étions que 2,5 Milliards de locataires sur la planète, aujourd'hui, les 7 milliards de consommateurs que nous sommes, aujourd'hui, atteindront les 10 milliards en 2100 ! Ceci aura pour conséquence une forte pression sur les besoins en nourriture, en énergie, en ressources et matières premières, en biens de consommations courantes...

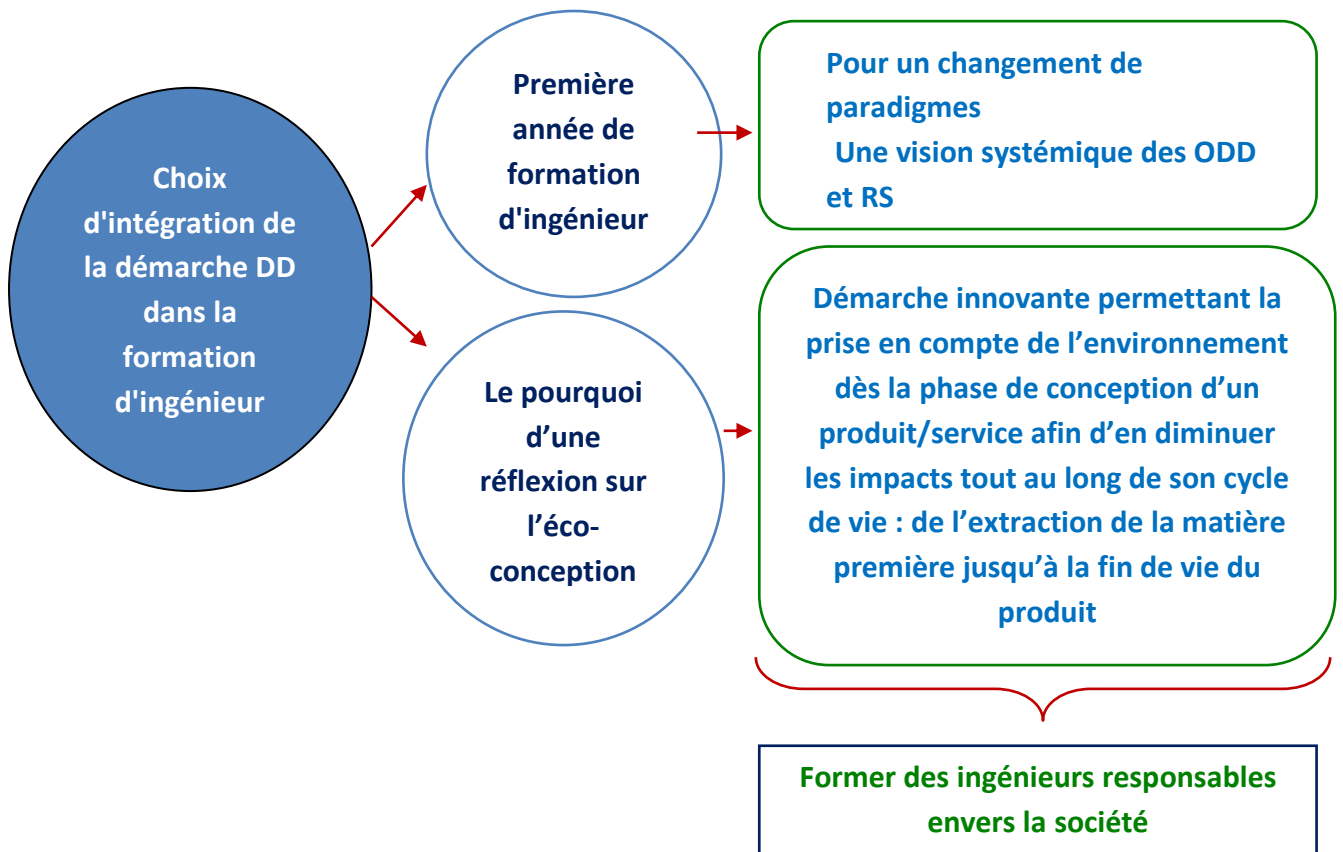
L'éco-conception est une approche en développement depuis les années 1990. Elle est basée sur la reconnaissance du fait que tout produit ou processus a un impact environnemental. L'éco-conception intègre les principes de **Prévention** et de **Précaution** et porte sur tous les sites et étapes de production, transport, usage et élimination sur le produit ou service, mais aussi sur les emballages, commodités de transport, d'usage et de recyclage, l'utilisation de produits toxiques, explosifs, dangereux...

L'éco-conception n'est pas une nouvelle méthode de conception, mais **l'intégration de l'environnement** dans les méthodes classiques de conception.

L'**ISO 14062** est le standard normatif de l'éco-conception : cette norme décrit **les concepts et les pratiques** ayant trait à l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits ou services. Cette norme est principalement destinée aux concepteurs et développeurs de produits. Elle énonce les principes de base pour prendre en compte l'environnement lors de la phase de conception de produits.

Le choix d'intégration de la **Pensée durabilité** dans la formation d'ingénieur dans le module "Éco-Conception" s'est opéré pour deux raisons. La première est que celui-ci est dispensé en première année du second cycle. Ceci conditionnera l'apprenant dès sa première année de formation d'ingénieur pour un changement de paradigmes (Pellaud, 2011) et une vision systémique des ODD et RS. La seconde renvoie aux pourquoi **d'une réflexion sur l'éco-conception, c.-à-d. à "la Démarche innovante permettant la prise en compte de l'environnement dès la phase de conception d'un produit/service afin d'en diminuer les impacts tout au long de son cycle de vie : de l'extraction de la matière première jusqu'à la fin de vie du produit"** (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie [ADEME]).

Figure 5 : Motivations du choix d'intégration des ODD par l'éco-conception



(Source : établi par l'auteure)

Ceci permettra à l'ingénieur en MIL **d'évaluer pour anticiper et limiter l'impact sur l'environnement des produits** qu'il concevra durant tous leurs cycles de vie depuis l'extraction des matières en passant par la fabrication, la distribution, l'utilisation et la maintenance pour finir par l'élimination du produit. **La finalité étant de former des ingénieurs responsables envers la société.**

3. Conclusion

C'est par ces actions **collectives, systémiques** et **prospectives** que doivent être formés les ingénieurs/acteurs d'aujourd'hui et de demain pour une prise de **responsabilité sociale** tout en conservant une vision **éthique**, et en permettant et en accompagnant les **changements** nécessaires pour un **"vivre ensemble demain"** car *"la meilleure façon de prédire l'avenir est de le créer"* (Drucker P.)

Enfin, l'intégration de la **Pensée durabilité** dans les formations d'ingénieurs nécessite un changement structurant à long terme des systèmes socioéconomiques, ainsi que des changements de comportements individuels et collectifs tant dans les rangs des formateurs (enseignants de l'ENPO) que dans celui des apprenants (élèves ingénieurs).

Références bibliographiques

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME). Consulté sur : <https://www.ademe.fr/>
- Baudrillard, J. (1975). *The Mirror of Production*. New York, USA: Telos Press.
- Costermans, D. (2003). *Le développement durable expliqué aux enfants*. Waterloo, Belgique : Édition Luc Pire.
- De Backer, P. (1998). *Le management vert* (2^e Édition). Paris, France : DUNOD.
- Frick, J. (2007). De la psychologie du comportement écologique. *LaRevueDurable*, n° 23, France, pp. 16-18
- Griffon, M. & Griffon, F. (2010). *L'homme viable : du développement au développement durable*. Paris, France : Odile Jacob.
- ISO 14062. (2002). Consulté sur <https://www.iso.org/fr/standard/33020.html>
- Lévêque, C. & Sciama, Y. (2005). *Développement durable, avenir incertain*. Paris, France : Édition DUNOD.
- Mailhes, L. (2010). Penser l'économie verte : les problèmes d'environnement quels places pour l'économiste ? *L'économie verte, les cahiers français*, N° 355, France : Édition la documentation française, 3-9.
- Nature Humaine. (2009). L'écologie, l'individuel et le collectif, in *La Lettre Nature Humaine*, n° 3, pp. 4-11.
- Pellaud, F. (2011). *Pour une éducation au développement durable*. Paris, France : Collection : Essais, Éditions Quæ.
- Pennequin, G. & Mocilnikar, A. T. (2011). *L'atlas du développement durable*. Paris, France : Groupe Eyrolles, Édition d'Organisation.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement, PNUE. (2011). Vers une économie verte pour un développement durable et une éradication de la pauvreté : Synthèse à l'intention des décideurs. Consulté sur <http://archive.ipu.org/splz-f/rio+20/rpt-unep.pdf>

Brault Nicolas et Rey Olivier - *De quoi le développement durable est-il le nom ? Retour d'expérience sur un cours d'épistémologie pour l'ingénieur*

Nicolas Brault, Interact UP 2018.C102, Institut Polytechnique UniLaSalle.

Olivier Rey, Interact UP 2018.C102, Institut Polytechnique UniLaSalle.

Résumé

Dans cette communication, fondée sur un cours d'épistémologie donné dans une école d'ingénieurs en agronomie, il s'agit de faire un bilan de ce que des étudiants comprennent du concept de développement durable, comment ils l'analysent et l'investissent à travers un débat et l'écriture de scénarios utopiques et dystopiques.

De la problématique de l'énergie à l'opposition entre diverses formes d'agriculture (conventionnelle, biologique, urbaine, etc.), de la question des OGM à celle de l'alimentation, en passant par l'environnement, le concept de développement durable se déploie selon de multiples dimensions, qu'il s'agit ici d'analyser et d'interroger. Il s'agit de même de questionner les non-dits et les impensés des travaux des étudiants pour déterminer, en creux, les convictions et les projets de société qu'ils portent.

Cette communication s'intègre donc dans la thématique « Former au développement durable » car elle consiste en un retour d'expérience sur une pédagogie innovante tant sur la forme (débat et écriture de scénarios) que sur le fond (épistémologie). Cette pédagogie, fondée sur une approche transdisciplinaire, vise en effet à développer non seulement l'esprit critique des futurs ingénieurs, mais aussi leur capacité à imaginer et évaluer les évolutions possibles, désirables – et durables – du monde.

Mots-clés : épistémologie, esprit critique, retour d'expérience, pédagogies innovantes, transdisciplinarité.

Introduction

Plus de trente ans après la définition du développement durable comme « un développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs »¹ et son adoption par les Nations Unies, un flou subsiste toujours autour de ce que sont précisément ledit développement durable ou lesdits besoins.

Dans cet article, fondé sur un cours d'épistémologie donné dans une école d'ingénieurs en agronomie, il s'agit de faire un bilan de ce que des étudiants de 2^{ème} année comprennent du concept de développement durable, comment ils l'analysent et l'investissent à travers l'écriture de scénarios utopiques et dystopiques. En effet, il semble intéressant d'étudier comment des jeunes d'une vingtaine d'années se projettent dans l'avenir, ou plutôt projettent un avenir qui soit durable, ou encore comment ils projettent une agriculture qui soit durable à une échéance de 30 ans ; c'est-à-dire, en dernier ressort, comment ils se projettent eux-mêmes dans un monde durable selon deux modalités, utopique et dystopique.

Quelle vision du développement durable ont ou présentent les étudiant·es en 2^{ème} année d'une école d'ingénieurs en agronomie ? Quelles sont les thèmes abordés à travers cette notion ? Quels sont, parmi les 17 objectifs du développement durable ceux qui sont le plus mobilisés dans l'écriture de ces scénarios ? Quels sont ceux qui sont le moins mobilisés ou passés sous silence ? Quels sont les bénéfiques, mais aussi les écueils, imaginés par les étudiant·es d'une conversion progressive de l'agriculture française aux objectifs du développement durable ?

Tout d'abord, il s'agit d'expliquer rapidement le protocole de l'enquête afin d'en mesurer la pertinence et la validité. Puis, il convient d'analyser les résultats de cette enquête et de les discuter : nous verrons que les ODD mobilisés sont différents en fonction de la perspective scénaristique choisie (utopie/dystopie), ce qui interroge sur la notion aussi bien de développement que de durabilité.

1. Matériels et méthodes

1.1. Description de l'exercice du « Scenario drafting »

Tout d'abord, il faut préciser un point méthodologique important : l'enquête présentée ici a été menée a posteriori, au sens où au moment où le cours a été donné et les exposés présentés, il n'avait jamais été question que ces exposés puissent servir de matériau à une enquête. Les analyses des textes ont donc été faites entre 1,5 ans et 2,5 ans après les exposés eux-mêmes. Ensuite, il est utile de citer ici les consignes qui ont été données aux étudiants sur l'exercice de « scenario drafting » (ou « écriture de scénario ») :

« L'idée est d'imaginer un scénario possible pour le futur, en relation avec la thématique choisie et en lien avec les progrès technologiques. **Il s'agit d'être à même d'anticiper raisonnablement les conséquences prévisibles d'une pratique ou d'une innovation technique ou technologique.** Cette projection devra être à la fois utopique et dystopique. À chaque session, 1 étudiant·e présente une perspective utopique et 1 autre une perspective dystopique ».

Le thème du développement durable en production agricole fait partie de quatre thèmes parmi lesquels les étudiants devaient choisir ; les autres thèmes étant la robotisation et numérisation de l'agriculture, la place de l'animal dans la production et la consommation et enfin les Organismes Génétiquement Modifiés. Chaque thème devait être traité selon deux modalités :

¹ Brundtland, 1987.

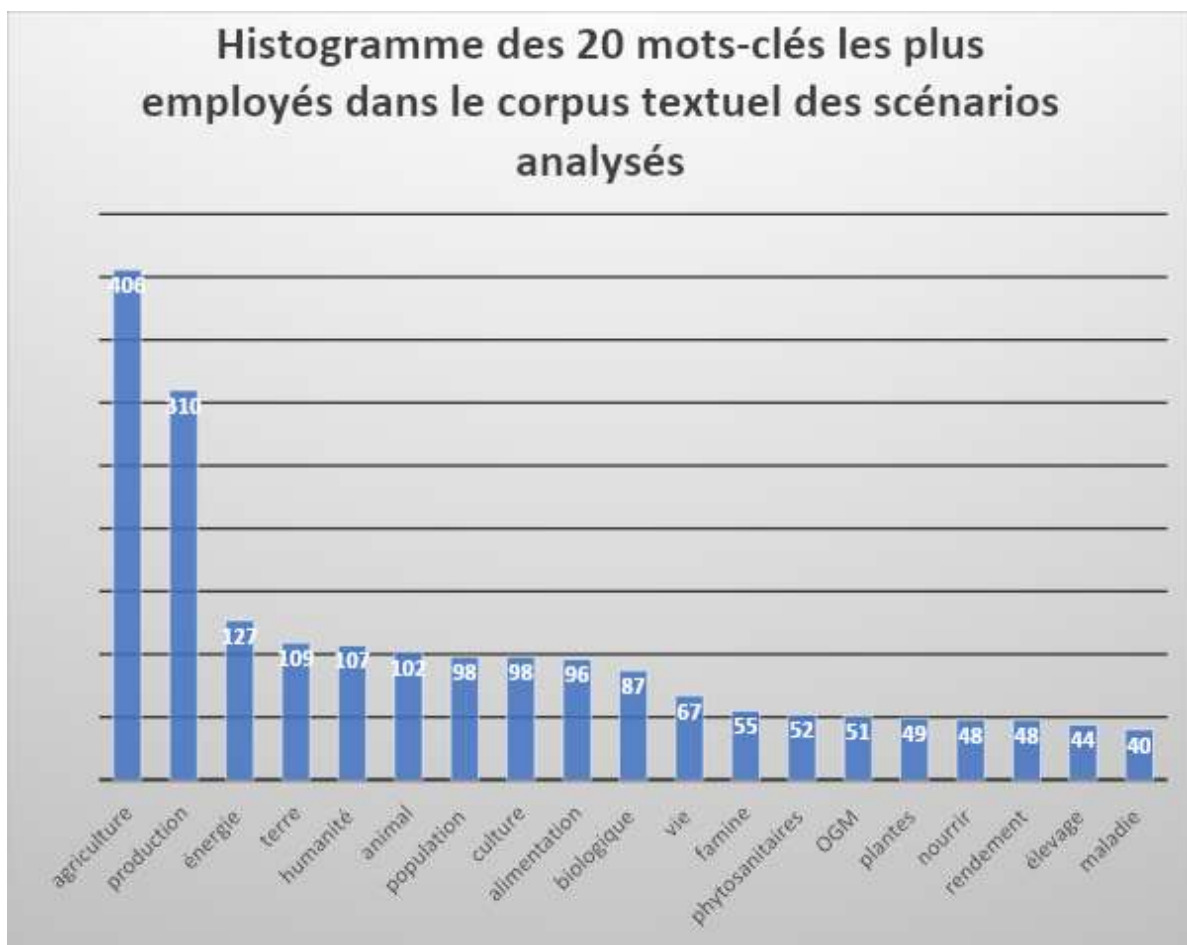
un débat rassemblant 6 étudiants, et l'écriture de scénarios qui mobilisait 2 étudiants (un pour le scénario utopique, un autre pour le scénario dystopique).

1.2. Description de l'échantillon :

Ce cours a été donné à deux promotions différentes (2018-2019, 2019-2020), sur deux campus différents (Beauvais, Rouen), soit environ 260 par année (environ 160 étudiants à Beauvais, environ 80 à Rouen). Au total, 28 groupes d'étudiants ont travaillé sur la question du développement durable, soit 56 étudiants sur un total de 520 étudiants sur les 2 années, soit environ 10,8% des étudiants.

1.3. Description de l'analyse :

Ensuite, nous avons compilé les textes des étudiants en un seul fichier et utilisé un logiciel de comptage de mots sur internet <https://nuagedemots.co/>. A partir de là, nous avons transposé les résultats dans un fichier Excel à partir duquel nous avons établi le tableau suivant qui quantifie le nombre d'occurrences par mots² :



Graphique 1 : Histogramme des 20 mots-clés les plus employés dans le corpus textuel des scénarios analysés

² Nous avons supprimé les mots inutiles, comme les conjonctions, adverbes, verbes, etc.

De façon assez prévisible, c'est le mot « agriculture » (et les mots associés comme « agriculteurs » ou « agricole ») qui est le mot le plus souvent utilisé, suivi par le mot « production », qui apparaissent tous deux dans la consigne de l'exercice. La notion de production agricole est d'ailleurs à mettre en relation avec d'autres mots souvent utilisés comme la culture, les phytosanitaires, l'élevage. Plus étrange est la quantité d'occurrences relatives à l'énergie, que nous analysons ci-après. Enfin, quatre mots ou réseaux lexicaux reviennent à environ 100 reprises : la terre (au sens à la fois de la planète Terre, utilisée à environ 60 reprises ; et de la terre au sens du sol, utilisée à 49 reprises), l'humanité, l'animal et la population. Cela montre la conscience claire de la part des étudiants des enjeux globaux qui à la fois concernent et dépassent l'agriculture.

Néanmoins, une simple analyse quantitative du lexique utilisé est nécessaire mais pas suffisante. Par exemple le mot « pénurie » apparaît au total 10 fois dans les 28 textes : il désigne dans 8 occurrences la pénurie d'aliments ou de nourriture, à deux reprises la pénurie d'énergie (« uranium » et « énergies fossiles ») et une fois la pénurie de terres (« pénurie de terres et de denrées ») : le mot « pénurie » peut ainsi référer aussi bien à l'ODD 2 qu'à l'ODD 7.

C'est pourquoi, après lecture attentive des 28 textes, nous en avons éliminé 12, car leurs travaux étaient trop éloignés des consignes initiales et ne présentaient pas d'intérêt pour notre étude (l'exercice du scénario n'avait pas été compris). Néanmoins, nous avons choisi de garder l'intégralité des textes pour l'analyse quantitative des occurrences par mots-clés, et de nous concentrer sur 16 textes, pour une étude plus qualitative et détaillée des idées et des arguments mobilisés dans le cadre d'une prospective scénaristique.

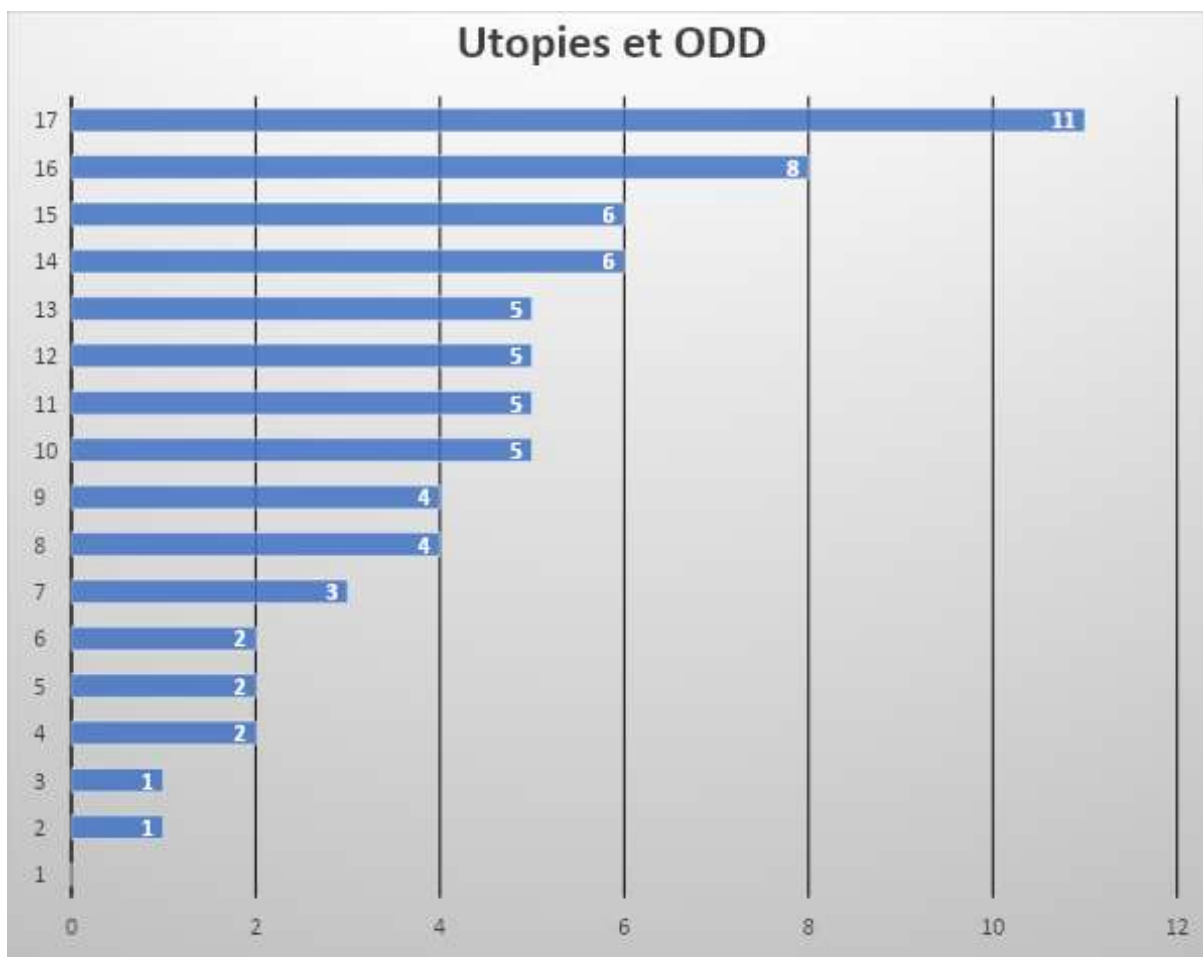
Dans l'analyse des textes, nous avons procédé de la manière suivante : une double lecture de chaque texte a été effectuée ; puis une analyse textuelle en rattachant, de façon inductive, les mots, concepts, idées ou arguments utilisés par les étudiants, aux 17 objectifs de développement durable. Par exemple, le mot « famine » a été associé à l'ODD 2 « Lutte contre la faim » dans les dystopies, le mot ainsi que le champ lexical de l'énergie ont été rattachés à l'ODD 7 « Energie propre et d'un coût abordable ».

2. Résultats :

2.1. Analyse de la relation entre les utopies et les ODD :

Dans le graphique 2, le premier enseignement marquant est que c'est l'ODD 12 qui apparaît comme étant l'enjeu le plus traité avec 11 textes sur 16 qui en parlent, soit 69%. Ce résultat est somme toute assez logique car le sujet demandé portait sur le « développement durable en production agricole » : les logiques de production et de consommation sont donc centrales et ce d'autant plus qu'il s'agit de futurs ingénieurs en agronomie, un tiers d'une promotion étant de surcroît issu du milieu agricole.

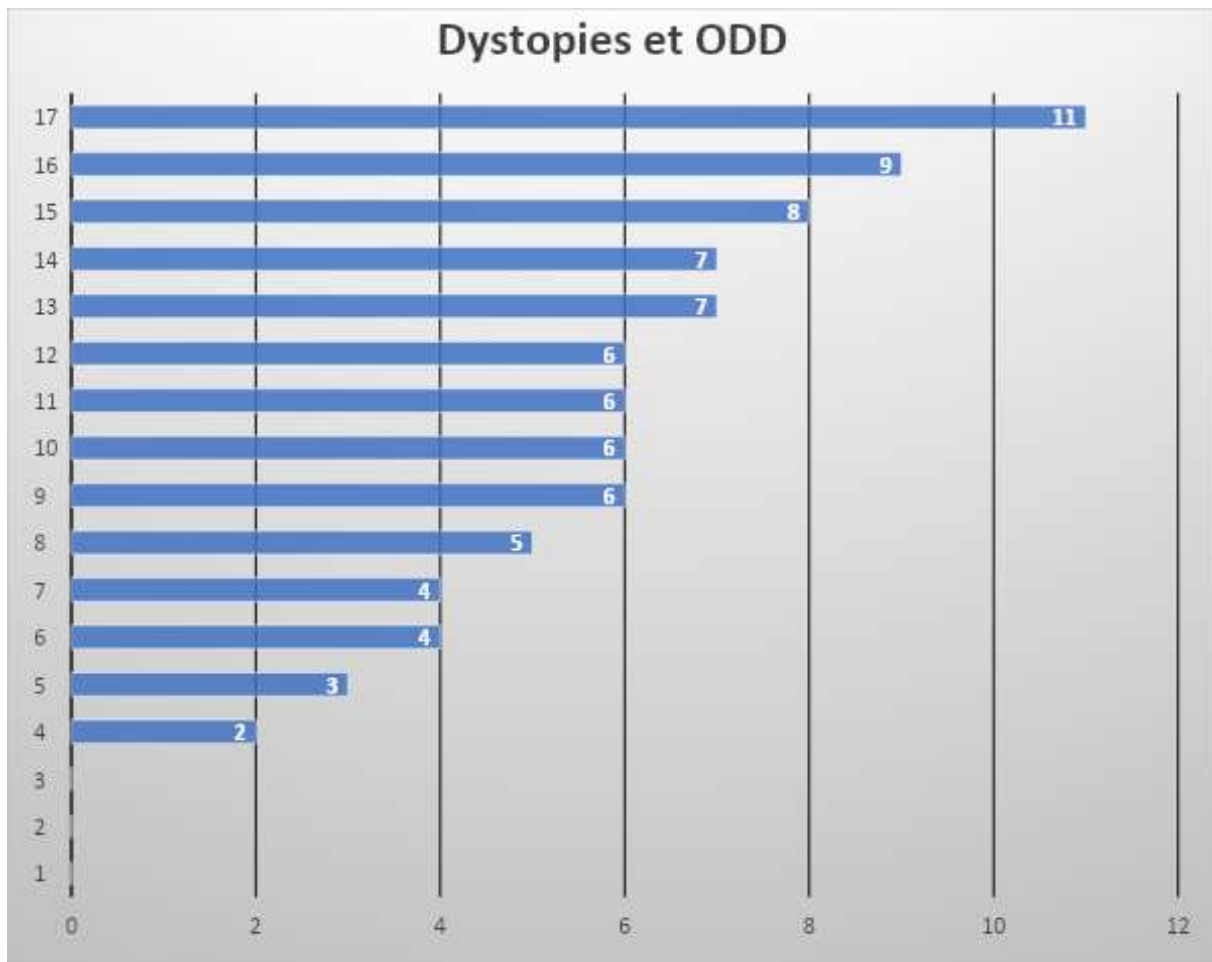
Pourtant, tout de suite après arrive la question de l'énergie (50% des textes) : il faut mettre cela en rapport notamment avec la question de la valorisation de la biomasse à partir de la méthanisation (28 occurrences dans les 28 textes), qui semble être une alternative raisonnable aux énergies fossiles actuellement utilisées (28 occurrences également dans les 28 textes). Ces résultats sont à mettre en relation avec l'ODD 13 (37,5% des textes), à égalité avec ce qui relève de l'industrie, de l'innovation et des infrastructures : l'analyse qu'il est possible de faire est que les ODD 7, 9 et 13 constituent les moyens principaux d'une consommation et d'une production durables, qui auront pour conséquence les quatre ODD (3,8,10,15) qui sont classés juste après, et qui sont tous abordés dans 31% des textes : la bonne santé et le bien-être, un travail décent et une croissance durable, des inégalités qui se réduisent et une meilleure protection de la vie terrestre.



Graphique 2 : Utopies et ODD

2.2. Analyse de la relation entre les dystopies et les ODD :

Dans le graphique 3, une remarque préalable s'impose : les 5 ODD les plus récurrents dans notre classement doivent être compris en négatif. En effet, l'ODD 2 « Faim zéro » (69% des textes) renvoie en réalité dans les textes dystopiques à la famine ; l'ODD 10 « Inégalités réduites » (56% des textes) à une explosion des inégalités, l'ODD 15 « Vie terrestre » (50% des textes) à une destruction de la biodiversité voire de toute vie sur Terre, l'ODD 1 (44% des textes) « Pas de pauvreté » à une explosion de la pauvreté, et l'ODD 16 « Paix justice et institutions efficaces » (44% des textes) à des situations de guerre civile ou mondiale, d'injustices criantes et d'institutions politiques défailantes. Ainsi, les situations décrites dans les dystopies relèvent souvent d'une vision apocalyptique, digne des superproductions cinématographiques américaines. Néanmoins, le point le plus intéressant est sans doute que pour les étudiants, les trois piliers du développement durable – économique, social et environnemental – sont inextricablement liés.



Graphique 3 : Dystopies et ODD

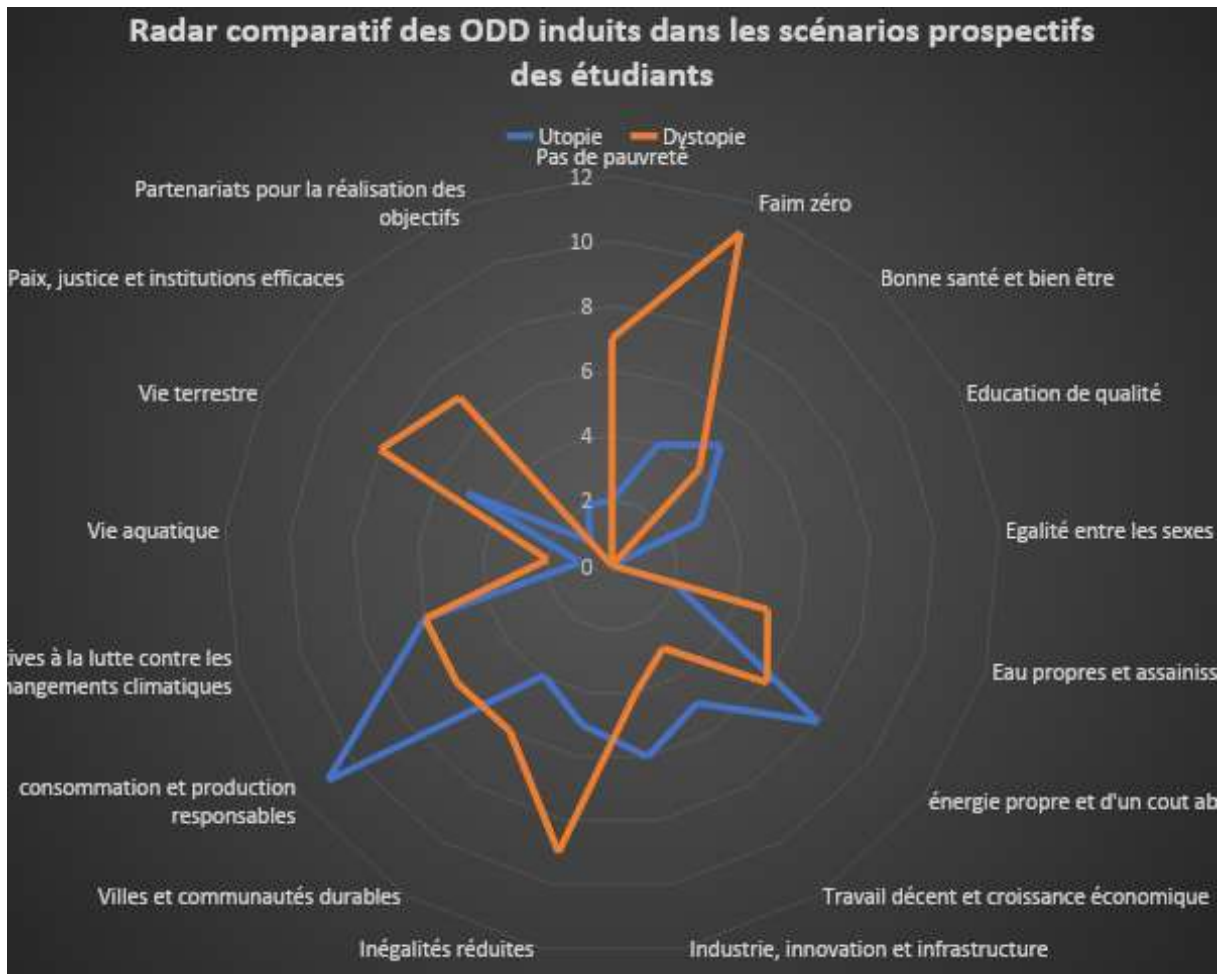
2.3. Comparatif des ODD traités dans les utopies et les dystopies :

Dans le graphique 4, un certain nombre de liens logiques apparaissent, qu'il s'agit ici d'explicitier. Ainsi, une consommation et une production responsables semblent être à la fois le but ou la finalité d'une transformation future de l'agriculture ainsi que de l'industrie et des infrastructures ; mais aussi la condition de possibilité de parvenir à un monde moins inégal, plus juste, mais encore où l'environnement et la biodiversité sont préservés et/ou maîtrisés, et où, surtout, tout le monde mange à sa faim. Par ailleurs, la problématique de l'énergie nous semble transverse par rapport à ces différents enjeux, au sens où – et c'est assez nouveau – l'agriculture n'apparaît plus seulement comme relevant de la production de nourriture pour la population mais aussi comme relevant de la production d'énergie, alors qu'elle était auparavant essentiellement consommatrice d'énergies, et d'énergies fossiles en l'occurrence.

Un dernier fait mérite d'être analysé : un certain nombre d'ODD sont en effet très peu mobilisés, voire pas du tout. Tout d'abord, l'ODD 5 relatif à l'égalité des sexes n'est jamais abordé : cela interroge et ce d'autant plus que chaque promotion compte environ 40% d'étudiantes dans son effectif, et qu'aujourd'hui en France 30% des actifs permanents agricoles et que 25% des chefs d'exploitation sont des femmes³. Manifestement, le lien entre égalité des sexes et développement durable est encore à créer.

³ Agreste (2020), « Memento de la statistique agricole 2020 »

Enfin, l'ODD 4 relatif à une éducation de qualité n'apparaît que dans trois textes utopiques et dans aucun texte dystopique : on peut donc considérer que l'éducation de qualité apparaît comme un levier, mais un levier finalement accessoire, vers l'amélioration de la société au niveau économique et environnemental. Son absence dans les dystopies peut aussi signifier qu'une mauvaise éducation ne serait pas une cause de la déliquescence des sociétés.



Graphique 4 : Radar comparatif d'occurrence des ODD induits dans les scénarios prospectifs des étudiants

3. Conclusion :

Si un élément important doit être retenu, il s'agit sans doute du fait que les étudiants, de façon consciente ou non, soient capables de penser et d'imaginer comment la modification d'un élément fondamental du mode de fonctionnement de notre société, comme par exemple le mode de production agricole ou énergétique, a une influence sur toutes les sphères de la société et même de la nature. Une production et une consommation responsables apparaissent ainsi comme étroitement liées aux questions économiques, sociales et environnementales. Il serait ainsi sans doute intéressant de mener une enquête dans d'autres types d'écoles d'ingénieurs (génie mécanique, civil, etc.) pour déterminer si cette conscience globale des enjeux est similaire parmi les étudiants en école d'ingénieurs d'une même classe d'âge.

Il faut noter enfin que ce cours, qui n'avait pas pour thème le développement durable mais bien l'épistémologie, c'est-à-dire un recul critique et réflexif sur les sciences – en particulier les

sciences agronomiques, a sans doute pu permettre une forme de recul bienvenu sur les évolutions de l'agriculture, non seulement actuelles mais aussi futures. Ces projections traduisent bien évidemment les espoirs et les angoisses du moment autour du modèle de l'agriculture conventionnelle et des problématiques environnementales qui l'agitent mais aussi le débordent. Plus profondément aussi, elles marquent une conscience aigüe de leur responsabilité future en tant qu'ingénieurs agronomes, vis-à-vis d'eux-mêmes et des générations à venir. En cela, les diverses voies du développement durable qui sont proposées ici sont porteuses de menaces, comme les dystopies le racontent, mais aussi et surtout d'espoir.

Références bibliographiques

Agreste (2020), « Memento de la statistique agricole 2020 » https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/MemSta2020/V2_MementoFrance%202020_Site.pdf
Consulté le 26/02/2021.

Barthes, A., Zwang, A., & Alpe, Y. (2014). Sous la bannière développement durable, quels rapports aux savoirs scientifiques ? *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, 11(2013-2014).

Brégeon, J., Faucheux, M. S., Rochet, M. C., & Valantin, M. J. M. (2008). Rapport du groupe de travail interministériel sur l'Éducation au développement durable. Paris, MEN.

Brundland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Trad. Fr *Rapport de la Commission des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement : Notre avenir à tous*. http://www.ceres.ens.fr/IMG/pdf/rapport_brundtland.pdf. Consulté le 26/02/2021.

Lourdel, N. (2005). *Méthodes pédagogiques et représentation de la compréhension du développement durable : Application à la formation des élèves ingénieurs* (Thèse de Doctorat).

Simonneaux, J. (2011). Quelles postures épistémologiques pour une éducation au développement durable ? In *Colloque international francophone, « Le développement durable : débats et controverses », 15 et 16 décembre 2011, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand*.

Com. # 50

Abi Raad Sarah - Former les élèves-ingénieurs au leadership bienveillant : Un socle de formation pour un développement humain durable

Formatrice en Sciences Humaines et Sociales

Institut Supérieur de Pédagogie- Institut Catholique de Paris

Résumé : S'adapter à un environnement psycho-social en mutations et accepter d'être un leader technique au sein d'une équipe de travail sont deux compétences primordiales à travailler conjointement auprès d'élèves-ingénieurs confrontés à la réalisation de deux défis majeurs pour construire une identité professionnelle affirmée et reconnue : la nécessité d'être excellent professionnellement et le besoin de ressentir un épanouissement personnel en situation de travail.

Ainsi, nous développerons dans notre écrit deux objectifs distincts mais complémentaires : expliciter les logiques de formation au leadership bienveillant d'élèves-ingénieurs dans l'optique de développer un style de leader technique de type passionnel avec un style de leadership managérial de type compassionnel. Cette formation au leadership bienveillant va s'accompagner d'un processus de développement humain durable comme le socle fondamental du développement durable qui permet à ces élèves-ingénieurs de développer des compétences psychosociales indispensables dans l'entretien d'un dialogue intergénérationnel.

Ainsi, nous envisageons en conclusion les contours d'une formation anthropologique à la transition écologique qui concerne les élèves-ingénieurs en tant que personnes responsables de leur bien-être et du bien commun.

Mots-clés : développement humain durable, leadership passionnel, leadership compassionnel, leadership bienveillant, identité professionnelle

Abstract: Adapting to a changing psycho-social environment and accepting to be a technical leader on a team are two essential skills to work on with engineer students that are facing two major challenges in order to create a professional identity asserted and recognized: the need to be excellent professionally and the need to feel a personal fulfillment in a work situation.

Thus, we will develop in our writing two distinct but complementary objectives: explaining the logics of formation to the benevolent leadership of students-engineers with the aim of developing a passionate technical leader style with a compassionate managerial leadership style. This caring leadership training will be accompanied by a process of sustainable human development as the fundamental foundation of sustainable development that allows these engineer students to develop essential psychosocial skills in the maintenance of an intergenerational dialogue.

In conclusion, we will consider the contours of an anthropological training to the ecological transition that concerns the students-engineers as persons responsible for their well-being and the common good.

Keywords: sustainable human development, passionate leadership, compassionate leadership, caring leadership, professional identity

Former les élèves-ingénieurs au leadership bienveillant : Un socle de formation pour un développement humain durable

Introduction

S'adapter à un environnement psycho-social en mutations et accepter d'être un leader technique au sein d'une équipe de travail sont deux compétences primordiales à travailler conjointement auprès d'élèves-ingénieurs confrontés à la réalisation de deux défis majeurs pour construire une identité professionnelle affirmée et reconnue : la nécessité d'être excellent professionnellement et le besoin de ressentir un épanouissement personnel en situation de travail.

Ainsi, nous développerons dans notre écrit deux objectifs distincts mais complémentaires : expliciter les logiques de formation au leadership bienveillant d'élèves-ingénieurs dans l'optique de développer un style de leader technique de type passionnel avec un style de leadership managérial de type compassionnel. Cette formation au leadership bienveillant va s'accompagner d'un processus de développement humain durable comme le socle fondamental du développement durable qui permet à ces élèves-ingénieurs de développer des compétences psychosociales indispensables dans l'entretien d'un dialogue intergénérationnel.

Ainsi, nous envisageons en conclusion les contours d'une formation anthropologique à la transition écologique qui concerne les élèves-ingénieurs en tant que personnes responsables de leur bien-être et du bien commun.

La Formation au leadership bienveillant : en enjeu prioritaire de formation

« Le terme *leadership* a commencé à susciter un certain intérêt au début des années 1900 avec l'approche « Grand Homme » » (Dutercq & Gather Thurler, 2015, p. 8). En 1918 puis en 1924, Mary Parker Follett publie deux ouvrages dans lesquels elle met l'accent sur l'intérêt du groupe dans la gestion des organisations. Ses textes vont apparaître en France en 2002 bien après leur écriture et quelques dizaines d'années après le décès de Follett. Dans l'ouvrage *Diriger au-delà du conflit* (2002) qui regroupe les textes de cette dernière, Marc Mousli, l'auteur, met en valeur l'approche de la sociologue et consultante en management qui proposait déjà au début du XX^{ème} siècle, une approche systémique, pragmatique et humaine des relations professionnelles. Follett présente le pouvoir comme étant partagé et non pas absolu. Elle défend la participation de tous les acteurs à la gestion, quel que soit leur position hiérarchique et est confiante des effets positifs qui en découlent. Pionnière dans ses travaux sur le leadership partagé elle se penche également sur l'idée du « gagnant-gagnant » et s'intéresse aux occupations du leader qui se résument en trois grandes tâches : coordonner, finaliser et anticiper. (2002).

Cependant, cette terminologie est entrée dans le domaine des sciences humaines après des dizaines d'années de recherches. Le leadership n'est pas forcément lié à une fonction ou à une responsabilité d'une seule personne, mais à une action collective dans une visée pédagogique, action qui comporte des dimensions formelles et informelles (Muijs & Harris, 2006). Ainsi, le leadership est défini comme un *processus social et collectif*, qui résulte des interactions entre de multiples acteurs (Derouet, 2014 ; Uhl-Bien, 2006 ; Yukl, 2002). En référence à plusieurs auteurs diverses et variés de par leur culture, leur théorie et leur modèle épistémologique, il s'avère qu'il n'existe aucun consensus sur la définition exacte du leadership mais la plus utilisée est celle de James M. Burns qui définit, en 1978, le leadership comme étant un « *processus réciproque de mobilisation, par des personnes avec certains motifs et valeurs, de diverses ressources, afin de réaliser les objectifs de manière indépendante ou mutuellement tenus à la fois par les leaders et les suiveurs* ». Dans cette définition, Burns utilise le terme valeur, élément

fondamental de la cohésion d'une équipe et l'essence de la mobilisation de tous. Bien plus tard, en 2012, Northouse explicite dans son ouvrage *Leadership : Theory and Practice* l'évolution du terme « leadership » pour proposer sa propre définition. Pour l'auteur, le leadership est « un processus par lequel une personne influence un groupe de personnes pour atteindre un but commun ». Dans cette perspective Northouse met l'accent sur la dimension de processus, nouvelle perception du leadership qui jusque-là était considéré comme un trait de caractère ou une dimension innée. Au cours de ce processus, qui s'étale donc dans le temps, le leader est en mesure d'influencer son équipe tout en étant influencé par les membres qui la constituent. Cette interaction met en avant l'individualité de chacun au sein d'une équipe dans l'optique de décentraliser le rôle de guide au leader « désigné ». Ainsi, sans influence mutuelle le leadership n'existerait pas.

Il nous intéresse à présent d'éclairer ce processus qu'est le leadership.

La bienveillance : un élément constitutif de la vie professionnelle

D'après Cohen (2013), le leadership bienveillant consiste en une prise en compte des intérêts des collaborateurs inclut notamment de s'occuper concrètement de leur bien-être, d'être attentif à leurs émotions mais surtout de sincèrement s'intéresser à eux en tant qu'êtres humains et pas seulement en tant que ressource ou force de travail. Cette manière de gérer et en opposition avec d'autres dans le sens où le leadership bienveillant est orienté vers les personnes et les humains qui font partie de l'équipe tandis que d'autres styles de leadership peuvent privilégier les intérêts de l'entreprise ou du manager. Dortier (2017) distingue trois principes élémentaires du leadership bienveillant : considérer les personnes, veiller à la qualité des relations humaines et respecter les conditions de travail.

La considération des personnes par en premier par la capacité à travailler avec les individus tout en prenant en compte leur statut de base : humains. Les personnes qui font partie de l'équipe méritent une reconnaissance de la part de leurs supérieurs hiérarchiques tout comme il est important qu'ils comprennent ce qui est demandé de et surtout pourquoi est-ce que telle chose est à faire. Un leader bienveillant est donc une personne qui évite de critiquer, de déconsidérer et de rabaisser son équipe. Contrairement aux pratiques d'humiliation et autres, un leader bienveillant respecte tout individu tant au niveau personnel qu'au niveau professionnel.

Afin de veiller à la qualité des relations humaines, Dortier (2013) propose que le lieu de travail soit synonyme de coopération, d'environnement sécurisant où les techniques de communication non violente sont favorisées.

Le respect des conditions de travail est le dernier principe de bienveillance décrit par Dortier (2013). Ce dernier porte sur le respect de la personne aussi bien que le respect des bonnes conditions de travail. En effet, le souci que porte en lui un leader bienveillant dans le but de faire de son mieux pour assurer de bonnes conditions de travail met en avant les aspects de ce type de leadership.

En résumé, Dortier considère que les principes de bienveillance s'étalent sur la promotion de l'attention à autrui, la veille sur la qualité des relations personnelles et sur les conditions de vie de travail pour chacun.

Le leadership bienveillant s'appuie donc sur plusieurs types de justice : la justice distributive, informationnelle, interactionnelle et procédurale.

Au-delà de ces informations, le leadership est dans la manière et dans l'intention qu'apporte un leader à chacun des membres de son équipe mais est très exigeant au quotidien, dans la pratique.

Vient donc le concept de leader passionnel qui apporte avec lui un sentiment indescriptible et incontournable qu'est la passion.

Le Leadership passionnel : une compétence professionnelle à canaliser.

D'où vient alors cette passion qui attire le leader malgré toutes les difficultés qu'engendre la mise en place de tel ou tel style de leadership ? Quelle serait l'essence de cette motivation intrinsèque qui entretient la persévérance du leader ?

Capriles (2005) affirme que la plupart des cours et des textes de psychologie contemporaine n'emploie pas le mot « passion » qui reflète pourtant un sentiment qu'aucun autre mot ne peut remplacer.

Dans la majorité des processus de recrutement, les individus sont retenus ou pas en fonction de leurs compétences techniques et scolaires sans prise en compte de leurs traits comportementaux tels que la motivation et la passion. En psychologie, « la motivation correspond aux forces qui entraînent les comportements orientés vers un objectif, forces qui permettent de maintenir ces comportements jusqu'à ce que l'objectif soit atteint » (Morin & Aubé, 2007). Cette énergie entraîne, le plus souvent, une action. Ainsi, toute compétence peut être apprise et travaillée du moment où la motivation intrinsèque et la motivation autodéterminée sont présentes.

En 2017, Ryan et Deci ont élaboré un cadre de conseil qui aide à comprendre les éléments d'une motivation intrinsèque, d'une motivation extrinsèque autonome et d'un bien-être psychologique. Ce conseil est appelé la théorie de l'autodétermination. Selon l'étude, ces différents types de motivation prédisent une variété de résultats positifs en fonction de la culture du peuple et de son besoin d'autonomie, de compétence et de relations (Ryan et Deci 2017). La recherche sur la théorie de l'autodétermination est axée sur la motivation intrinsèque lorsqu'une personne fait une activité pour « son propre intérêt » ou pour « son intérêt et son plaisir inhérents » (Deci et Ryan, 2000). En 2014, Taylor et coll. ont démontré dans une étude que la motivation intrinsèque était constamment liée à un rendement supérieur. Dans le cas du leadership bienveillant, les motivations intrinsèques et autodéterminées sont au service du bien-être des individus.

Le Leadership compassionnel : une nécessité pour vivre des situations professionnelles inattendues

L'une des approches les plus largement reconnues du leadership est l'approche situationnelle, qui a été développée par Hersey et Blanchard (1969a) basée sur la théorie du style de gestion 3D de Reddin (1967). Cette approche a été dans la formation et le développement du leadership organisationnel.

Comme son nom l'indique, le leadership situationnel est axé sur le leadership dans les situations. La prémisse de la théorie est que différentes situations exigent différents types de leadership. De ce point de vue, pour être un leader efficace, une personne doit adapter son style aux exigences de différentes situations. Ainsi, un leader compassionnel est celui qui, en fonction de la situation, va se mettre à la place d'autrui pour comprendre sa situation. Lazarus (1991) définit la compassion comme étant un sentiment qui naît en voyant la souffrance d'autrui. Ce sentiment déclenchera une motivation interne et un fort désir d'aider la personne. Des écrits récents sur la compassion offrent un raisonnement qui explicite l'émergence d'un état affectif orienté vers l'amélioration du bien-être de ceux qui souffrent (Frank, 1988). Ainsi, le leadership bienveillant rejoint le leadership compassionnel dans la mesure où ces deux styles de leadership sont orientés vers le bien-être des individus.

Conclusion : vers une écologie de la rencontre avec l'altérité dans les métiers de l'ingénieur.

Former des élèves ingénieurs au développement humain durable est une mission d'actualité qui vise la préservation des ressources personnelles partagées par les étudiants entre eux. Cette pratique bienveillante et compassionnelle est très exigeante car elle se base sur des concepts et des actions qui demandent un important investissement personnel tant au niveau du respect de la justice que du courage, de la générosité, de l'altruisme et de l'empathie.

Plus que des compétences techniques à développer, la formation au leadership bienveillant amplifie des attitudes et des compétences intra-personnelles, interpersonnelles et psychosociales. La connaissance de l'altérité est donc indispensable à la réalisation d'un projet et au développement d'actions. Ces pratiques innovantes de travail permettent aux futurs ingénieurs de se forger une nouvelle conscience professionnelle basée sur une connaissance et une conscience personnelle de soi et de l'autre. Ainsi, ce développement humain durable s'inscrit dans une lignée de connaissances, de compétences, d'émotions, de situations, de bienveillance, de compassion et surtout d'un don de soi, pour assurer le bien-être de l'autre.

Références bibliographiques

- Burns, J. M., (1978). *Leadership*. New York: Harper & Row, Publishers, Inc.
- Capriles M., A. (2005). L'expérience de la passion. *Cahiers jungiens de psychanalyse*, 4(4), 41-54.
- Cohen, R. (2013). Plaidoyer pour un leadership bienveillant. *L'Expansion Management Review*, 1(1), 90-99.
- Cohen, R. (2013). Plaidoyer pour un leadership bienveillant. *L'Expansion Management Review*, 1(1), 90-99.
- De Mijolla-Mellor, S. (2015). Amour du leader et autorité du politique. *Topique*, 4(4), 7-22.
- Dortier, J. (2017). Management bienveillant, mythes et réalités. Dans : J. Dortier, *Travail, guide de survie* (pp. 134-142). Auxerre, France : Éditions Sciences Humaines.
- Dutercq, Y., Gather-Thurler, M., Pelletier, G. (2015). *Le leadership éducatif entre défi et fiction*. Louvain: De Boeck Supérieur.
- Frank RH. (1988) *Passions within reason: The strategic role of the emotions*. New York: W.W. Norton & Company, Inc.
- Garant, M., Letor, C. (2014). *Encadrement et leadership : Nouvelles pratiques en éducation et formation*. Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck Supérieur.
- Lazarus RS. (1991) *Emotion and adaptation*. Oxford: Oxford University Press
- Minter, R. (2012). *Leading from Behind*. New York: St. – Martin's Griffin.
- MORIN, E. et C. AUBÉ. 2007. *Psychologie et management*, 2e édition, Montréal : Chenelière Éducation.
- Northouse, P.G. (2012). *Leadership: Theory and Practice*, 6th Edition (6th edition). SAGE Publications, Inc.
- Ryan R. & Deci E., (2020). *Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions*, Contemporary Educational Psychology

Atelier 3 - Curricula et vues d'ensemble - Animateur : Yann Serreau

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
1	DJENNADI Lydia	Les curricula des écoles d'ingénieurs en Algérie : quelles ambitions en termes de développement durable ?
8	FOURATI-JAMOUSSE Fatma DUBOIS Michel CHEDRU Marie	Enseignement du développement durable et de l'innovation dans la formation des ingénieurs : perception des étudiants
9	TABAS Brad	On the Meaning of Sustainable Development: Humanity and Culture in the Age of Gaia and the Singularity
14	MAELAININ Cheikh Naama ABRAOUZ Fatima Zahra	Analyse de l'adéquation formation/emploi des ingénieurs en énergie renouvelable et sa contribution au développement durable au Maroc

Com. # 1

Djennadi Lydia - Les curricula des écoles d'ingénieurs en Algérie : quelles ambitions en termes de développement durable ?

DJENNADI Lydia, Doctorante en cotutelle ENSM Alger / CNAM Paris

Résumé

Les questions environnementales et le développement durable deviennent des préoccupations planétaires (Vaillancourt, 2002), y compris pour l'Algérie qui est directement confrontée à des problèmes environnementaux, notamment du fait du changement climatique (Khodja, 2012).

Le gouvernement algérien s'est donné comme objectif de former un « éco citoyen » respectueux de son environnement naturel, culturel, économique et social (Ghouati, 2016).

Cette communication porte sur l'étude des objectifs visés et des pratiques mises en œuvre dans trois écoles d'ingénieurs en Algérie en vue de sensibiliser les ingénieurs aux enjeux environnementaux et au développement durable. Quels sont les points de débats dans les écoles ? Et pour quels résultats dans les curricula ?

Ce travail est issu des enquêtes réalisées en 2018 et 2019 pour une thèse de doctorat qui s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche sur les enjeux qui touchent la formation d'ingénieurs face aux défis sociétaux et environnementaux.

Introduction

Au cours des deux derniers siècles, les sociétés industrialisées ont connu un important développement et un énorme progrès mais, au détriment de la pérennité des systèmes naturels (Mulder, 2009). Mais il y a eu en parallèle, une prise de conscience de nombreux acteurs sur l'importance d'intégrer les dimensions de développement durable afin de créer une nouvelle approche du développement (Allia, 2018). Cette prise de conscience a également touché les ingénieurs car ils sont considérés par leurs interventions comme les bâtisseurs du monde de demain (Maury, 2011). Ils sont présents dans toutes les fonctions techniques et non techniques de l'entreprise (Jean & Charriaux, 1998) et peuvent être aussi des chefs de projets, responsables d'équipes, managers, ... Donc, ils peuvent être confrontés à des prises de décisions à forts enjeux environnementaux et sociétaux (Sountag et al., 2015). Mais est-ce que les ingénieurs algériens sont préparés à faire face à ces changements ? Est-ce que, en Algérie, les formations d'ingénieurs visent à apporter une contribution à ce défi sociétal ?

Cette communication est issue des enquêtes réalisées entre 2018 et 2020 pour une thèse de doctorat qui s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche¹ sur les enjeux qui touchent la formation d'ingénieurs face aux défis environnementaux. Elle est basée sur une analyse des programmes de formation de trois écoles d'ingénieurs algériennes et de 24 entretiens avec des enseignants et des responsables pédagogiques. Ce travail porte sur l'étude des objectifs visés et des pratiques mises en œuvre dans les trois écoles concernées par l'étude, en vue de sensibiliser les ingénieurs aux enjeux environnementaux et au développement durable. Ainsi, nous verrons si l'éducation et la formation à l'environnement et au développement durable existent dans les écoles d'ingénieurs en Algérie ? Si oui, comment est-elle mise en œuvre ? Pour cela, nous

¹ RIIME : Recherche sur les Ingénieurs et la formation à l'Innovation au Maghreb face aux enjeux environnementaux. Ce projet porte sur les enjeux qui touchent la formation d'ingénieurs face aux défis sociétaux et environnementaux. Ce projet s'étale sur une durée de trois ans.

aborderons d'abord, la formation des ingénieurs et l'éducation au développement durable en Algérie. Ensuite, nous présenterons les résultats de notre enquête.

La formation des ingénieurs et le développement durable

Puisque c'est à l'ingénieur que l'on confie généralement la résolution des projets et problèmes techniques, alors il a une responsabilité importante dans la prise de décision publique. Etre conscient des défis du développement durable pour ce métier lui permettra de trouver les solutions adéquates (Mulder, 2009). L'Éducation au développement durable (EDD) va permettre aux ingénieurs d'acquérir les compétences nécessaires pour trouver des solutions adaptées, dans un monde en perpétuelle mutation, tout en questionnant systématiquement leur responsabilité individuelle et collective (Boubou, 2019). L'EDD a émergé progressivement depuis le sommet de la terre en 1992 et a fait par la suite l'objet de nombreuses recherches (Prevost & Jouffray, 2013), notamment celles sur les environnements socioprofessionnels des ingénieurs, les enjeux sociétaux de leurs activités et leur prise de décision (Sonntag et al., 2015). Le développement durable redéfinit et renouvelle les finalités de l'enseignement et dans cet esprit, il ne suffit pas d'intégrer quelques chapitres sur le développement durable dans les programmes sans remettre en cause les formes pédagogiques mobilisées.

La formation des ingénieurs en Algérie

Les ingénieurs constituent en Algérie un groupe social d'origine très récente. Ils étaient presque inexistantes lors de l'indépendance (Akkache, 1990). Ce métier qui était peu connu a tardé à émerger en Algérie et a cédé à la prééminence des filières classiques comme la médecine, le droit, les lettres, ... (Kadri, 2015 ; Haddab, 2001). Le bilan a fait ressortir durant la période coloniale que deux établissements de formation d'ingénieurs, l'École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) et l'École Nationale des Ingénieurs d'Alger (ENP actuellement) (Touati, 2009). Après l'indépendance, de grands efforts ont été fournis pour mieux former les ingénieurs, dans le cadre d'un projet national de développement qui visait à l'époque l'amélioration de l'industrie (Benguerna, 2004). D'ailleurs, vers les années 1970, d'autres établissements de formations d'ingénieurs ont été créés afin de former des cadres de haut niveau (Haddab, 2001).

Actuellement, quand on parle de la formation d'ingénieur en Algérie, on pense directement aux écoles car elle a été totalement confiée aux écoles d'ingénieurs qui ont toujours été les voies privilégiées des bacheliers (Gardelle, 2017). Ces dernières sont des écoles qui proposent des formations scientifiques et techniques durant un cursus de 3 à 5 ans.

Certaines écoles recrutent essentiellement à partir des écoles préparatoires et d'autres après le BAC (écoles intégrées). Elles se distinguent par une sélection à l'entrée et des études de haut niveau. Les écoles d'ingénieurs délivrent des enseignements de qualité et les ingénieurs qui sortent n'ont aucune difficulté pour l'insertion professionnelle ou pour poursuivre des études à l'international (Gardelle & Benguerna, 2015).

Le développement durable dans les formations d'ingénieurs en Algérie - Méthodologie de la recherche et présentation des écoles

Notre travail de recherche s'appuie sur l'étude de trois écoles d'ingénieurs algériennes : l'École Nationale Polytechnique (ENP), l'École Nationale Supérieure d'Informatique (ESI) et l'École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) qui sont des écoles renommées en Algérie. Elles

forment des ingénieurs qui auront des postes à responsabilités après l'obtention de leurs diplômes. Les trois écoles sont aussi parmi les premières qui ont été créées en Algérie sur un modèle académique français.

Nous avons dans un premier temps collecté les programmes détaillés des spécialités proposées afin d'effectuer une analyse de discours. Puis, nous avons mené une série d'entretiens semi-directifs avec des enseignants et des responsables pédagogiques qui sont les principaux acteurs dans notre processus de recherche. Cette recherche s'inscrit dans la sociologie du curriculum qui prend racine dans une sociologie de l'éducation qui cherche à étudier les enjeux sociaux et les types de transactions sociales à l'œuvre dans le champ éducatif (Young, 1971 ; Bernstein, 2007 ; Forquin, 2008).

L'École Nationale Polytechnique (ENP) est une grande école créée en 1925 (Benguerna, 2001). Elle a pu former depuis sa création environ 8000 ingénieurs. L'École Supérieure d'Informatique (ESI) a été créée en 1969 et a formé depuis sa création jusqu'à maintenant environ 6000 ingénieurs qui travaillent dans différents secteurs et l'École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) qui a été créée en 1905. Depuis 1962, elle a assuré la formation d'environ 5000 ingénieurs agronomes.

Analyses et Résultats de la recherche

Dans l'analyse de discours, nous avons cherché à repérer dans les programmes de formation des thèmes relatifs à l'environnement. L'ENP propose deux formations en relation avec l'environnement, la formation d'ingénieurs d'État en « génie de l'environnement » et la formation d'ingénieur d'État en « QHSE-GRI » et notre analyse montre que ce sont les deux spécialités qui traitent le plus grand nombre de thèmes liés à l'environnement. À l'ENSA, la spécialité « Foresterie et protection de la nature » traite beaucoup plus de thèmes liés à l'environnement et au développement durable que les autres spécialités. Par contre, l'ESI ne propose aucune spécialité ni module lié à l'environnement ou au développement durable dans son sens écologique du terme. Des enseignants ont expliqué que « *les enjeux pour la spécialité ne sont pas vraiment de taille* » car « *le métier n'a pas vraiment un impact très important sur l'environnement* ». Donc, il y a des départements dans les trois écoles qui donnent plus que d'autres, de l'importance à l'environnement et au développement durable. Ce qui nous montre que les enjeux environnementaux et le développement durable ne sont pas la priorité ni la préoccupation de tous les départements.

Notre enquête par entretiens montre qu'une volonté existe de sensibiliser les élèves aux questions environnementales et au développement durable à travers les programmes et les quelques matières introduites telles qu'énergies renouvelables, gestion des entreprises et développement durable, ... à l'ENP et aménagement du territoire, pollution des eaux, ... à l'ENSA. Certains enseignants trouvent que c'est une question « *d'éducation* » et de « *citoyenneté* » qui « *ne s'apprend pas à l'école mais dès le jeune âge* ». D'autres semblent très touchés par ces questions environnementales. Ils parlent de problèmes internationaux et nationaux et pensent qu'il est très important de les intégrer dans les programmes de formation afin de mieux préparer les futurs ingénieurs au monde de demain. Les trois écoles ont des clubs qui activent dans ce domaine, on trouve : le Club d'Activités Polyvalentes à l'ENP, le Green ENSA et le club vert à l'ESI. Ces clubs organisent des campagnes de nettoyage, des journées de plantation d'arbres, un tri sélectif de déchets, des séminaires et des journées portes ouvertes sur les problèmes environnementaux, ...

En ce qui concerne le ministère de l'Environnement, dans les textes institutionnels, il est censé être impliqué dans les formations qui touchent à l'environnement et au développement durable.

Mais, tous les interviewés indiquent qu'ils n'interviennent pas lors de la revue des programmes. Ainsi, le ministère de l'environnement et des énergies renouvelables, en ce qui concerne cette question, se limite à la publication de textes sans suivre leur application sur le terrain.

Conclusion

D'après notre analyse des programmes, on remarque que le principal objectif dans les trois écoles n'est pas de sensibiliser les élèves aux questions environnementales. Les concepts liés à l'environnement et au développement durable sont rarement mentionnés dans les programmes de l'ENP et de l'ENSA sauf pour les spécialités « QHSE – GRI », « génie de l'environnement » et « foresterie et protection de la nature » et pas du tout mentionnés à l'ESI. On remarque aussi qu'il n'existe pas d'organismes externes d'accréditation qui imposent des référentiels. Donc, l'adaptation à la réalité des programmes aux ambitions affichées au niveau national algérien et face aux défis du développement durable est un enjeu d'une grande importance.

Références bibliographiques

- Akkache, A. (1990). Ingénieurs et emploi : Quelques données sur l'Algérie. In E. Longuenesse (dir.) *bâtisseurs et bureaucrates : Ingénieurs et société au Maghreb et Moyen Orient* (P. 147 – 154). Maison de l'orient.
- Allia, K. (2018). Formation des ingénieurs et les nouveaux défis du développement durable. Workshop CREAD, Alger. 11.
- Benguerna, M. (2004). La « nonémergence » de la profession d'ingénieur en Algérie : Modèles de formation et trajectoires socioprofessionnelles. *Les cahiers du CREAD*, 20(66), 119-138.
- Benguerna, M. (2001). L'École polytechnique d'Alger : La formation inachevée d'une élite technique. In É. Gobe (Éd.), *Les ingénieurs maghrébins dans les systèmes de formation* (p. 101-107). Institut de recherche sur le Maghreb contemporain. <http://books.openedition.org/irmc/132>
- Boubou, N. (2019). *L'intégration de la démarche DD dans une formation d'ingénieur*. 9.
- Gardelle, L. (2017). L'introduction des Sciences humaines et sociales dans les formations d'ingénieurs. Des questions en débat en Algérie et au Maroc. *Esprit Critique : Revue Internationale de Sociologie et de Sciences sociales*, 26(n° 1), 104-118.
- Gardelle, L., & Benguerna, M. (2015). *Les enjeux de la formation des élites maghrébines en France. Formation, identité, mobilité des ingénieurs dans un monde globalisé*. Éditions Publisud, Coll. Carrefours Euro-Méditerranéens. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01206605>
- Gobe, É. (2014). Les ingénieurs maghrébins dans les systèmes de formation. In *Les ingénieurs maghrébins dans les systèmes de formation*. Institut de recherche sur le Maghreb contemporain. <http://books.openedition.org/irmc/114>
- Haddab, M. (2001). Les évolutions de la formation et du statut social des ingénieurs dans l'Algérie indépendante. In É. Gobe (Éd.), *Les ingénieurs maghrébins dans les systèmes de formation* (p. 123-131). Institut de recherche sur le Maghreb contemporain. <http://books.openedition.org/irmc/137>

- Jean, R., & Charriaux, J. (1998). *Ingénieur : Une professionnalité interpellée*. Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/reconnaitances-du-travail--9782130486930-page-211.htm>
- Kadri, A. (2015), La formation des élites en Algérie : Quelle place pour les ingénieurs ? In M. Bneguerna, L. Gardelle (dire), *les enjeux de la formation des élites maghrébines en France : Formation, identité, mobilité des ingénieurs dans un monde globalisé*. Publisud.
- Maury, C. (2011). La réalité du travail de l'ingénieur et son évolution. *Annales des Mines - Realites industrielles, Février 2011(1)*, 74-82.
- Mulder, K., Francoeur, É., Université du Québec & École de technologie supérieure. (2009). *L'ingénieur et le développement durable*. Presses de l'Université du Québec ; Université du Québec, École de technologie supérieure.
- Prévost, P., & Jouffray, A. (2013). Le développement durable dans les formations d'ingénieur en France : Comment se situer entre formation professionnelle et « éducation à... ». L'exemple de la formation d'ingénieur agronome. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 33, Article 33. <https://doi.org/10.4000/edso.104>
- Sonntag, M., Gitzhofer, F., & Lejeune, M. (2015). La place de la recherche en sciences humaines, sociales et économiques dans les écoles d'ingénieurs : Bilan et perspectives. *Phronesis*, 4(2), 1-4. <https://doi.org/10.7202/1033445ar>
- Stavrou, S. (2007). Bernstein Basil. Pédagogie, contrôle symbolique et identité : théorie, recherche, critique. *Revue française de pédagogie, n° 158(1)*, 165-168.
- Touati, O. (2009). Les ingénieurs en Algérie de l'époque coloniale à la crise des années 1990 : Approche socio-historique d'un métier. *L'Année du Maghreb, V*, 589-611. <https://doi.org/10.4000/anneemaghreb.711>
- Trottier, C. (2010). Forquin, J.-C. (2008). Sociologie du curriculum. Rennes, France : Presses universitaires de Rennes. *Revue des sciences de l'éducation, 36(2)*, 573-574. <https://doi.org/10.7202/044504ar>
- Young, M. (1971). Young, Michael F. D., ed., Knowledge and Control: New Directions for the Sociology of Education. London: Collier-Macmillan, 1971. *CIRS: Curriculum Inquiry and Related Studies from Educational Research: A Searchable Bibliography of Selected Studies*. <https://stars.library.ucf.edu/cirs/1272>

Fourati-Jamoussi Fatma, Dubois Michel J.F. et Chedru Marie - Enseignement du développement durable et de l'innovation dans la formation des ingénieurs : perception des étudiants

Institut Polytechnique UniLaSalle

Unité de recherche INTERACT UP 2018.C102

Résumé

Cet article fait suite à une première étude¹ sur la perception des élèves ingénieurs d'UniLaSalle Beauvais, de l'enseignement du développement durable (DD) et de l'innovation. Il a pour objet de montrer l'évolution dans la durée de la perception des élèves ingénieurs en ce qui concerne le DD et l'innovation en intégrant le dispositif international dit « Go-LaSalle ». Ce dispositif fait partie du parcours de troisième année durant lequel les élèves étudient pendant un semestre en universités partenaires du réseau mondial Lasallien.² Dans ce but, nous avons conçu un questionnaire qui permet d'identifier la perception du DD par les élèves, leur évaluation de l'importance des piliers du DD, leur perception des objectifs et des raisons d'intégrer le DD dans le cursus ingénieur. Le questionnaire permet également d'identifier la perception de l'innovation par les élèves et de comprendre leur vision d'un monde plus durable, leur relation avec l'environnement et leur pensée sur l'ensemble de l'écosystème. Le questionnaire a été diffusé avant le départ des élèves à l'étranger, puis après le retour, soit en fin de deuxième puis en milieu de troisième année de cycle supérieur. Ceci permet donc aussi d'évaluer le changement de leur perception de ces enseignements durant leur cursus et pourrait aider au pilotage de l'évolution des programmes.

Mots-clés : développement durable, innovation, enseignement supérieur, école d'ingénieurs, étudiants.

I. Introduction et état de l'art

Pendant des décennies, le système éducatif a été considéré comme l'un des principaux vecteurs sociétaux de réduction des inégalités sociales (Fullan, 2015), c'est-à-dire que le système éducatif permettait d'obtenir à la fois plus d'acteurs bien formés et une évolution sociale, ce qui est synthétisée en français par l'expression « ascenseur social ». Dans de nombreux pays européens, le ralentissement de la croissance est corrélé à une « panne de l'ascenseur social » c'est-à-dire à une mobilité socioprofessionnelle intergénérationnelle faible (Chauvel, 2006, Boone et Goujard, 2019). C'est dans ce contexte difficile que le système éducatif doit évoluer et intégrer la prise de conscience des limites physiques et naturelles de la planète c'est-à-dire de former au Développement Durable (DD) et aux transitions nécessaires pour le mettre en œuvre. Nous adoptons ici la définition traditionnelle du DD, tirée du rapport Brundtland (1987)

¹ Fourati-Jamoussi F., Dubois J.F. M., Chedru M. Teaching Sustainable Development and innovation in Engineering Education : Students' perception, 46th SEFI Conference, 17-21 September 2018, pp. 182-189.

² Cette étude a été réalisée bien avant l'apparition de la pandémie Covid19

qui insiste sur l'exigence de « répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Les déclarations internationales qui font référence à la nécessité d'inclure le développement durable (DD) dans le programme d'études et de développer la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire ainsi que la sensibilisation du public sont déjà anciennes (Wright, 2002). Depuis, l'ONU a communiqué sur les 17 objectifs du développement durable et l'enseignement supérieur du DD devient un enjeu stratégique pour les formations supérieures (Fuertes-Camacho et al., 2019 ; Dyer et Dyer, 2017).

Sterling (2004) a défendu que « la durabilité n'exige pas simplement un 'ajout' aux structures et programmes existants, mais implique un changement d'épistémologie fondamentale dans notre culture et dans notre pensée et pratique éducative [...], la durabilité est une porte d'entrée vers une vision différente du curriculum, de la pédagogie, du changement organisationnel... ». Qu'en est-il aujourd'hui dans les établissements d'enseignement supérieur impliqués dans l'intégration de l'enseignement du DD dans leurs cursus ?

Cinq approches principales d'intégration du développement durable dans les programmes d'enseignement supérieur ont été repérées (Lozano et al. 2015) : i) la couverture de certaines questions environnementales par un ou quelques cours existants ; ii) un cours de DD spécifique ; iii) le DD étroitement lié en tant que concept dans les cours disciplinaires réguliers ; iv) le DD présenté comme possibilité de spécialisation dans le cadre de chaque établissement supérieur ; v) le DD en tant que programme obligatoire de premier cycle ou de troisième cycle. L'intégration des approches de développement durable diffère donc d'une institution à l'autre.

On constate que, au moins au début, la plupart des études se concentrent sur le pilier environnemental (Thomas, 2004 ; Chalmeau et al. 2016). Par ailleurs, il existe des indicateurs pour évaluer l'intégration des initiatives universitaires de développement durable dans les universités et les campus (Olszak, 2012). Urbanski et Rowland (2014) ont développé un outil polyvalent (STARS) dans le mouvement de durabilité des campus. Cet outil a été publié par le Consortium pour la durabilité des associations de l'enseignement supérieur (HEASC) en 2006 et « aborderait toutes les dimensions de la durabilité et tous les secteurs et fonctions d'une université ». Ce type d'outil évalue la « performance de durabilité » des collèges et universités, sans comprendre comment les différentes performances sont atteintes et sans analyser l'importance du DD dans les enseignements.

Il devient donc important de comprendre comment sont améliorées les « performances de durabilité » c'est-à-dire comment la population des enseignants et des élèves évolue pour permettre cette transformation. Quelles sont les innovations nécessaires et comment se mettent-elles en place progressivement ? Depuis 2000, de nombreuses études ont porté sur le développement durable, l'innovation et les transitions technologiques, en partant de l'idée que l'innovation est un facteur clé pour la transition vers le développement durable (Mulder, 2016). Les travaux conceptuels ont porté sur le développement durable dans la formation des ingénieurs (Mulder, 2006, 2017 ; Mulder et al. 2012 ; Segalàs-Coral, 2009). Ceci conduit à analyser le rôle, et à constater l'importance de l'innovation pédagogique dans la formation au DD (Hall et Vredenburg, 2003 ; Mulder, 2007). En conséquence, pour atteindre un système éducatif durable, l'intégration du DD dans les programmes éducatifs demande de l'innovation (Mulder, 2006 ; Quendler, 2017). En éducation, la compréhension de chaque étape de la transformation pas à pas vers un enseignement du DD devient une priorité stratégique pour l'intégration du DD (Mulder et al., 2012). Le changement pourrait commencer avec les responsables pédagogiques de formation, puis s'étendre vers les enseignants chercheurs, mais le mouvement inverse est concevable.

Comme l'enseignement est tourné vers les apprenants, c'est-à-dire ici, les élèves-ingénieurs, l'efficacité de l'évolution de l'enseignement du DD doit pouvoir être évaluée par l'évolution des élèves ingénieurs. Sur cette communication nous nous focaliserons sur les élèves-ingénieurs, et plus précisément sur leur perception du DD.

Notre question de recherche est la suivante : quelles sont les évolutions des perceptions des étudiants sur la valeur de l'intégration du DD et de l'innovation dans le programme d'enseignement ? Dans ce programme, un dispositif dit « Go LaSalle » oblige les élèves-ingénieurs à suivre un cursus de six mois dans une université étrangère du réseau lasallien. Cette perception a donc été étudiée avant le départ et après le retour de ce dispositif, c'est-à-dire à près de dix mois d'écart, ce qui peut donner un commencement d'indication sur l'évolution de leur perception.³

Cette communication présente des recherches antérieures sur le DD dans le contexte de l'enseignement supérieur (section 2). Dans la section 3 nous abordons comment la réflexion a évolué sur la conception d'un questionnaire concernant la perception du développement durable et de l'innovation par nos étudiants. La méthodologie de recherche est décrite dans la section 4. Les résultats de ce questionnaire fourniront les perceptions des étudiants sur l'intégration du DD et de l'innovation pédagogique avant et après le programme « Go LaSalle ». (UniLaSalle Beauvais) sont présentées dans la section 5. Certaines conclusions sont tirées dans la section 6.

Notre hypothèse ici, c'est que les élèves pourraient avoir changé de perception du DD et de l'innovation dans leur formation après les six mois d'expérience internationale du dispositif « Go LaSalle ».

II. Enseignement du DD et de l'innovation dans la formation d'ingénieurs : cas d'UniLaSalle

Depuis 2009, les établissements d'enseignement supérieur français se sont engagés stratégiquement dans l'intégration générale du DD, tant au niveau de l'activité des établissements que dans les formations. La Conférence des Présidents d'université (CPU) et la Conférence de l'enseignement supérieur (CGE) ont proposé le Plan Vert (article 55 du 3 août 2009 de la loi Grenelle 1) et l'intégration de la durabilité dans l'enseignement supérieur. Nous avons présenté une étude de cas à « l'Institut Polytechnique UniLaSalle », axée sur la formation des ingénieurs (Fourati-Jamoussi et al. 2015).

En effet, UniLaSalle vise à former de jeunes ingénieurs ou managers dans des domaines directement concernés par le DD (Agriculture, Alimentation et Santé, Géologie et Environnement). De plus, l'approche DD est intégrée à UniLaSalle à trois niveaux : vie du campus, enseignement et recherche. UniLaSalle a décidé de faire partie des pionniers dans l'utilisation du référentiel d'auto-évaluation comme guide pour construire son plan d'action. L'équipe de direction a estimé que « les stratégies durables dans une école d'ingénieurs sont une approche holistique qui relie gouvernance et stratégie, enseignement et recherche et vie sur le campus. Il s'agit d'un travail « à la fois au niveau individuel et institutionnel concernant toutes les dimensions de la durabilité ».

Dans ce contexte, comme présenté dans ce précédent article, la question était : comment placer une approche intégrée du DD dans la stratégie d'UniLaSalle ? (Fourati-Jamoussi et al. 2015) Cet article s'est concentré sur l'étude de la durabilité en utilisant deux perspectives : l'intégration et l'évaluation par l'équipe de direction. Fourati-Jamoussi et al. (2017) a étendu cette idée de la durabilité à travers la perception des équipes de direction et de direction des programmes. Une

³ Ce processus n'a pas pu être répété en 2020-2021 pour cause de la pandémie Covid 19

méthodologie qualitative (Yin 1994) a été choisie, basée sur l'étude du cas UniLaSalle. Les données ont été collectées à partir de 27 entretiens semi-structurés (pendant 45 min) constitués en deux groupes : la direction générale et les équipes de gestion des curricula. Le guide d'entretien a été construit autour de six thèmes / questions : i) quelle est la définition de l'innovation dans l'enseignement d'un ingénieur ? ; ii) quels sont les différents types d'innovations ? ; iii) quelles sont les raisons d'innover chez UniLaSalle ? ; iv) quelle est la définition du DD ? ; v) quelles sont les raisons d'intégrer le DD dans la formation des ingénieurs ? ; vi) quel est le lien entre le développement durable et l'innovation dans l'enseignement de l'ingénierie ?

Les résultats de cette recherche peuvent être résumés comme suit (Fourati-Jamoussi 2019) :

1. Les raisons d'intégrer l'innovation dans le cursus ingénieur à UniLaSalle : L'équipe de direction générale est plus concernée par la problématique de l'environnement global et de l'évolution de la formation tandis que l'équipe de gestion des cursus recherche le meilleur compromis entre les besoins des entreprises et les besoins et désirs des étudiants.
2. Les raisons de l'intégration du DD dans le cursus d'ingénierie : Selon l'équipe de direction, la première raison d'intégrer le DD est de former des ingénieurs responsables. L'équipe de gestion des curricula, en charge des modules de qualification professionnelle, se concentre précisément sur une dimension éthique. Les questions réglementaires et environnementales sont également importantes pour ce groupe.
3. Les piliers perçus du développement durable : un élément important des résultats précédents est l'émergence d'un quatrième pilier. Trois répondants ont insisté sur cette quatrième dimension et affirmé que la gouvernance des ressources énergétiques et minérales est spécifique et différente des enjeux environnementaux qui sont plus liés au monde vivant naturel. Ce quatrième pilier a été intégré lors de l'élaboration de l'enquête soumise aux étudiants. Les trois piliers – économique, social et environnemental - sont bien intégrés par les équipes de direction et de gestion des programmes.
4. Le lien entre le développement durable et l'innovation dans la formation d'ingénieur : le développement durable est désormais perçu comme un stimulant à l'innovation pour la majorité des répondants (les deux équipes). Le DD est considéré comme une contrainte qui induit l'innovation et parfois comme un facteur à la fois favorisant et restreignant l'innovation.

Il convenait donc de poursuivre en évaluant l'impact de l'intégration du développement durable et de l'innovation dans le cursus d'ingénierie, à UniLasalle, sur la perception des étudiants (Fourati-Jamoussi et al. 2018). Les réponses des étudiants convergent avec celles de l'équipe de gestion des curricula. La plupart des étudiants pensent que le DD est un facteur d'innovation dans leur cursus. Selon leur spécialité, les différents piliers du DD ne sont pas traités avec la même intensité. De plus, la conception d'un quatrième pilier concernant la gouvernance des ressources énergétiques et minérales ressort des réponses des spécialisations géologie et environnement. Ces différences de perception peuvent être liées aux différences de programmes respectifs et aux premières expériences professionnelles. Le rôle de la formation et la nécessité d'équilibrer l'intégration des quatre piliers dans les différents cursus suggèrent des actions différenciées selon les spécialités.

Lorsqu'une stratégie d'innovation et de DD est mise en œuvre dans la formation à tous les niveaux de l'établissement, de la direction générale aux responsables de cursus, mais aussi dans la vie sur le campus, cette étude montre que les étudiants se sentent également concernés par cette vision ; 66 % des étudiants considèrent que le développement durable favorise l'innovation dans le cursus d'ingénierie et 30 % considèrent que le développement durable favorise et limite

l'innovation dans le cursus. Cela confirme que la mise en œuvre du développement durable dans une formation d'ingénieurs est perçue comme pouvant conduire à l'innovation pédagogique. La variabilité interne des réponses dans chaque spécialité semble étonnamment élevée. Cela peut être dû à une hétérogénéité interne de la population pour chaque spécialité, e.g. le niveau d'éducation et les catégories socioprofessionnelles des parents.

Cette réflexivité particulière, à la fois de la part du personnel, des responsables de cursus et des étudiants, peut apporter des informations précieuses dans le soutien de tout établissement de formation d'ingénieur qui souhaite intégrer plus de responsabilité sociale dans son propre développement. Il peut également promouvoir la formation et la recherche comme vecteur d'alignement des besoins du marché du travail avec les connaissances et compétences acquises par les futurs ingénieurs.

III. Construction d'un questionnaire pour évaluer la perception des élèves concernant le DD et l'innovation

Différentes échelles ont été conçues et testées auprès des étudiants dans différentes universités. L'échelle EAATSD – « Les attitudes écocentriques et anthropocentriques envers le développement durable » – mesure les préoccupations environnementales des étudiants en choisissant des cours facultatifs en lien avec la durabilité (Kopnina et Cocis, 2017). D'autres chercheurs ont présenté un ensemble d'indicateurs concernant les définitions et les objectifs de l'Enseignement du DD dans un contexte géopolitique européen. Ces recherches ont souligné l'importance de ces indicateurs pour évaluer et suivre les pratiques de l'Enseignement du DD et pour guider les politiques éducatives à différents niveaux, du global au local, y compris les décisions aux niveaux de l'école et de la classe (Capelo et al. 2012).

À partir de nos travaux antérieurs, d'ordre qualitatif et quantitatif, déjà cités dans la section précédente, sur le cas d'UniLaSalle, nous avons fait évoluer le questionnaire diffusé auprès des élèves en novembre 2017. Nous nous sommes basés sur les travaux de Hagège et al. 2009 qui ont mobilisé deux questionnaires (*AFC*⁴ et *Biohead*⁵) pour évaluer l'attitude responsable des enseignants envers l'environnement. Nous avons adapté les items de leurs questionnaires à notre population et au contexte de l'Institut UniLaSalle. Les thèmes étudiés lors de la 1^{ère} enquête de novembre 2017 sont les suivants :

1. Définition du développement durable
2. Importance des piliers du développement durable
3. Objectifs d'un enseignement sur le développement durable
4. Raisons qui incitent UniLaSalle à intégrer le développement durable dans ses programmes de formation
5. Importance accordée à l'innovation et selon vous qu'est-ce qu'innover
6. Raisons qui incitent UniLaSalle à innover dans ses programmes de formation

Nous avons ajouté trois thèmes en nous inspirant des travaux de Hagège et al. 2009 :

1. Définition d'un monde plus durable
2. Votre relation à l'environnement
3. Votre pensée sur la nature et l'humain

⁴ Le questionnaire *AFC* (Apparemment, Fusion, Coupure) : il mesure une attitude par rapport à l'environnement non humain (Searles, 1960).

⁵ Le questionnaire *Biohead* mesure les conceptions et valeurs envers la biologie, la santé et l'environnement des enseignants et des futurs enseignants (dans le cadre d'un projet européen *Biohead* « Éducation à la biologie, à la santé et à l'environnement pour une meilleure citoyenneté »), Hagège et al. 2009.

IV. Méthodologie

Cette communication a pour objet de montrer l'évolution dans la durée de la perception des élèves ingénieurs en ce qui concerne le DD et l'innovation en intégrant le dispositif international dit « Go-LaSalle ».

IV.1 Participants et déroulement

163 étudiants issus de deux spécialités ont participé à l'étude : 82 de la spécialité Agronomie et Agro-Industries (47 garçons et 35 filles) et 81 de la spécialité Alimentation et Santé (15 garçons et 66 filles). Les étudiants ont été rencontrés à deux reprises, avant leur départ en séjour GoLaSalle en avril-mai 2019 (temps T1), puis à leur retour en février 2020 (temps T2). Au temps T1, l'âge moyen des étudiant·es est de 19,5 ans (écart-type = 0,7), au retour, il est de 20,3 ans (écart-type = 0,7). Les séjours GoLaSalle se sont déroulés dans 6 pays différents : le Brésil, la Colombie, le Costa Rica, le Mexique, les États-Unis d'Amérique et enfin les Philippines.

IV.2 Mesures

Le questionnaire est divisé en 2 parties. La première partie aborde 9 thématiques pour un ensemble de 44 questions.

À propos des thématiques « Définition du développement durable » (6 items, ex. : le développement durable est une responsabilité citoyenne), « Objectifs d'un enseignement sur le développement durable » (4 items, ex. : sensibiliser les ingénieurs aux enjeux du développement durable), « Définition d'un monde plus durable » (5 items, ex. : un monde assurant une meilleure qualité de vie pour tous en préservant la planète), « Définition de l'action d'innover » (5 items, ex. : mettre sur le marché un produit nouveau), « Votre relation à l'environnement » (3 items, ex. : la déforestation, la diminution de la biodiversité, la pollution des mers m'angoissent fortement car je me sens amputé(e) d'une partie de moi-même), « Votre pensée sur la nature et l'humain » (5 items, ex. : les sociétés humaines ont toujours été capables de résoudre les problèmes environnementaux), les étudiants expriment leur degré d'accord à l'aide d'une échelle de Likert en 5 points allant de 1 = « pas du tout d'accord » à 5 = « tout à fait d'accord ».

Pour les thématiques « Importance des piliers du développement durable » (4 items, ex. : pilier économique) et « Importance accordée à l'innovation » (1 item), les étudiants expriment leur avis à l'aide d'une échelle de Likert en 5 points allant de 1 = « pas du tout important » à 5 = « très important ».

Sur les deux thématiques « Raisons qui incitent UniLaSalle à intégrer le développement durable dans ses programmes de formation » (5 items, ex. : pour accroître le niveau de responsabilisation du futur ingénieur) et « Raisons qui incitent UniLaSalle à innover dans ses programmes de formation » (6 items, ex. : pour répondre à une demande des entreprises et des industries), les étudiants indiquent leur réponse à l'aide d'une échelle de Likert en 5 points allant de 1 = « tout à fait improbable » à 5 = « tout à fait probable ».

La deuxième partie du questionnaire concerne les données sociodémographiques (âge, sexe, etc.) et les renseignements sur les études poursuivies (spécialité, destination du séjour GoLaSalle, etc.) avec un ensemble de 9 questions.

IV.3 Méthode d'analyse des données

Les données recueillies ont été soumises à des analyses statistiques réalisées avec le logiciel SPSS. Pour mesurer les différences avant (T1) et après (T2) le séjour GoLaSalle, des tests *t* pour échantillons appariés ont été réalisés, séparément pour les deux spécialités : Agronomie et agro-industries d'une part, et Alimentation et santé d'autre part. Pour chaque item, les différences dont le seuil est inférieur à 0,05 ont été considérées comme significatives. Lorsque les différences sont significatives, la taille de l'effet a été calculée à l'aide de l'indice η^2 . Autour de 0,01, la taille de l'effet est considérée comme de petite taille, de taille moyenne autour de 0,06 et de grande taille autour de 0,14 ou au-delà (Cohen, 1988).

V. Résultats

V.1 Définition du développement durable

Pour les étudiants de la spécialité Alimentation et santé, il n'y a pas de différence significative de leur degré d'accord avec cinq des six items de la définition du développement durable, avant et après le séjour GoLaSalle (tableau 1). Seul le degré d'accord avec l'item « être solidaire » est significativement plus élevé au temps T2 (retour du séjour) par rapport au temps T1 (avant le séjour) ($t(79) = 2,50, p < 0,05$). La taille de l'effet est moyenne ($\eta^2 = 0,07$). Pour les étudiants en Agronomie et agro-industries, aucune différence significative n'est observée sur l'ensemble de ces items entre les temps T1 et T2.

Tableau 1 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items de la définition du DD.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
Valeur	3.69 (0.93)	3.73 (0.98)	0.31		4.09 (0.87)	4.04 (0.83)	0.43	
Être solidaire	3.85 (0.87)	3.81 (1.00)	0.34		4.11 (0.81)	4.36 (0.70)	2.50*	0.07
Problèmes d'environnement	4.11 (0.68)	4.16 (0.87)	0.51		4.24 (0.78)	4.34 (0.76)	0.85	
Ressources et énergie	4.35 (0.58)	4.35 (0.65)	0.00		4.41 (0.59)	4.50 (0.55)	1.12	
Pratique	4.40 (0.59)	4.36 (0.58)	0.51		4.55 (0.61)	4.64 (0.53)	1.12	
Responsabilité citoyenne	4.35 (0.78)	4.49 (0.67)	1.60		4.59 (0.59)	4.68 (0.52)	1.19	

Note : * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

V.2 Importance des piliers du DD

Pour les étudiants en Alimentation et santé, l'importance de trois piliers du développement durable sur quatre est plus élevée au temps T2 par rapport au temps T1. Il s'agit de l'importance des piliers économique ($t(78) = 2,13, p < 0,05, \eta^2 = 0,05$), environnemental ($t(78) = 2,33, p < 0,05, \eta^2 = 0,07$) et social ($t(78) = 3,50, p < 0,01, \eta^2 = 0,13$). Les tailles de l'effet sont moyennes (piliers économique et environnement) et élevées (pilier social). Pour les étudiants en Agronomie et agro-industries, le seul écart significatif observé concerne l'importance du pilier

énergie et ressources minérales qui diminue entre les temps T1 et T2 avec une taille de l'effet moyenne ($t(74) = 2,27$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,07$).

Tableau 2 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items de l'importance des piliers du DD.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 79)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
Economique	4.25 (0.59)	4.15 (0.71)	1.11		3.84 (0.81)	4.00 (0.75)	2.13*	0.05
Environnemental	4.61 (0.54)	4.65 (0.53)	0.62		4.67 (0.59)	4.82 (0.42)	2.33*	0.07
Social	4.27 (0.78)	4.27 (0.84)	0.00		4.34 (0.69)	4.60 (0.56)	3.50**	0.13
Energie et ressources minérales	4.35 (0.73)	4.08 (0.93)	2.27*	0.07	4.22 (0.73)	4.36 (0.60)	1.49	

Note : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

V.3 Objectifs d'un enseignement sur le DD

Pour les étudiants en Alimentation et santé, le degré d'accord de trois sur quatre des items relatifs aux objectifs d'un enseignement sur le développement durable augmente de manière significative au temps T2 par rapport au temps T1. Il s'agit de « Sensibiliser aux enjeux du développement durable » ($t(79) = 2,42$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,07$), « transmettre une matière à apprendre » ($t(79) = 2,26$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,06$) et « inciter une mise en pratique dans la vie sur le campus » ($t(79) = 2,13$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,05$). Dans chacun des cas, la taille de l'effet est moyenne.

Pour les étudiants en Agronomie et agro-industries, le degré d'accord de deux sur quatre des items relatifs aux objectifs d'un enseignement sur le développement durable augmente de manière significative au temps T2 par rapport au temps T1. Il s'agit d'« inciter une mise en pratique dans la vie sur le campus » ($t(74) = 2,76$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,09$) et d'« inciter une mise en pratique dans la vie personnelle » ($t(74) = 2,13$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,08$). Dans chacun des cas, la taille de l'effet est moyenne.

Tableau 3 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items des objectifs d'un enseignement sur le DD

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
Sensibiliser aux enjeux du DD	4.47 (0.60)	4.48 (0.72)	0.16		4.61 (0.51)	4.76 (0.43)	2.42*	0.07
Transmettre matière à apprendre	3.79 (0.92)	3.85 (1.00)	0.55		3.48 (1.07)	3.76 (1.07)	2.26*	0.06
Inciter mise en pratique vie sur le campus	3.97 (1.04)	4.31 (0.80)	2.76**	0.09	4.55 (0.57)	4.71 (0.48)	2.13*	0.05
Inciter mise en pratique vie personnelle	4.15 (0.82)	4.40 (0.75)	2.47*	0.08	4.61 (0.51)	4.71 (0.53)	1.34	

Note : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

V.4 Raisons qui incitent UniLaSalle à intégrer le DD dans ses programmes de formation

Concernant les raisons qui incitent UniLaSalle à intégrer le développement durable dans ses programmes de formation, peu de variations significatives sont observées entre les temps T1 et T2. Seul l’item « accroître le niveau de responsabilisation du futur ingénieur » augmente de manière significative pour les étudiants en Agronomie et agro-industries entre le temps T1 et le temps T2 ($t(74) = 2,43$, $p < 0,05$). La taille de l’effet est moyenne ($\eta^2 = 0,07$). Pour les étudiants en Alimentation et santé, aucune différence significative n’est observée sur l’ensemble de ces items entre les temps T1 et T2.

Tableau 4 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items des raisons qui incitent UniLaSalle à intégrer le développement durable dans ses programmes de formation.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
Accroître niveau de responsabilisation	4.12 (0.72)	4.33 (0.60)	2.43*	0.07	4.46 (0.57)	4.44 (0.71)	0.29	
Appréhender les problèmes environnementaux et réglementaires	4.29 (0.83)	4.35 (0.67)	0.48		4.56 (0.52)	4.49 (0.73)	0.65	
Permettre de trouver du travail	3.47 (0.99)	3.56 (0.92)	0.77		3.39 (0.95)	3.55 (1.12)	1.25	
Répondre à une volonté européenne	4.00 (0.80)	3.99 (0.85)	0.13		3.90 (0.83)	4.03 (0.78)	1.07	
Etre conforme à l’idéal lassallien	3.75 (1.00)	3.93 (0.96)	1.56		3.93 (1.09)	3.90 (0.88)	0.20	

Note : * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

V.5 Définition d’un monde plus durable

Les degrés d’accord avec les items de la définition d’un monde plus durable sont stables entre les temps T1 et T2. Seul le degré d’accord avec l’item « un monde en adaptation permanente » augmente de manière significative pour les étudiants en Alimentation et santé entre les temps T1 et T2 ($t(79) = 2,62$, $p < 0,05$). La taille de l’effet est moyenne ($\eta^2 = 0,08$).

Tableau 5 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items de la définition d'un monde plus durable.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η ²	Moyenne (ET)		t	η ²
	T1	T2			T1	T2		
Plus stable	4.27 (0.58)	4.32 (0.68)	0.73		4.33 (0.61)	4.43 (0.69)	1.11	
En adaptation permanente	4.20 (0.72)	4.29 (0.90)	0.80		4.18 (0.69)	4.44 (0.74)	2.62*	0.08
En décroissance	2.97 (1.27)	2.75 (1.24)	1.23		3.20 (1.13)	3.21 (1.28)	0.72	
Développement de nouvelles technologies	3.80 (1.05)	3.67 (1.07)	0.99		3.50 (0.98)	3.54 (1.02)	0.38	
Meilleure qualité de vie pour tous	4.65 (0.69)	4.67 (0.55)	1.16		4.79 (0.54)	4.76 (0.48)	0.32	

Note : * p < 0.05 ; ** p < 0.01.

V.6 Relation à l'environnement

Sur les items de la relation à l'environnement, un seul varie de façon significative entre les temps T1 et T2 et uniquement pour les étudiants en Alimentation et santé. Cet item affirme « La déforestation, la diminution de la biodiversité, la pollution des mers ne me touchent guère car l'homme est suffisamment inventif pour surmonter ces problèmes ». Le degré d'accord des étudiants avec cet item diminue significativement entre les temps T1 et T2 ($t(79) = 2,39$, $p < 0,05$). La taille de l'effet est moyenne ($\eta^2 = 0,07$).

Tableau 6 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items de la relation à l'environnement.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η ²	Moyenne (ET)		t	η ²
	T1	T2			T1	T2		
La déforestation, la diminution de la biodiversité, ... m'angoissent fortement	3.47 (1.04)	3.33 (1.06)	1.13		3.21 (1.14)	3.24 (1.06)	0.23	
...me donnent envie d'agir	4.16 (0.96)	4.04 (0.88)	1.53		4.28 (0.84)	4.24 (0.85)	0.39	
...ne me touchent guère ... homme inventif	1.89 (1.14)	1.88 (0.99)	0.14		1.71 (0.87)	1.49 (0.75)	2.39*	0.07

Note : * p < 0.05; ** p < 0.01.

V.7 Pensée sur la nature et l'humain

Concernant la pensée sur la nature et l'humain, un seul item varie de façon significative entre les temps T1 et T2 et uniquement pour les étudiants en Agronomie et agro-industries. Cet item affirme « Je pense que la nature a toujours été capable de se rétablir d'elle-même, et elle

continuera ainsi ». Le degré d'accord des étudiants avec cet item augmente significativement entre les temps T1 et T2 ($t(74) = 2,47, p < 0,05$). La taille de l'effet est moyenne ($\eta^2 = 0,08$).

Tableau 7 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items de la pensée sur la nature et l'humain.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
La nature a toujours été capable...	2.49 (1.14)	2.84 (1.26)	2.47*	0.08	2.19 (1.09)	2.01 (1.07)	1.45	
Les sociétés humaines ont toujours été capables...	2.21 (0.96)	2.40 (1.04)	1.69		1.90 (0.81)	1.83 (0.84)	0.83	
Les humains sont plus importants...	2.27 (1.35)	2.33 (1.27)	0.32		1.80 (1.03)	1.68 (1.03)	1.39	
Il faut augmenter les surfaces agricoles...	2.72 (1.18)	2.57 (1.08)	1.37		2.09 (0.86)	2.04 (0.95)	0.53	
Nous devons protéger en priorité les plantes...	2.67 (1.13)	2.69 (1.14)	0.19		2.44 (1.06)	2.34 (1.09)	0.75	

Note : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

V.8 Importance accordée à l'innovation et définition de l'action d'innover

Sur les items de l'importance accordée à l'innovation et de la définition de l'action d'innover, aucune différence significative n'est observée entre les temps T1 et T2.

Tableau 8 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items de l'importance accordée à l'innovation et de la définition de l'action d'innover.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
Importance innovation	4.45 (0.60)	4.36 (0.63)	1.19		4.39 (0.61)	4.35 (0.62)	0.65	
Créer, inventer	4.43 (0.66)	4.48 (0.58)	0.89		4.60 (0.52)	4.58 (0.50)	0.38	
Mettre sur le marché produit nouveau	3.65 (0.95)	3.61 (0.98)	0.33		3.80 (0.85)	3.66 (0.81)	1.42	
Transformer processus production	3.95 (0.79)	3.92 (0.75)	0.25		3.76 (0.78)	3.78 (0.69)	0.13	
Modifier organisation de travail	4.03 (0.75)	3.97 (0.90)	0.46		3.96 (0.80)	3.95 (0.71)	0.12	
Faire évoluer des relations sociales	4.11 (0.67)	4.08 (0.78)	0.25		4.24 (0.89)	4.34 (0.67)	0.91	

Note : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

V.9 Raisons qui incitent UniLaSalle à innover dans ses programmes de formation

Pour les étudiants en Alimentation et santé, le degré d'accord avec trois sur six des raisons qui incitent UniLaSalle à innover dans ses programmes de formation diminue de manière significative au temps T2 par rapport au temps T1. Il s'agit d'une diminution significative du degré d'accord avec les affirmations suivantes : « Répondre à une demande des entreprises et des industries » ($t(79) = 2,43, p < 0,05, \eta^2 = 0,07$), « Améliorer continuellement la qualité des enseignements » ($t(79) = 2,35, p < 0,05, \eta^2 = 0,07$) et « Répondre à une demande du marché de l'emploi » ($t(79) = 2,34, p < 0,05, \eta^2 = 0,06$). Dans chacun des cas, la taille de l'effet est moyenne. Pour les étudiants en Agronomie et agro-industries, aucune différence significative n'est observée sur l'ensemble de ces items entre les temps T1 et T2.

Tableau 9 : Scores moyens (et écart-types) obtenus sur les items des raisons qui incitent UniLaSalle à innover dans ses programmes de formation.

	Agronomie et Agro-Industries (N = 75)				Alimentation et Santé (N = 80)			
	Moyenne (ET)		t	η^2	Moyenne (ET)		t	η^2
	T1	T2			T1	T2		
Répondre à une demande des entreprises	4.27 (0.56)	4.20 (0.55)	0.90		4.31 (0.65)	4.08 (0.88)	2.43*	0.07
Améliorer la qualité des enseignements	4.09 (0.68)	4.25 (0.74)			1.40	4.31 (0.69)		
Répondre à une demande des élèves-ingénieurs	3.76 (0.79)	3.79 (0.95)	0.23		3.58 (1.00)	3.63 (1.15)	0.33	
Répondre à une demande du marché de l'emploi	4.28 (0.71)	4.19 (0.82)			0.74	4.40 (0.67)		
Prendre en compte les nouvelles contraintes environnementales	4.09 (0.77)	4.17 (0.72)	0.86		4.26 (0.79)	4.16 (0.82)	0.84	
Adapter la formation aux besoins des nouvelles générations d'ingénieurs	4.24 (0.73)	4.29 (0.67)			0.61	4.44 (0.59)		

Note : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

VI. Discussion et conclusion

L'étude de Kopnina et Meijers (2014) fournit des éléments sur la réflexion d'un outil alternatif d'évaluation de la perception des étudiants pour répondre au besoin de traiter les paradoxes et ou les contraintes de DD à deux niveaux : i) pratiques des enseignements du DD diversifiées ; ii) compréhensions du DD perçues différemment par les différents acteurs de l'institut.

Cette étude est une tentative de réponse en se concentrant sur la conception d'un questionnaire qui peut être utilisé comme un outil d'évaluation de la perception des étudiants.

La première conclusion immédiate concerne la différence entre les deux spécialités : Alimentation et santé (AS) *versus* Agronomie et agro-industries (AA). D'un côté, il y a une répartition garçon-filles très différente et de l'autre l'origine des deux populations

socioprofessionnelle et territoriale est différente. La population d'AS est très féminisée (66 filles pour 15 garçons) et issue en très forte majorité de milieu urbain (majorité en Île de France). En revanche, la population d'AA est plus masculine (47 garçons et 35 filles) est issue en forte majorité de milieu rural, avec plus de 40 % issu du milieu agricole, le tiers nord de la France étant sur-représenté. Ceci pourrait être les deux premiers facteurs explicatifs des différences observées.

De plus, les deux premiers thèmes montrent clairement une différence entre ces deux populations concernant leur définition du développement durable, mais il apparaît que le pilier environnement non seulement est le plus important, mais c'est également celui qui augmente le plus après l'expérience internationale. Cette donnée est consonante avec les travaux de Kagawa (2007) sur les perceptions des étudiants du développement durable de l'université de Plymouth. Ces étudiants, après avoir suivi les cours, pensent que la durabilité est une « bonne initiative ». Mais leur perception ne se montre pas corrélée avec les concepts étudiés, et ils associent davantage les concepts du DD à leur environnement qu'aux aspects économiques et sociaux. Ils sont conscients de leur responsabilité en tant que citoyens (habitudes d'achat, recyclage, économie d'énergie et eau, ...).

Ici nous pouvons dire qu'il faut étudier de manière plus approfondie l'origine sociale des étudiants, l'importance du ratio garçons/filles, et aussi la nature de la formation (Fourati-Jamoussi, et al 2018). Ici, les problématiques sociales, de solidarité, de soin, sont beaucoup plus importantes en AS, et l'expérience internationale accentue cette perception.

Concernant les objectifs d'un enseignement du DD, il y a davantage de ressemblance entre les deux populations. Ils sont globalement conscients de l'importance d'un enseignement sur le DD. Les items relatifs aux objectifs d'un enseignement sur le développement durable augmentent de manière significative au temps T2 par rapport au temps T1, mais différemment en AS et en AA. L'étude de Sharma et Kelly en 2014 porte sur les perceptions des étudiants sur l'enseignement du DD dans une école de commerce en Nouvelle-Zélande. Les résultats ont montré que les élèves percevaient l'amélioration de leurs pratiques commerciales suite à leurs études axées sur le DD. Cette étude suggère la discussion de ce qu'il faut incorporer dans les programmes de l'enseignement du DD, pour aider les élèves à mieux comprendre ces concepts en évolution.

L'état des connaissances, de l'attitude et du comportement des élèves suite à l'enseignement du DD et de l'environnement a été étudié aussi par Al-Naqbi et Alshannag (2018) au sein d'une université publique aux Emirats Arabes Unis. Cette étude a révélé des attitudes positives et un comportement positif modéré des élèves et avec un niveau élevé de compréhension et de connaissances de ces concepts. Ce que montre cette étude c'est aussi que les étudiants d'UniLaSalle sont conscients de leur responsabilité comme ingénieur, et que l'enseignement du DD accroît leur niveau de responsabilisation et leur permet d'appréhender les problèmes environnementaux et réglementaires.

Depuis, suite à une réforme dite « H2020 », un cours d'introduction au DD, a été mis en place dans la programmation de la première année du tronc commun. Il part des constats désormais identifiés et incorpore l'IDH (Indice de Développement Humain) dans les analyses, conformément aux recommandations du PNUD⁶ (2020).

Pour la définition d'un monde durable, l'accord massif des étudiants c'est d'abord une meilleure qualité de vie pour tous. Même s'il y a le goût pour un monde plus stable on peut noter que pour les AS « un monde en adaptation permanente » augmente de manière significative entre

⁶ Rapport sur le développement humain 2020 : « La prochaine frontière Le développement humain et l'Anthropocène », <http://report.hdr.undp.org/fr>.

les temps T1 et T2. Cela montre une forme d'ambivalence et aussi leur jeune âge. Mais les deux groupes se montrent déjà dans l'action, avec l'envie de protéger l'environnement

Concernant la pensée sur la nature et l'humain, l'ensemble des réponses dénote une forme d'inquiétude réelle en reconnaissant à la fois la fragilité de l'environnement naturel, mais aussi la fragilité des sociétés humaines et une sorte d'impasse sur les moyens à mettre en œuvre. On peut imaginer qu'après la pandémie de la Covid 19 ce sentiment sera encore accru.

Pour ce qui concerne les raisons d'innover, on constate en premier lieu un accord massif commun des deux populations d'étudiants. Ils font finalement confiance à l'institution, aux entreprises et à leurs enseignants, davantage qu'à leurs propres inclinations. Ils sont conscients que l'institution cherche à adapter leur formation à la fois aux besoins collectifs et aux exigences de l'environnement.

Le dernier point demandera des investigations complémentaires, il semble qu'après ce séjour « les raisons d'innover dans les programmes de formation » baissent pour la population AS, celle qui s'est montré généralement plus réceptive à des changements. La raison pourrait provenir du pays dans lequel a été effectué le séjour académique (GoLaSalle). En effet, les pays diffèrent fortement en termes de niveau de développement et de culture : le Brésil, la Colombie, le Costa Rica, le Mexique, les États-Unis d'Amérique, les Philippines. Disposant des données, nous pourrions poursuivre l'analyse dans cette direction.

Références bibliographiques

Al-Naqbi, A.K. and Alshannag, Q. (2018), "The status of education for sustainable development and sustainability knowledge, attitudes, and behaviors of UAE University students", *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 19 No. 3, pp. 566-588. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2017-0091>

Boone L., Goujard A. (2019). France les inégalités et l'ascenseur social. *Futuribles*, 433, 5-17

Brundtland Report, (1987), World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Capelo, A., C. Santos, M., and A. Pedrosa, M. (2012), "Education for Sustainable Development Indicators, Competences and Science Education." In Contributions to the UN Decade of Education for Sustainable Development, edited by Peter Lang GmbH, 95–119. Frankfurt am Main : Internationaler Verlag der Wissenschaften.

Chalmeau, R., Julien M.P., and Lena, J.Y., (2016), Les valeurs dans les représentations de l'éducation au développement durable chez des étudiants et des professeurs des écoles, *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, No. 14, pp. 155-184.

Chauvel, L., (2006). Les nouvelles générations devant la panne prolongée de l'ascenseur social. *Revue de l'OFCE*, 96, 35-50.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Dyer, G., Dyer, M., (2017). Strategic leadership for sustainability by higher education: the American College & University Presidents' Climate Commitment. *Journal of cleaner production*. 140, 1, 111-116.

Fourati-Jamoussi F., Dubois M. J. F., Agnes M., Leroux V., Kotbi G., Sauvée L., (2017), *Former des élèves ingénieurs au développement durable - Une approche par et pour l'innovation pédagogique à LaSalle Beauvais*. In Dubois M.J.F., Vitali M.L. and Sonntag M.

(dir.). “Création, créativité et innovation dans la formation et l’activité d’ingénieur”, Editeur “l’Université de Technologie de Belfort-Montbéliard”, pp. 229-237.

Fourati-Jamoussi, F, Agnes M, Caron P, Dubois M. J. F., Leroux V., Rakotonandraina N., Kotbi G, Sauvée L., (2015), How to promote, support and experiment sustainability in higher education institutions? The case of UniLaSalle in France, *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, vol. 9, No 3-4, pp. 227-245.

Fourati-Jamoussi, F, Dubois M.J.F & Chedru M. (2018). Teaching Sustainable Development and Innovation in Engineering Education: Students’ perception. *SEFI Annual conference*, 17-21 September, 2018.

Fourati-Jamoussi, F, Dubois M.J.F., Agnès M., Leroux V. & Sauvée L. (2019) Sustainable development as a driver for educational innovation in engineering school: the case of UniLaSalle, *European Journal of Engineering Education*, 44:4, 570-588, DOI: 10.1080/03043797.2018.1501348

Fuertes-Camacho, M.T., Graell-Martín, M., Fuentes-Loss, M., Balaguer-Fàbregas, M.C. Integrating Sustainability into Higher Education Curricula through the Project Method, a Global Learning Strategy. *Sustainability* 2019, 11, 767.

Fullan, M., (2015), *The new meanings of educational change*, Fifth Edition, Published by Teachers College Press.

Hagège, H., X. Bogner F. et Caussidier, C. (2009). Évaluer l’efficacité de l’éducation relative à l’environnement grâce à des indicateurs d’une posture éthique et d’une attitude responsable », *Éducation relative à l’environnement*, Volume 8, pp. 1-15.

Hall, J. and Vredenburg H., (2003), The challenges of innovating for sustainable development, *MIT Sloan Management Review*, Vol. 45, No.1, pp. 61-68.

Kagawa, F. (2007), "Dissonance in students' perceptions of sustainable development and sustainability: Implications for curriculum change", *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 8 No. 3, pp. 317-338. <https://doi.org/10.1108/14676370710817174>

Kopnina, H., and Cocis, A. (2017), Testing Ecocentric and Anthropocentric Attitudes toward the Sustainable Development (EAATSD) Scale with Bachelor Students. *Journal of Cultural Analysis and Social Change*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.20897/ejsa.201702>.

Kopnina, Helen, et Frans Meijers. (2014). « Education for Sustainable Development (ESD): Exploring Theoretical and Practical Challenges ». *International Journal of Sustainability in Higher Education* 15(2):188-207. doi: 10.1108/IJSHE-07-2012-0059.

Lozano, R., Ceulemans K., and Scraff Seatter C., (2015), Teaching organizational change management for sustainability: designing and delivering a course at the University of Leeds to better prepare future sustainability change agents, *Journal of Cleaner Production*, No. 106, pp. 205-215.

Mulder, K. F., (2006), *Sustainable development for engineers: a handbook and resource guide*, Greenleaf Publishing (Routledge, Taylor & Francis group).

Mulder, K. F., Segalàs-Coral J. and Ferrer-Balas D., (2012), How to educate engineers for/in sustainable development: Ten years of discussion, remaining challenges, *Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 13, No. 3, pp. 211-218.

Mulder, K.F., (2007), Innovation for sustainable development: from environmental design to transition management, *Sustainability Science*, vol. 2, No. 2, pp. 253-263.

- Mulder, K.F., (2017), Strategic competences for concrete action towards sustainability: An oxymoron? Engineering education for a sustainable future, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 68, pp. 1106-1111.
- Olszak, E., (2012), Composite indicators for a sustainable campus. Design rationale and methodology: The case of the Catholic Institute of Lille, *Ecological Indicators*, No. 23, pp. 573-577.
- Quendler, E., (2017), *Sustainable development in education: are we ready for change? System innovation and higher education in life sciences*, In Boelie E., Augustyn A. M., Barbier M. and van Mierlo B., *AgroEcological Transitions: Changes and Breakthroughs in the Making*. Wageningen University, DOI: <http://dx.doi.org/10.18174/407609>, pp. 195-212.
- Searles, H. F. (1960). *The nonhuman environment*. International Univer. Press.
- Segalàs-Coral, J., (2009), *Engineering Education for a Sustainable Future*, UPC, commons, Barcelona.
- Sharma, U. and Kelly, M. (2014), "Students' perceptions of education for sustainable development in the accounting and business curriculum at a business school in New Zealand", *Meditari Accountancy Research*, vol. 22 No. 2, pp. 130-148. <https://doi.org/10.1108/MEDAR-12-2012-0042>
- Thomas, I., (2004), Sustainability in tertiary curricula: what is stopping it happening? *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 5, No. 1, pp. 33-47.
- Urbanski, M., and Rowland P., (2014), *STARS as a Multi-purpose Tool for Advancing Campus Sustainability in US*. In *Sustainable Development and Quality Assurance in Higher Education: Transformation of Learning and Society*, Edited by Zinaida Fadeeva, Laima Galkute, and Clemens Mader, and Geoff Scott. New York: Palgrave Macmillan, pp. 153-182.
- Wright, T. S. A., (2002), Definitions and frameworks for environmental sustainability in higher education, *Higher Education Policy*, vol. 15, No. 2, pp. 105-120.
- Yin, R.K., (1994), *Case Study Research. Design and Methods*, Sage Publications,

Com. # 9

Tabas Brad - On the Meaning of Sustainable Development: *Humanity and Culture in the Age of Gaia and the Singularity*

ENSTA Bretagne, Laboratoire Formation et Apprentissages Professionnels

Abstract:

This text, a contribution to the philosophy of education, examines the meaning of the term sustainable development from the point of view of ordinary language philosophy. It argues that there are at least two dominant ways in which sustainable development currently makes sense, and that these two senses of sustainable development are mutually incommensurable and in fact radically opposed with respect to how they interpret the meaning of reforming education in the name of developing sustainably. Rather than attempting to resolve this conflict I argue that educators must acknowledge that negotiating with this divergence of interpretations and this problem of making sense of sustainable development is an essential part of the challenge of thinking about education for tomorrow.

Keywords: Futures studies, futures past, sustainable development, engineering education, FutureLabs

On the Meaning of Sustainable Development: Humanity and Culture in the Age of Gaia and the Singularity

1) The Age of Sustainable Development

We are in the age of sustainable development. This is not because Jefferey Sachs (2015) proclaimed it so. Nor is it because the inhabitants of planet Earth have suddenly transformed their socio-technical existences in such a way as to ensure the long-term survival of humans and other forms of biological life, but rather because, at long last, attending to the ways in which the carelessness of the present threatens the possibility of the future has gone mainstream and everyone seems to be worried about the future. Sustainable development has become a cultural imperative. International organizations public and private are touting their advocacy of sustainable development, while politicians promise Green New Deals and companies great and small insist that what they do is “sustainable.” Education systems and educators have hardly been spared this transformation. Conferences on sustainable development education abound. New journals are being formed; new research projects are being funded. Curricula everywhere are being reformed, often following guidelines established by researchers promoting their expertise in guiding us towards this transition.

The following text must be understood against the background of this general context. It registers the impact of sustainable development talk within the context of engineering education research. Yet with respect to that research the viewpoints put forth in the following are profoundly heterodox. Rather than arguing how we should reform education from the point of view of some determinate understanding of sustainable development—and this is clearly the normatively sanctioned procedure within our discipline—I argue that the vagueness of the notion of sustainable development has serious implications for how we need to position ourselves with respect to thinking education in the age of sustainable development. I get to this claim about the slipperiness of sustainable development as a concept through a sounding out of the *meaning* of sustainable development. This investigation is carried out somewhat in the spirit of ordinary language philosophy—we are interested in understanding what we mean when we say that we are pursuing sustainable development. Yet our practice here differs from the one that might be typical in ordinary language philosophy as it has been pioneered by the likes of Wittgenstein, Austin, and Cavell. Our aim is not to sound out what it is that we mean in the spirit of finding a single meaning, but to trace out what we see as an inevitable divergence of what we mean when we say when we are pursuing sustainable development. This means that I—typically the voice of the speaker in ordinary language thought—will mostly be silent, mostly passed over in the aim of bringing out precisely what other people have historically said. My claim is that when we look at how others use sustainable development, we see that for some sustainable development is understood primarily in terms of sustaining, while for others the interpretative key is development. This means that our usages of sustainable development diverge in a way that rather resembles the semantic equivalent of Jastrow’s duck/rabbit optical illusion. Moreover, it seems that most language users are precisely ignorant of this double sense, that they use sustainable development as if it did not have another possible sense, and as if its sense were obvious and unproblematic. In the following I do not argue for another interpretation of sustainable development, but rather aim only to encourage my readers to see this duck-rabbit as a duck-rabbit, to see sustainable development as a term poised between two competing and incommensurable fields of sense. My claim is that a failure to recognize this doubleness can only lead to incoherency, confusion, and perhaps even conflict. My aim in writing this paper

will be fulfilled not when we take the sense of sustainable development to be resolved, but rather when we acknowledge and take into consideration what now it all too often passed over as non-existent.

2) **Insufficient Reason**

The divergence in sense that interests stems from how language users weight the relative value of each of the two terms in sustainable development. On the one hand, there are *Sustainabilists*. Sustainabilists understand sustainable development in terms of sustaining ourselves perpetually within fixed limits. On the other hand, there are *Developmentalists*. Developmentalists place their emphasis upon the idea of development and growth beyond any limits. In correspondence with this difference in emphases, each group holds a different thing to be absolutely scarce. Sustainabilists believe that what is scarce is material: resources, space, or energy. Developmentalists, on the other hand, think that what is scarce is intellectual: creativity, insight, or computing power. It is typical of Sustainabilists to insist that there are not enough resources on Earth for the human economy and the human population to continue growing indefinitely, and so to understand development not as growth but as degrowth tending towards a society calibrated to limits. Developmentalists, on the other hand, argue that if we had more knowledge, innovation, and technology—we will ever be able to find and exploit new resources, thus sustaining into the future economic and other forms of growth. From an educational point of view, Sustainabilists tend to focus on inculcating knowledge of well-defined system limits and transitioning towards a steady-state culture of joyous sobriety and restraint, while Developmentalists tend to focus on fostering creativity and technical innovation, with an emphasis on building an alternative culture engaged in the pursuit of bold future visions and grand collective challenges.

In the following it may seem as if I am critical of both these ideas of sustainable development. Thus, it may seem as if what I am saying is that we lack the intellectual resources to sustain and develop a theory of sustainable development, and that this is precisely the reason why the meaning of sustainable development is so unclear. Mine is thus in part a skeptical critique of sustainable development rooted in an anthropology of finitude, one in which our own rational capacities may be characterized, following the philosopher Hans Blumenberg as burdened with a condition of “*insufficient reason*” (Blumenberg, 2019, p. 197). This principle might be said to state that we as human beings find ourselves to act—at least with respect to the future—with inescapably insufficient reasons. This is because even if we feel ourselves called to think about the infinite future or the limits to reality, we do so in a condition that does not allow us to possess what can be called legitimate knowledge of these concepts. Put otherwise, we find ourselves called to talk about the future, but find ourselves incapable of truly making sense, and giving reasons, with respect to it. The problem with this condition comes to the fore in the age of sustainable development, for now we find ourselves constantly called upon to teach others how to act towards the future, but we also find ourselves in a state of insufficient reason when called upon to defend the rationality of these courses of action. Restated somewhat more provocatively, I deny that either of the two common senses of the meaning of sustainable development is a developmental hypothesis that can be *sustained* against all skeptical criticisms relative to its adequacy for service as a driving principle in the historical and social *development* of society. Simply put, I insist that in any particular case there are always ample reasons why the alternate sense of sustainable development may appear to be the desirable one.

This inadequacy drives both epistemic cultures to myth. I call these two myths Gaia and the Singularity, with Gaia belonging to the Sustainabilists, and the Singularity being proper to the Developmentalists. I would argue that at least in part the pertinence of my analysis stems from the tendency of such myths to generate polarization and even irrational enthusiasm, though that said, I in no sense think that this must be the case, nor do I mean to dismiss either position for this reason. Yet I do want to suggest that the movement from insufficient reason to absolute fantasy visions via the figures of Gaia and the Singularity does hamper dialogue and heighten enmity. Yet by bringing awareness to the fact that the difficulty of sounding out the rational meaning of sustainable development is at least as difficult as the practical challenge of bringing sustainable development about in practice, I hope at least to mitigate these conflicts, and pave the way towards more productive dialogues about the future of humankind.

3) Sustainabilism and Developmentalism

In the preceding section I have highlighted—perhaps too briefly—my sense of the reasons for the non-univocality of sustainable development. In the following two sections I want to make clear precisely what it seems that each group thinks that they mean when they talk about sustainable development.

A) Sustainabilism

Sustainabilist discourse is built upon a logical truth: that there *must be limits to growth within a closed system*. Sustainabilists assume that when we overshoot the limits of our system, which is generally understood to be the Earth system as it is defined by Earth System Science (ESS), our society will either decline or collapse. Development for them involves transitioning human civilization asymptotically towards an accommodation with this limit, via the adoption of some version of what Herman Daly (1977) called a steady state economy.

a) *Positing What Is*

The internal challenge confronting all Sustainabilist discourse is locating this limit. How, after all, do we really know *the limit to growth*? How can we justify that this limit (the one that we assume is valid) is truly the right *absolute limit*? The simple answer is that we cannot, but the more complicated answer is that we can try to construct evidence—say using Bayesian probabilities—that our posited and purely hypothetical limits are the right or real ones. Why this matters, of course, is that settling on limit means compromising on our collective quality of life.

Efforts at constructing and re-constructing the logical and empirical supports for limit claims take up a great deal of discursive space in the history of sustainabilist discourse. Carlowitz ((1713) 2009), one of the first to hold a sustainabilist interpretation of development, argued that there was a limit to the number of trees that could be harvested without considerations regarding the “conservation and cultivation” of the forests. Malthus ((1815) 1992), insisted that the limit that mattered was the quantity of agricultural land. For Jevons (1866), the paradigmatic limit was the hypothetical total of the extractable coal in England. Within the current understanding of sustainable development, the limit paradigm is generally situated as being the carrying capacity or the systemic balance of the Earth. Most probably the first people to understand sustainable development in approximately this planetary way were the authors of *The Limits to Growth* (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens, 1972). They showed that global economic

development would ultimately be constrained by the limits of what, in their early systems-theoretical analysis, was understood as a closed system. This limit paradigm was taken over in the first political pronouncements regarding sustainable development. The 1987 *Brundtland Report*, for example, begins with an evocation of how humankind first discovered the Earth—and its limits—from outer space, describing the discovery of the planetary limits as a veritable Copernican revolution in the human understanding of our own development:

In the middle of the 20th century, we saw our planet from space for the first time. Historians may eventually find that this vision had a greater impact on thought than did the Copernican revolution of the 16th century, which upset the human self-image by revealing that the Earth is not the centre of the universe. From space, we see a small and fragile ball dominated not by human activity and edifice but by a pattern of clouds, oceans, greenery, and soils. Humanity's inability to fit its activities into that pattern is changing planetary systems, fundamentally. Many such changes are accompanied by life-threatening hazards. This new reality, from which there is no escape, must be recognized - and managed. (Brundtland, Khalid, Agnelli, Al-Athel, & Chidzero, 1987)

Arguably, and even though our understanding of the Earth system has been significantly enriched over last few decades, the posited limit to the closed system that is our own has essentially stayed constant within Sustainabilist discourse, even and particularly as they have embraced historical theories such as the Anthropocene and new and more nuanced boundary theories such as the one popularized by the Stockholm Resilience Center (Rockstrom & Klum, 2015).

b) Preventive Thinking

The rational problem with all posited limits is that they are speculations. That is not to say that there are no planetary or other limits, but to know these limits in scientific terms would involve testing them through experience by intentionally overstepping them and then measuring the consequences. However, according to the perspective adopted by Sustainabilists, such testing would be meaningless because it would be ecocidal. In other words, we can never know if our limits are *the limits* because learning that we were right would imply dying. Rhetorically, then, the aim of limits talk in Sustainabilist discourse is always aligned with the principle of prevention, it aims to keep us seeking validation for our limit hypothesis—which is, of course, not the same thing as seeking data bearing on the consequences of overstepping those limits, nor data bearing on why our posited limits ought to be treated as legitimate and well-grounded hypotheses.

Vaclav Smil (2019), for example, recently published a monumental study documenting, based on the best recent scientific evidence, the likely limits to growth of everything from microbes to megacities. Sustainabilists such as Jared Diamond (2004) have also combed the past in search of examples aimed at illustrating the collapses that have ensued when civilizations overstepped and ignored the biophysical limits to their growth. Cultural studies scholars focused on the Anthropocene have effectively illustrated the ways in which our forcing of planetary limits is shifting cultural practices across the world. Yet publications of this sort, if they bolster the claim that we ought to attend to the limits of growth, can never dispel the legitimacy of the fundamental question of whether our limits are the absolute limits.

This question matters, since the limits that we accept ultimately determine how much we as a species can hope for in the future, and it is in this space that Developmentalist resistance against Sustainabilism has emerged. At least since Gerard O'Neill's publication of *The High Frontier* (1977), Developmentalists have been pointing out the irrationality of the planet as a limit

paradigm. As O'Neill argued, it was at least in principle possible for humankind to move out into space, and when there, "exponential growth" would be possible, thanks to virtually unlimited access to energy, lands, and materials (all of which would be "available without stealing, or killing, or polluting" (loc.594)). Sustainabilist thought leaders like Garret Hardin (1993) and Mike Berners Lee (2019) have responded to this provocation by claiming that expansion into space is impossible. But these demonstrations cannot be convincing: we can't really know whether a future in space is impossible until we have made a concerted effort to expand into space. At present, and thanks to the efforts by Developmentalist believers, the space economy is booming, and the drive to gain access to space resources and to pave the way to an eventual settlement of near space, is currently a major developmentalist prerogative, pursued both by national governments including the US, China, India, and the UAE, as well as by individual investors, including Jeff Bezos, Elon Musk, and Larry Page. While it remains highly doubtful that these efforts will yield anything akin to what Developmentalist Jeff Bezos promises: an "incredible civilization" with a "trillion humans in the solar system" (2021, p. 247), it certainly does remain credible to imagine that space resources will extend the limits of growth beyond the limits assignable when merely taking the planet into account. Similar arguments can be made with respect to miniaturization and dematerialization. In the end, it is only this weaker version of limit extension that matters from the point of view of Developmentalist argumentation—since this exception to absolutism of the Sustainabilist limit is enough to draw into question the entire affirmation of the limit as limit. Neither party can win the day, and so the implications of the limits of the planet and its resources remain an open matter of interpretation when it comes to the practice of engaged actors, since both expanding out beyond the Earth system or miniaturizing within that system offer different perspectives on the meaning of the limits to growth even if they are pursued in such a way as to maintain a belief that there is—in some absolute sense—a limit to growth.

c) *Sacralizing the Limits*

The Sustainabilist sense of the meaning of sustainable development is conservative. It often embraces an ethics which assumes a risk averse interpretation of the principle of prevention as a highest law. It continually seeks justifications to support the rationality of its aversion to risk, even if, and when, the evidence might seem to point in the contrary direction.

For example, it has been argued that we have currently overstepped five of the nine planetary boundaries ('limits') set forth by the Stockholm Resilience Center (Rockstrom & Klum, 2015). One interpretation of this claim could be to deduce that this was a demonstration that those boundaries were illegitimate (on the assumption that real, absolute boundaries would be incapable of being transgressed without disaster). But to avoid this conclusion, Sustainabilists have recourse to a secondary notion: "resiliency" (Rockstrom & Klum, 2015, p. 70). Within the epistemic economy of the discourse, resiliency is employed to posit a hypothetical limit to how far one can go beyond a seemingly plastic limit before that limit reveals itself to be what it is, a real limit. As a logical operation, resiliency saves the limit. However, resiliency also undermines the very idea of the limit itself as absolute or real by replacing what we normally mean by limit with another concept altogether. This gives fire to developmentalist accounts, which tend towards a socially constructive account of the notion of limits, seeing them not as metaphysically or ontologically real entities, but rather as human constructs—essentially psychological biases—that need to be overcome if we are to innovate ourselves out of the perceived problems of the present.

In response to this psychologization of their position, many Sustainabilists have felt the need to develop metaphysical or theological foundations for their claims. These kinds of metaphysical

arguments are always doomed to failure as rational arguments, even if they can sway our passions or assuage our desire for foundations. Nevertheless, the advocates of this approach, for example Bruno Latour, seem to think that there is a practical—read political—efficacy to such arguments. These kinds of fantasies are seen as having the constitutive power of political theologies and other foundation myths. On Latour's account, Gaia is adapted to be the master figure in Sustainabilist political theology because she is not an irrational goddess or a fantasy but precisely a being that is an expression of the collective rational practice which is science as he understands it (he claims that Gaia is perhaps “the least religious entity ever produced by occidental science” insisting that she is “totally secular” and even “mundane or *earthly*” (2015, p. loc. 2294)). She is, as Bruce Clarke explains, not a product of divination but of evidence, “a self-generating, self-maintaining planetary constellation emerging from the interactions of living and nonliving components—systems and structures, embodying their integrated intermodulations” (2019, p. 11) Yet even if these Sustainabilists are justified in claiming that Gaia is a product of empirical science, they nevertheless cannot claim that she is a finding of empirical science without precisely stomping on the key possibility of differentiating between empirical science and empiricism-inspired metaphysics (in other words, between science and scientism). Put otherwise, even if all the evidence points towards Gaia's existence, there is no possible—even on principle—empirical evidence that could be brought forth to demonstrate her existence to one who systematically doubts. She is at best a scientific theory and never a scientific fact and elevating her to the status of fact collapses the difference between both, and so transforms radically the sense and meaning of modern science. This has not kept Latour from attempting to read the history of science as theodicy of her revelation through scientific facts. This is precisely the meaning of his account of Anthropocene, the coming of which, for him, reveals self-realization to humankind that it is mastered by the sovereign Gaia, a being who despite all of our deluded promethean efforts at denial, we now know to be “the final judge” (p. 6080). But the cost of this re-reading of the history of science as gospel is the undoing of scientific authority by confounding it with metaphysics, and in so doing transforming science from rational fact-finding into myth-making, and with a corresponding transformation of facts into fetishes (Latour, 2009).

In other words, transcendental moralizing only has sense for those that already stand within the Sustainabilist field of sense. For the others, these arguments for Gaia as a historical force only serve to undermine the misguided and fantastic elements in Sustainabilism, while additionally shedding light precisely on the limits of this picture of reality, in particular its tendency to put stress on the significance certain evidence while passing over other elements as meaningless. It is just this meaningless evidence that is most key for the Developmentalist sense of sustainable development.

B) Developmentalism

The sense of Developmentalism derives from the idea that growth is always possible, with this seemingly paradoxical idea being supported by an anthropological thesis regarding the fallibility of the human perception of limits and an empirical thesis based on the historical experience of modernity. The justification for this otherwise irrational perceived need to continue growing is expressed perfectly by Naveen Jain (2018, pp. 10-11), who, in a rather striking turn of phrase, calls Sustainabilism “unsustainable.” What he means by this is that one of the results in believing in limits is scarcity itself, since an irrational fear of risk-taking can prompt us to embrace a future in which we consent to simply manage our ever-dwindling resources until they are gone, rather than boldly endeavoring to find new ones which may help us to aid the millions worldwide that are even now living in extreme poverty. Of course, given

that there is no proof that abundance is possible, and no way of demonstrating that the limits that we perceive are always false, nor any reason to believe that there is no ultimate limit to growth (perceived or not) this way of understanding sustainable development is ultimately as fragile as Sustainabilism.

a) *Evidence*

Given the seemingly paradoxical idea animating Developmentalism, the production of historical and empirical evidence to support the idea that Developmentalism is critical. Popular examples are both macro-historical and micro-historical. Macro-historical evidence for the coherency of Developmentalism as a project can be found in the history of the development of modern civilizations, sometimes (and mostly polemically) described as the Enlightenment. Thus, according to intellectuals such as Steven Pinker (2018), what history teaches us is that human beings are fantastically capable of progress, i.e. of transcending past limits. More specifically focusing on sustainability discourse, Patrick McCray and others have pointed out the ways in which previous descriptions of the limits to growth—including the prognostications of Malthus, Jevons, and even the authors to the *Limits to Growth*, have always been wrong with respect to the specific details of their analyses of limits and the impacts of limits, and this is because technological innovations are ways of transforming what was previously inaccessible into fuel for growth. Many extreme Sustainabilists follow Peter Diamandis and Steven Kotler (2012) in being so impressed by the historical evidence of the sustainability of growth that they suggest that perpetual growth is not only possible, but (drawing on the historical case of the biannual doubling of microprocessor speeds known as Moore’s Law) both law-like and exponential. Focusing on micro-scale evidence, Sustainabilists are keen to find examples that amount to squaring the circle—cases in which the seemingly impossible paradox of increasing growth while maintaining sustainability is shown to be possible. John Elkington, an economist who developed one of the most commonly used indexes for measuring sustainability, the triple bottom line, in which the economic, the ecological, and the social are all seen to balance, calls these “green swans,” explaining that even if examples where growth comes with diminished environmental impact and improved social well-being seem “statistically improbable” these “miracles” do happen, and this ought to give us confidence that it is possible for us to conceptually “step into a larger world in which new things are possible” (2020, p. 24).

Of course, Sustainabilists have a strong case against these positions. As we have seen via our interpretation of Latour, they see their own position as the culmination of lessons of science. They also find it quite simple to point out just how exceptional or even non-miraculous green miracles are, and they do so by precisely putting supposedly green innovations within a larger and more holistic context. For example, many green innovations—for instance electric cars—balance on the triple bottom line with respect to existing technologies like gasoline cars but aren’t sustainable when seen within a larger time frame. This insight has prompted some de-growth advocates to insist that the entire concept of green growth is invalid (Hickel, 2020). Supporting this view, Sustainabilists can also draw on known phenomena such as the “paperless office paradox” (Moore, 2015). This refers to the empirically observed phenomenon that even innovations that are clearly better in terms of material and energy costs (for example moving from printing documents on real paper to merely producing documents electronically) often yield less sustainability (more energy and resource consumption) because the workers interacting with these new technologies see and use them with the wrong mindset (striving for growth, and believing their dematerialized activities sustainable, workers in paperless offices increase the baseline production, circulation, and storage of information.)

b) *Exo-Horizons*

One way of escaping from these sorts of critiques and perpetuating the rational gamble that is growth fueled development is to highlight alternative horizons in which obtaining new resources not only seems possible, but inevitable. This is easier than it might seem, both because most existing growth (and sustainability issues) as well as most of the critiques of growth made by Sustainabilists, focus on growth as understood within a natural or anthropic perspective and with respect to the planet seen as a maximal scalar unit. Some popular exo-horizons or solutions to the problem of constrained resources include:

- i) **Expansive sustainability:** Advocates of expansive sustainability insist that the solution to all the Earth's resource problems is to be found by expanding out into the solar system. Jeff Bezos, Elon Musk and others claim that once we are able to tap into "the virtually unlimited resources of space" (Bezos, 2021, p. 147), then we will enter into an age of what Joseph Pelton (2017) calls "astral abundance."
- ii) **Intensive sustainability:** The idea behind intensive sustainability is that growth can be had through miniaturization. The idea shrinking our growth is possible (outside of SF) is doubtless to be attributed to Nano-tech pioneer and advocate Eric Drexler. As he argues, quoting the physicist Richard Feynman, there is plenty of room at the bottom, and by scaling down our production we still have massive room to achieve "increased capacity and reduced production costs" (2013, p. 222).
- iii) **Virtual sustainability:** The idea of virtual sustainability could also be described as dematerialized sustainability. The general idea is that by replacing material goods and services with virtual ones, we can grow the economy while reducing our resource use. Andrew McAfee (2019) has shown that the miniaturization of computers, the Internet, and other digital technologies has allowed us to enter into an era of "dematerialized growth" in which the substitution of "bits for atoms," helps us to "consume more and more while taking less and less from the planet" (3).

None of these alternate horizons is de-facto unlimited. Moreover, as Vaclav Smil has pointed out, "arguments about the impressive miniaturization (and hence dematerialization) of modern electronics are based on faulty assumptions. Smartphones may be small and light but their energy and material footprints are surprisingly large" (Smil, 2019, p. 500). Yet it remains true that these exo-horizons do offer sufficient leverage for re-thinking the limits to growth. However, taking advantage of this externality relative to the consensual limits of growth comes at the cost of abolishing the reality of the horizon of sense possessed by the Earthlings that we currently are. These alternative horizons for the limits of growth imply exo-interpretations of the meaning of the human body and of human rationality. They are post-human insofar as they require transcending—either literally or figuratively—the Earth-evolved and hence Earth-bound biological bodies and senses of reality that are our own. It is perhaps on this point that Sustainabilism and Developmentalism become "incommensurable" (to borrow Kuhn's term (2000)) to the point that there is no possible translation between the uses of sustainable and development as they exist within each language community. Stated somewhat otherwise, the very idea that these exo-horizons exist posits a fundamental ontological gap between what Sustainabilists and Developmentalists count as existence, history, reality, and humanity.

c) *Transcendence*

Just as Sustainabilism seems to descend towards a mythology about nature, Developmentalism's embrace of exo-horizons seems to thrust humankind forwards into science fiction. How, after all, can human's find a form of life in correspondence with the possibilities

opened by the exo-horizons if it is not via a transcendence of their humanity, a leaving behind of their state as embodied Earthlings? Extensive sustainability, for example, seems to make good sense only if we ignore the very real limits of our human bodies, which as Sylvia Ekstrom and Javier Nombela (2020) have pointed out, are incredibly ill-adapted to the rigors of life off-planet. Indeed, the only foreseeable way of taking advantage of these newfound limits seems to be via the almost incredible transformation of ourselves into post-humans, “immortal software-based humans, and ultra-high levels of intelligence that expand outward in the universe at the speed of light” (Kurzweil, 2008, p. 1). The same obviously goes for downsizing as well as for transforming us into beings that can somehow live out our lives entirely in cyberspace. Only after the coming of the Singularity—the moment when computer intelligence surpasses human intelligence—as well as the coming of the uploading—the moment when we become one with our machines—can we really and coherently believe that Developmentalism has been a coherent program that has accomplished (to re-tweet Elon Musk) the perpetuation of “the light of consciousness” (2020) into the indefinite future of the universe.

All of this sounds both slightly crazy and indeed substantially impossible. It is doubtless for this reason that Developmentalists are so fond of affirming the power of human rationality even as they fantasize about the coming of a hyper-rationality beyond our rationality, a rationality that will arrive when wetware is replaced by hardware. Rebecca Henderson, a Harvard Business School professor, for example, affirms that “humans are infinitely resourceful,” capable of developing the technology and discovering the resources “to fix the problems that we face” (2020, pp. 11-12). Other Developmentalists, more conscious still of the limits of our ability to overcome our limits, seem to want to push us towards madness or even self-annihilation. Many urge us to consider moonshots or loon shots, radical attempts to obtain new resources that if they succeed would demonstrate the small-mindedness of common sense. As Naveen Jain writes: “People often say the sky is the limit. The sky is not the limit. There is no such limit. It is an artificial boundary. Imagination is our only limit. If we can imagine something then we can accomplish it” (2018, p. 54) Fixing our problems thus becomes as much about questions of psychology as it does about questions of engineering with limited resources, such that the contents of our thinking on how to become sustainable include quests after irrational-seeming forms of higher rationality, trance states that are described as Csikszentmihalyian “flow” states (1990), and understood as the key to stealing fire from the gods or uncovering the enigmas of the Eleusinian mysteries (Wheal & Kotler, 2017). As Google founder Larry Page puts it: “Good ideas are always crazy until they’re not.”¹ In this way Developmentalism seems to push us towards a posture in which embracing the belief in sustaining human development is akin to affirming our willingness to tragically gamble with all our lives. As Diamandis and Kotler rephrase it: “Fail early, fail often, fail forward!” (2012, p. 114). The failure referred to here is not just the failure of a capital investment, but the failure of the human odyssey, with the paradoxical feature of success being itself the annihilation of the human, the transcendence of its material self, an escape from what science fiction author Greg Egan, alluding to the writings of J.D. Bernal (2017), and writing from the imagined viewpoint of a fully realized post-human consciousness called the “flesh:” “disease and aging” “gravity, friction, and inertia” the physical world understood as “one vast, tangled obstacle course of pointless, arbitrary restrictions” (1995, p. 59).

¹ Quote is from Ashlee Vance’s (2015, p. 354) biography of Elon Musk.

4) Tragedy, Acceptance, and Avoidance

I find no satisfaction in the extreme futures articulated in the Sustainabilist and Developmentalist senses of sustainable development. The futures that they portend—one in which we have perhaps sacrificed collective well-being for a perpetuation in an existence that seems to fall short of our collective potential, and the other in which all the meaningful qualities of existence seem shorn away in a mad drive towards infinite persistence—seem equally unpalatable. Doubtless all readers have a preferred bias for making sense of sustainable development, a justification for why they find the sense that they accord to sustainable development to be the justified one, the one that we want to teach to our children, to perpetuate in our classrooms, acting in light of what John Urry (2016) has called the performativity of our anticipated futures, our sense that what we say will likely come to be. Doubtless most readers will want to deny that their sense of sustainable development necessarily entails the radical and even tragic conclusions that I have drawn from it above, though I would be willing to argue that this is more a testimony of their refusal to push their perspective to its extremes than a testimony to the specific virtues of their alternative posture. There is, I don't doubt, a sense of existential exigency on the part of both communities of language users which drives them to embrace sustainable development whatever its inconvenients. Doubtless they believe that whatever the dissatisfactions of their position, we must act now, we must embrace sustainable development and use it to transform our educational institutions, with this conviction being coupled with an equally strong or stronger belief that embracing the alternative face of the sustainable development duck-rabbit poses an even greater risk to our collective future than doing nothing at all. There is, I want to say, a collective feeling that we are on the edge of tragedy, and that somehow embracing sustainable development and using this concept to reform our educational institutions is the only solution.

I have no reassurances to offer on this account. To the contrary, I would argue that there is something within the very pretention to think development sustainably, namely, to extend development out into an infinite or at least indefinite future, that overstretches the bounds of ordinary language and leaves us on a slippery logical grounds, putting us in a situation in which the right sense of our words, and the right course for our collective actions, becomes both ambiguous and lacking in the friction that is required for really rational collective action. This, I want to say, also feels tragic. It feels as if we are akin to those heroes in tragedy who, no matter what we do, find ourselves at the fate of the gods. But this is a different tragedy from the one that we perhaps imagine impends upon us. I would say that at least from the point of view of those who wish to think about sustainable development and its implications for education the acknowledgment of this situation, not knowing what sustainable development really means is not a tragedy at all.

Stanley Cavell has described philosophy as “the education of grownups,” (1979, p. 124) and he sees it as emerging in the moment when those who are purported to be the teachers learn that they have something to learn—perhaps even from their charges. This turn to philosophy—this acceptance that we have something still to learn in the context of thinking about sustainable development—comes about when we “convene our culture's criteria” (124), our sense of how and why and where we use our words, and we find them thin, or conventional, or inadequate. It is my own sense that Gaia and the Singularity are synonyms for precisely the thinness of our collective criteria, the inadequacy of our current sense of sustainable development, and perhaps also of the danger of passing on these terms to our children as the core and central idea within our culture and our curriculum, no doubt in part because as educators this can only undermine their sense that we do have something meaningful to teach them. But tragic as this inadequacy of sense may feel, existentially critical as it may appear, it is not in itself the end of the world

but rather an occasion for our own education as educators. My point, then, is not that we should or even could banish sustainable development talk of all sorts from our curricula, but rather that we collectively, need to acknowledge that we have much to learn. We need to begin to think deeply about whether the right term is sustainable development, and to do this we need to dig deeply into our criteria, our sense what means what and why, with this sensing out bearing not only on material things but also on all aspects of the human reality that we transmit to our children, all of our shared “routes of interest and feeling, modes of response, senses of humor and of significance and of fulfillment, of what is outrageous, of what is similar to what else, what a rebuke, what forgiveness, of when an utterance is an assertion, when an appeal, when an explanation—all the whirl of organism Wittgenstein calls “forms of life” (Cavell, 2015, p. 52).

Having conversed about all of this, perhaps then we can begin thinking about what it is that we really do want to project into our future, what we really do want to put within the gaping and ambiguous place held now by this forking thing that we call sustainable development. I think that the outlines of this other thing will emerge only when we remove questions of limits and infinite growth, all ideas about perpetual survival and infinite expansion. Perhaps we will choose to consider the forms of human life that are not now present but which we, without hesitation, want to call realistic, by which I mean that their realization will not entail the negation of some aspect of our current human existence which we hold dear. Perhaps in this search for realistic new forms of life we may be inspired by alternative futures proposed by those now speaking and writing in a minor key, indigenous futurisms, afro-futurisms, feminist futurisms and so forth. Or perhaps we will decide that the real way of learning to think and talk sustainably involves summoning up not our criteria but re-imagining our educational institutions in such a way as to encourage our students to create and to speak out their own ideas regarding the future, to give them space and time to dream and to create futures that they themselves want to live. Based on the actions and forms of life embraced by the Greta Thunberg and the other young members of Extinction Rebellion, these futures may be, in our terms, be more radically Sustainabilist than those we might seek to impose on them, or they may be, to the contrary, images of a Developmentalist future that precisely illustrates our own norm-blinded projective limits and the Developmentalists infinite faith in human creativity. In either case, though, there is doubtless some justice in reforming our curricula to empower our descendants create the futures that they will live.

As a first step towards getting to this point, it would behoove us to acknowledge that we do not really know what we are saying when we talk about sustainable development, and that this is no tragedy but the comic reality of human reason. Perhaps it would likewise behoove us as educators to pitch our future concerns—both in terms of our own activities and the ways in which we integrate them into an educational context—lower, by which I mean that we should focus on directing our care towards concrete environmental and social problems, missions and goals that have a clear sense and with respect to which we can make clear headway, recognizing that in acting towards these goals we will be moving towards sustainable development however we might want to describe it, and acknowledging that as teachers we are at least bound to try to make sense, or that we are at least bound to propose puzzles to our students of such kind as to permit them to make sense of things for themselves. I suppose that in simplest terms I find it tragic that we, as adults and educators, strive so hard to avoid humbly acknowledging before our students that we do not know the future, that we do not yet hold the keys sustainable development. Which is hardly to say that we know nothing or have nothing to do. But it is perhaps to say the rage for sustainable development reform in this age of sustainable development needs to take its own significance with a grain of salt—a touch of skepticism and an ounce of wisdom.

Works Cited:

- Bernal, J. (2017). *The World, The Flesh, and the Devil*. New York: Verso.
- Berners Lee, M. (2019). *There Is No Planet B: A Handbook for the Make or Break Years*. New York: Cambridge University Press.
- Bezos, J. (2021). *Invent and Wander* (Kindle ed.). Boston MA: Harvard Business Press.
- Blumenberg, H. (2019). *History, Metaphors, and Fables*. (H. Bajohr, F. Fuchs, & J. P. Kroll, Eds.) Ithaca: Cornell University Press.
- Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., & Chidzero, B. J. (1987). *Our Common Future*. New York.
- Carlowitz, H. C. ((1713) 2009). *Sylvicultura oeconomica*. (P. Warde, Trans.) Leipzig: Johann Freidrich Braun.
- Cavell, S. (1979). *The Claim of Reason*. New York: Oxford University Press.
- Cavell, S. (2015). *Must We Mean What We Say?* London: Cambridge University Press.
- Clarke, B. (2019). *Gaian Systems*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper Collins.
- Daly, H. (1977). *Steady State Economics*. New York: Island Press.
- Diamandis, P., & Kotler, S. (2012). *Abundance: The Future is Better than You Think*. New York: Free Press.
- Diamond, J. (2004). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking.
- Drexler, E. (2013). *Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology will Change Civilization*. New York: Public Affairs.
- Egan, G. (1995). *Diaspora*. London: Orion.
- Elkington, J. (2020). *Green Swans: The Coming Boom in Regenerative Capitalism*. New York: Fast Company.
- Estrom, S., & Nombela, J. (2020). *Nous ne vivrons jamais sur mars ni ailleurs*. Lausanne: Favre.
- Fisher, M. (2009). *Capitalist Realism*. London: Zero.
- Hardin, G. (1993). *Living Within Limits*. New York: Oxford University Press.
- Henderson, R. (2020). *Re-Imagining Capitalism in a World on Fire*. New York: Public Affairs.
- Hickel, J. (2020). *Less is More*. London: Random House.
- Jain, N. (2018). *Moonshots: Creating a World of Abundance*. New York: Moonshots Press.
- Jevons, W. (1866). *The Coal Question; An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal Mines*. London: McMillan.
- Kuhn, T. (2000). *The Road Since Structure*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kurzweil, R. (2008). *The Singularity is Near*. New York: Penguin.

- Latour, B. (2009). *Petite réflexion sur le culte moderne des dieux Faitiches*. Paris : Les Empêcheurs de penser en ronde.
- Latour, B. (2015). *Face à Gaia : Huit conférences sur le nouveau régime climatique*. Paris: La découverte.
- Malthus, T. ((1815) 1992). *An Essay on the Principle of Population*. New York: Cambridge University Press.
- McAfee, A. (2019). *More From Less*. New York: Scribner.
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W. (1972). *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.
- Moore, J. (2015). *Capitalism in the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital*. New York: Verso.
- Musk, E. (2020, June 1). Elon Musk Status. Retrieved from Twitter.com: <https://twitter.com/elonmusk/status/1267531196751323144?lang=en>
- O'Neill, G. (1977). *The High Frontier*. New York: William Morrow.
- Pelton, J. (2017). *The New Gold Rush! The riches of space beckon*. Cham, Switzerland: Springer.
- Pinker, S. (2018). *Enlightenment Now: The Case for Reason, Science, Humanism, and Progress*. New York: Penguin.
- Rockstrom, J., & Klum, M. (2015). *Big World Small Planet: Abundance Within Planetary Boundaries*. New Haven: Yale University Press.
- Sachs, J. (2015). *The Age of Sustainable Development*. New York: Columbia University Press.
- Smil, V. (2019). *Growth: From Micro-Organisms to Mega Cities*. Cambridge MA: MIT Press.
- Thornley, R. (2019). *Moonshot Innovation: How You Can Positively Benefit a Billion People*. New York: Create Space.
- Urry, J. (2016). *What is the Future?* London: Polity.
- Wheal, J., & Kotler, S. (2017). *Stealing Fire: How Silicon Valley, the Navy SEALs, and Maverick Scientists Are Revolutionizing the Way We Live and Work*. New York: Dey Street Books.

Com. # 14

Maelainin Cheikh Naama et Abraouz Fatima Zahra - Analyse de l'adéquation formation/emploi des ingénieurs en énergie renouvelable et sa contribution au développement durable au Maroc

Cheikh Naama MAELAININ, Professeur de l'enseignement supérieur assistant. Faculté d'Économie et de Gestion Guelmim, Université IBN ZOHR, Maroc

Fatima Zahra ABRAOUZ, Professeur de l'enseignement supérieur assistant. Faculté d'Économie et de Gestion Guelmim, Université IBN ZOHR, Maroc

Résumé

Les énergies renouvelables sont des énergies abondantes et durables. Elles sont issues des éléments naturels tels que le soleil, le vent, les chutes d'eau, les marées, la chaleur de la Terre, la croissance des végétaux... etc. Elles sont susceptibles d'apporter progressivement de profonds changements dans la société.

En effet, ces dernières années, le secteur des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique bénéficie d'investissements importants au Maroc. L'agence française du développement, l'Union européenne, la coopération allemande (GIZ), et les autorités marocaines accompagnent la mise en vigueur d'un système de formation professionnelle pouvant répondre aux besoins des professionnels de ce secteur.

En outre, l'adéquation formation/emploi représente l'un des enjeux pour la promotion du marché du travail au Maroc. Il est nécessaire donc, d'examiner et d'analyser cette adéquation pour les lauréats des formations en énergie renouvelable.

Dans l'ensemble, la formation en énergie renouvelable constitue un processus important, voire indispensable dans l'amélioration de la production énergétique, ainsi qu'un outil favorisant le développement durable. Dans cette perspective, les ingénieurs en énergie renouvelable parviennent-ils à occuper des postes adéquats à leurs formations ? Et quelle contribution peut apporter cette adéquation au développement durable ?

Mots clés

Énergie renouvelable, formation, ingénieur, emploi, développement durable.

Analyse de l'adéquation formation/emploi des ingénieurs en énergie renouvelable et sa contribution au développement durable au Maroc

1. Introduction :

De manière générale, l'adéquation peut être abordée sous deux angles d'analyse : quantitatif ou qualitatif (Giret, Lopez et Rose, 2005). Le premier renvoie à un équilibre entre une quantité d'étudiants ou de diplômés par formation et une quantité d'emplois (Vincens, 2005). L'adéquation est ici considérée à l'aune de la fluctuation des besoins de main-d'œuvre par rapport aux ressources disponibles dans la population active. L'adéquation vise des objectifs de création d'emplois ou de redistribution des ressources dans le cadre de politiques industrielles, de politiques de main-d'œuvre (Méhaut, 2001) ou de politiques éducatives. Le second angle d'analyse s'appuie sur la comparaison du contenu des formations à celui des activités productives (Giret et Lopez, 2005). Cette mise en relation de la formation et de l'emploi exprime une intention ou une finalité recherchée par les acteurs qui construisent le sens de l'adéquation (Vincens, 2005). Considérée de la sorte, l'adéquation est issue du travail de mise en correspondance fait par les intervenants des deux champs. L'adéquation dépend alors de catégories d'analyse reposant sur les rapports entre les intervenants et les effets de ces rapports sur les conceptions, les conventions, les règles, les pratiques, etc. (Demazière, 2008 ; Rose, 2008).

Concernant le développement durable, il est défini comme un nouveau paradigme de développement, car il inclut la prise en compte de l'environnement et la qualité de vie de la population mondiale, et forme une coupure avec l'ancien modèle de développement, ainsi que vis-à-vis du modèle de développement dominant porté par l'idéologie de la mondialisation. « Dans ses acceptions significatives, le développement durable s'inscrit précisément dans cette idée de post-développement, qui veut redéfinir à la fois l'idéal du progrès et ses manifestations, en réhabilitant la nature comme substrat, en mettant en question la dynamique de percolation et en instrumentalisant une économie qui doit être adaptée, reformalisée en fonction des impératifs écologiques. » (Zaccai, 2002).

Le développement durable est né à partir d'événements précis au sein d'organismes particuliers à travers des textes comme la déclaration de Rio¹ (1992) et le Rapport Brundtland (1987). Suivant ce dernier : « le développement durable est un développement qui satisfait les besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs ». À travers cette définition, nous notons d'abord un refus de toute « dictature » temporelle.

De plus, le développement durable a pour objectif de concilier trois « piliers » visant à constituer un socle équilibrant les systèmes en place. Ces trois piliers sont :

- Économique : l'économie ne peut plus être une finalité unique de société ;
- Social : il garantit la place et les droits des individus dans un esprit d'équité ;
- Environnemental : l'environnement peut être vu comme l'épine dorsale des activités humaines.

¹ La conférence des nations unies, sur l'environnement et le développement, faite à Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992, réaffirmant la Déclaration de la conférence des Nations Unies sur l'environnement adoptée à Stockholm le 16 juin 1972, et cherchant à en assurer le prolongement, dans le but d'établir un partenariat mondial sur une base nouvelle et équitable en créant des niveaux de coopération nouveaux entre les États, les secteurs clefs de la société et les peuples, œuvrant en vue d'accords internationaux qui respectent les intérêts de tous et protègent l'intégrité du système mondial de l'environnement et du développement, reconnaissant que la Terre, foyer de l'humanité, constitue un tout marqué par l'interdépendance.

En outre, il est primordial de lier l'éducation et l'environnement à l'éducation au développement, puisqu'un développement qui néglige l'environnement mènera à un sous-développement.

Par ailleurs, l'éducation et la formation présentent des éléments indispensables qui aident à construire un développement durable. En effet, l'humain est le premier à participer au bouleversement de son environnement. D'après l'UNESCO, c'est dans l'esprit de l'homme que la destruction écologique est née, c'est pour cela que c'est aussi dans l'esprit des hommes qu'il faut également en élever les défenses.

En 2015, la communauté internationale du COP21 a concrétisé le lien entre le capital humain, c'est-à-dire l'éducation et l'enseignement, et la protection environnementale comme un élément important des finalités du développement durable. Parmi ces finalités, nous trouvons une qui traite l'éducation de qualité, et l'intégralité des élèves ainsi que les compétences nécessaires pour favoriser le développement durable d'ici 2030 (Pascal Canfin et Peter Staime, 2015). Une autre finalité, relative à la consommation ainsi que la production responsable, prévoit d'encourager tout producteur ou consommateur à avoir les connaissances suffisantes et nécessaires au développement durable et également à un style de vie en harmonie avec la nature.

L'objectif de ce travail est de mettre l'accent sur l'adéquation formation/emploi pour les ingénieurs, et de déterminer les effets de cette adéquation (ou inadéquation) sur le développement durable et particulièrement sur le pilier environnemental. Autrement dit, nous allons essayer, via cette étude, de répondre aux questions suivantes : les ingénieurs en énergie renouvelable parviennent-ils à occuper des postes adéquats à leurs formations ? Et quelle contribution peut apporter cette adéquation au développement durable ?

Pour répondre à ces questions, nous allons présenter, tout d'abord, la méthodologie de recherche en nous focalisant sur la démarche adoptée, les hypothèses de recherches, le choix des variables, l'échantillon et le questionnaire. En deuxième lieu, nous allons tenter d'exposer les résultats obtenus via notre enquête en utilisant plusieurs méthodes statistiques et d'analyse des données. Finalement, et avant de conclure, nous allons, bien évidemment, discuter et analyser les résultats constatés.

2. La méthodologie adoptée

2.1. La démarche de recherche

Pour cette étude, nous avons adopté une recherche quantitative qui peut être définie principalement par le fait que les données de recherche qui sont des mesures numériques, doivent être analysées et traitées de façon statistique. Plus particulièrement, nous avons opté pour la méthode descriptive qui désigne un ensemble d'outils de recherche qui ont pour but de tracer un portrait détaillé d'un phénomène et établir des relations entre ses variables.

En outre, et pour répondre aux questions de notre recherche, nous avons utilisé différentes méthodes et outils statistiques, tels que : l'analyse de la variance, le test de khi deux, pour tester l'indépendance entre les variables.

2.2. Choix des variables

En ce qui concerne les choix des variables, nous avons choisi, concernant l'adéquation formation emploi, deux variables :

- La spécialité du diplôme de l'ingénieur en énergie renouvelable
- Le poste occupé par l'ingénieur au sein de l'entreprise

Pour le développement durable, nous avons choisi :

- L'adoption des pratiques pour la protection de l'environnement
- L'adoption d'une stratégie de développement durable

2.3. Hypothèses de recherche

La problématique de cette recherche s'est articulée autour de deux principales hypothèses qui sont :

- ✓ H1 : les ingénieurs en énergie renouvelable s'insèrent facilement sur le marché du travail ;
- ✓ H2 : les postes occupés par les ingénieurs en énergie renouvelable sont adéquats avec leurs formations ;
- ✓ H3 : les entreprises qui pratiquent des mesures pour le développement durable sont celles dont les ingénieurs en énergie renouvelable occupent des postes adéquats avec leurs formations.

2.4. L'échantillonnage

Nous pouvons citer différents outils et méthodes pour calculer la taille de l'échantillon. Pour cette recherche, nous avons opté pour la méthode aléatoire qui se base sur l'idée selon laquelle les unités statistiques de l'échantillon sont choisies au hasard. Quelle que soit l'unité de la population cible, elle peut appartenir à l'échantillon avec une même probabilité connue à l'avance. Particulièrement, nous avons adopté la méthode aléatoire simple, parce qu'elle est facile à mettre en œuvre.

En effet, nous pouvons calculer la taille de l'échantillon par l'utilisation de la formule suivante :

$$n = \frac{t^2 * pq}{m^2}$$

Où : **n** : la taille de l'échantillon. **t** : le degré de confiance à 93 % (valeur type de 18 119). **p** : le pourcentage des éléments qui présentent le caractère observé. **q** = 1-p et **m** : la marge d'erreur 7 %.

Dans notre cas, pour déterminer le pourcentage des éléments qui présente le caractère observé, nous avons attribué 0,5 à p, car nous n'avons aucune information concernant la valeur observée.

Nous pouvons calculer la taille de l'échantillon comme suit :

$$n = \frac{1,8\ 119^2(0,5 * 0,5)}{0,07^2} = 168$$

Donc, la taille de notre échantillon est de 168, avec un degré de confiance de 93 %, c'est à dire, les résultats obtenus via cet échantillon peuvent être faux avec une proportion de 7 %.

2.5. Questionnaire :

Le questionnaire adressé aux ingénieurs en énergie renouvelable qui occupent des postes au sein des entreprises marocaines, est divisé en trois parties : la première est réservée à la spécialité du diplôme de l'ingénieur, à l'année d'obtention du diplôme et à la durée du chômage avant l'embauche ; par contre, la deuxième est consacrée aux différents postes occupés par

l'ingénieur au sein de l'entreprise et à l'activité de l'entreprise, alors que, dans la troisième partie nous avons essayé de mettre l'accent sur les pratiques de l'entreprise qui touchent le développement durable et plus particulièrement la protection de l'environnement.

3. Les résultats obtenus

3.1. L'analyse de l'adéquation formation emploi

Avant de mettre l'accent sur l'analyse de l'adéquation formation emploi des ingénieurs en énergie renouvelable, il est nécessaire d'analyser l'insertion de ces ingénieurs sur le marché du travail. De ce fait, les résultats fournis par le logiciel SPSS sont comme suit :

Tableau 1 : La distribution des ingénieurs en énergie renouvelable selon la durée de chômage (en mois)					
		Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	0	28	16,7	16,7	16,7
	1	36	21,4	21,4	38,1
	2	14	8,3	8,3	46,4
	3	6	3,6	3,6	50,0
	4	13	7,7	7,7	57,7
	5	11	6,5	6,5	64,3
	6	8	4,8	4,8	69,0
	7	5	3,0	3,0	72,0
	8	5	3,0	3,0	75,0
	9	5	3,0	3,0	78,0
	10	2	1,2	1,2	79,2
	11	2	1,2	1,2	80,4
	12	4	2,4	2,4	82,7
	13	4	2,4	2,4	85,1
	14	4	2,4	2,4	87,5
	15	7	4,2	4,2	91,7
	16	3	1,8	1,8	93,5
	17	1	, 6	, 6	94,0
	18	1	, 6	, 6	94,6
	19	2	1,2	1,2	95,8
21	1	, 6	, 6	96,4	
22	2	1,2	1,2	97,6	
26	2	1,2	1,2	98,8	
27	1	, 6	, 6	99,4	
29	1	, 6	, 6	100,0	
Total		168	100,0	100,0	

Source : les auteurs

D'après le tableau ci-avant, nous pouvons constater que les ingénieurs en énergie renouvelable peuvent s'insérer sur le marché du travail facilement. En effet, plus de 50 % de ces ingénieurs intègrent le marché du travail après maximum 3 mois du chômage, et moins de 18 % arrivent à trouver un emploi après au moins une année.

De plus, en se basant sur le tableau ci-dessous, la moyenne de la durée de chômage est de 5,68 mois, et l'écart-type est de 6,54. Nous pouvons donc conclure que la dispersion de la durée de chômage est très forte.

Tableau 2 : Les paramètres de distribution des ingénieurs en fonction de la durée de chômage		
Durée de chômage (en mois)		
N	Valide	168
	Manquante	0
Moyenne		5,68
Écart-type		6 454

Source : les auteurs

Afin d'analyser l'adéquation, nous devons croiser les principales variables de notre étude, à savoir le degré de l'adéquation et la spécialité du diplôme obtenu. Pour cela, le tableau suivant présente la distribution des ingénieurs selon la spécialité du diplôme et le degré d'adéquation entre le poste et la formation.

		Degré de l'adéquation entre la formation et le poste occupé					Total
		pas d'adéquation	adéquation faible	adéquation moyenne	adéquation forte	adéquation parfaite	
Diplôme en énergie renouvelable	efficacité énergétique	9	6	1	1	0	17
	thermique industrielle et énergie renouvelable	5	6	2	1	2	16
	énergie renouvelable et système énergétique	0	6	8	4	2	20
	hydraulique et environnement	1	4	25	6	2	38
	ville et environnement	1	4	5	10	7	27
	énergie solaire	0	0	3	16	5	24
	énergie éolienne	1	2	2	11	10	26
Total		17	28	46	49	28	168

Source : les auteurs

Selon le tableau en haut, nous pouvons constater qu'une grande partie (plus de 72 %) des ingénieurs en énergie renouvelable occupent des postes, qui sont, au moins, moyennement

adéquats avec leurs formations, dont la majorité : sont des ingénieurs en énergie solaire, énergie éolienne et en ingénierie de la ville et l'environnement (gestion des déchets). Par contre, la majorité des ingénieurs en efficacité énergétique et thermique industrielle occupent des postes parfaitement inadéquats ou faiblement adéquats avec leurs formations.

D'après ce qui précède, nous pouvons souligner qu'il existe une relation entre la spécialité du diplôme et le degré de l'adéquation formation emploi. Ce résultat est confirmé par le test d'indépendance entre ces deux variables, à savoir le test de Khi-deux affiché dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Tests du Khi-deux			
	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	132 921 ^a	24	, 000
Rapport de vraisemblance	122 575	24	, 000
Association linéaire par linéaire	60 513	1	, 000
Nombre d'observations valides	168		
a. 23 cellules (65,7 %) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 1,62.			

Source : les auteurs

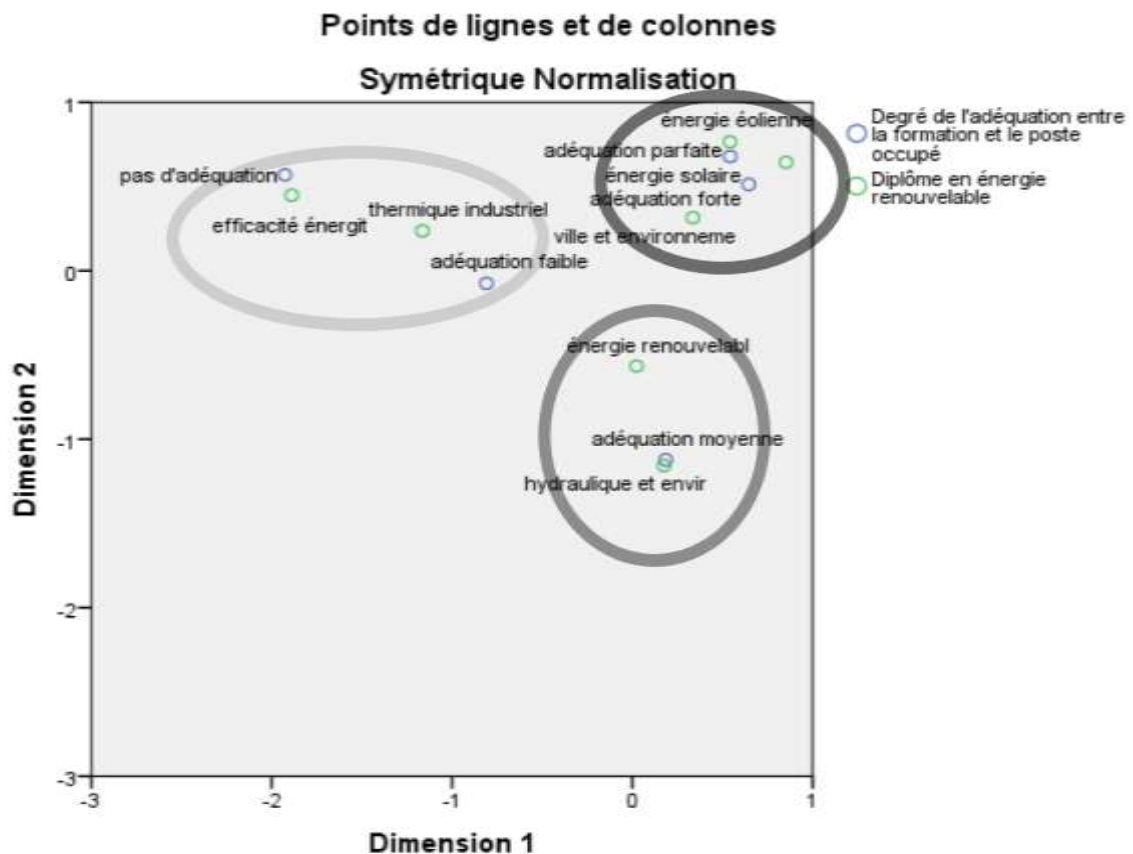
En se basant sur le tableau ci-dessus, la valeur de Khi-deux est très significative, car le degré de significativité est nul, nous pouvons, donc, confirmer l'existence d'un lien fort entre les deux variables.

De plus, en lisant le tableau ci-dessous, qui présente les mesures symétriques, nous pouvons souligner que la relation entre la spécialité du diplôme et le degré de l'adéquation est très forte. En effet, la valeur de Phi est de 0,889, celle de V de Cramer est de 0,445 et celle du coefficient de contingence est de 0,665.

Tableau 5 : Mesures symétriques			
		Valeur	Signification approximée
Nominal par Nominal	Phi	, 889	, 000
	V de Cramer	, 445	, 000
	Coefficient de contingence	, 665	, 000
Nombre d'observations valides		168	

Source : les auteurs

Pour approfondir notre analyse, nous allons, par la suite, adopter une analyse factorielle afin de valider la forte relation entre la spécialité du diplôme et le degré de l'adéquation. En outre, le logiciel SPSS nous a fourni le diagramme suivant :



Source : les auteurs

D'après ce diagramme, nous pouvons diviser les modalités de nos variables en 3 groupes. Le premier groupe contient les ingénieurs en thermique industrielle et efficacité énergétique qui ont tendance à avoir un poste inadéquat ou faiblement adéquat à leurs formations, alors que le deuxième regroupe les ingénieurs en énergie renouvelable et système énergétique et hydraulique et environnement qui ont une forte probabilité d'occuper un poste moyennement adéquat avec leurs formations. Enfin, le troisième groupe est composé d'ingénieurs en énergie solaire, en énergie éolienne et ingénierie de la ville et de l'environnement. En outre, ces ingénieurs ont tendance à avoir un emploi adéquat ou parfaitement adéquat à leurs formations.

3.2. L'analyse de la relation entre l'adéquation formation emploi et le développement durable :

Nous avons estimé un modèle de régression logistique, permettant d'expliquer des variables qualitatives par d'autres variables. Autrement dit, la régression logistique, notamment, binaire a pour but d'expliquer une variable d'intérêt binaire (c'est-à-dire de type « oui/non » ou « vrai/faux »). Les variables indépendantes qui vont être introduites dans ce modèle peuvent être quantitatives ou qualitatives.

Dans notre cas, nous allons expliquer les variables de développement durable, à savoir, l'adoption des pratiques pour la protection de l'environnement et l'adoption d'une stratégie de développement durable, par le degré de l'adéquation formation emploi et la spécialité du diplôme.

3.2.1. Le lien entre l'adéquation formation emploi et l'adoption des pratiques pour protéger l'environnement

Le logiciel SPSS nous a fourni les résultats suivants :

Étape	-2 log-vraisemblance	R-deux de Cox & Snell	R-deux de Nagelkerke
1	152 908 ^a	, 45	, 73

Source : les auteurs

D'après le tableau en haut, nous pouvons constater que l'adéquation formation emploi des ingénieurs en énergie renouvelable explique 73 % de l'adoption des pratiques pour la protection de l'environnement. En effet, la probabilité prédite par le modèle s'approche de la valeur observée. Autrement dit, plus le degré de l'adéquation formation emploi s'accroît plus la probabilité selon laquelle l'entreprise adopte des pratiques pour protéger l'environnement s'élève.

En effet, le logiciel SPSS peut prévoir, en se basant sur ce modèle, l'adoption ou non des pratiques pour la protection de l'environnement, le tableau suivant présente cette prévision :

	Observations		Prévisions		
			Adoption des pratiques pour la protection de l'environnement		Pourcentage correct
			Non	oui	
Étape 1	Adoption des pratiques pour la protection de l'environnement	Non	0	31	, 0
		Oui	0	137	100,0
	Pourcentage global				81,5

Source : Les auteurs

D'après ce tableau, le logiciel a pu prévoir correctement 81,5 % de l'adoption des pratiques pour la protection de l'environnement, ce qui explique la significativité du modèle.

		A	E.S.	Wald	ddl	Sig.	Exp(B)
Étape 1 ^a	La spécialité du diplôme	, 134	, 138	, 940	1	, 033	1,143
	Le degré de l'adéquation	, 303	, 212	2 056	1	, 015	1,355
	Constante	, 321	, 467	, 472	1	, 049	1,378

Source : les auteurs

Les résultats obtenus, via le logiciel SPSS, nous montrent que la significativité des paramètres associés aux variables de l'adéquation formation emploi est très forte : il est de 3 % pour la spécialité du diplôme et 1,5 % pour le degré de l'adéquation formation emploi, ceci peut être expliqué par les effets du degré de l'adéquation formation emploi sur le développement durable.

3.2.2. Le lien entre le degré de l'adéquation formation emploi et l'adoption d'une stratégie de développement durable

Les résultats obtenus via le logiciel SPSS sont comme suit :

Tableau 9 : Récapitulatif des modèles			
Étape	-2 log-vraisemblance	R-deux de Cox & Snell	R-deux de Nagelkerke
1	202 489 ^a	, 512	, 693

Source : les auteurs

D'après le tableau en haut, nous pouvons constater que l'adéquation formation emploi des ingénieurs en énergie renouvelable explique 69,3 % de l'adoption de stratégie de développement durable. En effet, la probabilité prédite par le modèle s'approche de la valeur observée. Autrement dit, plus le degré de l'adéquation formation emploi s'accroît plus la probabilité selon laquelle l'entreprise adopte une stratégie de développement durable s'élève.

En effet, le logiciel SPSS peut prévoir, en se basant sur ce modèle, l'adoption ou non de stratégie de développement durable, le tableau suivant présente cette prévision :

Tableau 10 : Tableau de classement					
	Observations		Prévisions		
			Adoption des stratégies de développement durable		Pourcentage correct
			non	oui	
Étape 1	Adoption des stratégies de développement durable	Non	0	49	, 0
		Oui	0	119	100,0
	Pourcentage global				70,8

Source : les auteurs

D'après ce tableau, le logiciel a pu prévoir correctement 70,8 % de l'adoption de stratégie de développement durable, ce qui explique la significativité du modèle.

Tableau 11 : Variables dans l'équation							
		A	E.S.	Wald	Ddl	Sig.	Exp(B)
Étape 1 ^a	Spécialité du diplôme	, 066	, 115	, 328	1	, 056	1,068
	Degré de l'adéquation	—, 070	, 176	, 158	1	, 069	, 932
	Constante	, 764	, 436	3 068	1	, 080	2 147

Source : les auteurs

Les résultats obtenus, via le logiciel SPSS, nous montrent que la significativité des paramètres associés aux variables de l'adéquation formation emploi est très forte : il est de 5,6 % pour la spécialité du diplôme et 6,9 % pour le degré de l'adéquation formation emploi, ceci peut être expliqué par les effets du degré de l'adéquation formation emploi sur le développement durable.

4. Discussion des résultats

D'après ce qui précède, nous pouvons conclure que l'adoption des pratiques de la protection de l'environnement est étroitement liée au niveau de l'adéquation formation emploi des ingénieurs en énergie renouvelable, mais aussi elle est associée à la spécialité du diplôme de l'ingénieur.

En outre, la décision d'adopter une stratégie de développement durable dépend du degré de l'adéquation formation emploi. En effet, plus l'adéquation formation emploi est forte, plus l'entreprise adopte une stratégie de développement durable. Autrement dit, on peut confirmer que le niveau de l'adéquation formation emploi et la spécialité du diplôme (notamment lorsqu'il s'agit de l'énergie solaire et éolienne), exerce un impact direct et important sur le développement durable, puisque le volet environnemental représente le pilier primordial et déterminant de ce type de développement.

En outre, nos résultats sont différents à ceux qui ont été trouvés par nous-mêmes (Ma Elaini et Abraouz, 2017), en effet, dans cette étude nous avons constaté une faiblesse de l'adéquation de la formation à l'emploi pour les lauréats des institutions de l'office de la formation professionnelle et la promotion du travail, ainsi qu'un rapport du haut-commissariat au plan du Maroc en 2018, qui a trouvé qu'il y a une inadéquation qualitative (surclassement et déclassement) de la formation à l'emploi.

En ce qui concerne la relation entre l'adéquation formation emploi et le développement durable, les résultats, tirés par notre analyse, sont cohérents avec ceux qui ont été constatés par Brahim Boudarbat et Claude Montmarquette (2018), qui ont souligné que l'inadéquation, qualitative ou quantitative, exerce des effets négatifs sur l'économie au Québec. De même, Migan Z. et al, (2017) ont trouvé que l'inadéquation formation emploi impacte négativement le développement du Bénin.

À notre avis, une formation de qualité permet d'orienter la stratégie de l'entreprise vers une dimension environnementale. Cette orientation peut être forte lorsque la formation est en relation avec l'environnement (les énergies renouvelables, la gestion des déchets, le développement durable).

En conclusion, le capital humain influence positivement le développement durable. De ce fait, nous pouvons vérifier nos hypothèses comme suit :

- Valider la première hypothèse
- Valider la deuxième hypothèse
- Valider la troisième hypothèse

5. Conclusion

Dans l'ensemble, ce travail nous a permis de nous focaliser sur la problématique de l'adéquation formation emploi pour les ingénieurs en énergie renouvelable et la contribution de cette adéquation dans le développement durable.

En outre, nous avons adopté une démarche quantitative, en nous basant sur l'analyse statistique des données collectées, via un questionnaire, adressé aux ingénieurs en énergie renouvelable au Maroc.

En effet, nous avons remarqué que ces ingénieurs s'insèrent facilement sur le marché du travail, car la majorité d'eux, intègrent le marché au plus tard après 3 mois de chômage. En plus, nous avons constaté que la spécialité du diplôme peut impacter le degré de l'adéquation. De ce fait, les spécialités les plus adéquates aux postes occupés sont l'énergie éolienne et l'énergie solaire. Par ailleurs, nous avons constaté, également, que le degré de l'adéquation exerce des effets positifs sur le développement durable.

Cependant, cette étude, comme toutes les études, est imparfaite, et nous ne pouvons pas confirmer l'absolutisme des résultats. En effet, parmi les limites de ce travail, nous citons le

manque des travaux mettant l'accent sur la relation directe entre l'adéquation formation emploi et le développement, mais aussi le développement durable.

De plus, notre travail constitue un point de départ pour des recherches futures. Plusieurs prolongements sont envisageables. Nous soulignons :

- La responsabilité sociétale des PME et sa relation avec le développement durable
- Des études macroéconomiques sur l'importance du capital humain dans la croissance verte.

Références bibliographiques

Adama Zerbo, (2014). *Impact de l'inadéquation formation-emploi sur le chômage : un modèle d'analyse*. Document du travail, Groupe d'économie Lare-Efi, Université Montesquieu bordeaux IV

Bouarbat, B. & Montmarquette, C. (2018). *L'inadéquation éducation-emploi et son impact sur les revenus chez les travailleurs canadiens*. Cahiers québécois de démographie, 47 (1), 109–134

Brundtland, R. (1988). *Commission mondiale sur l'environnement et le développement*. Notre avenir.

Catherine Béduwé, Jean-Michel Espinasse et Jean Vincens (2006). *De la formation professionnelle à la professionnalité d'une formation*. Formation emploi, 99

Cédric Frétygné, GIRET Jean-François ; LOPEZ Alberto & ROSE José (2006). *Des formations pour quels emplois ?* Revue française de pédagogie, 155 | 2006, 149-150.

Ch. Migan Z. À Tingbe-Azalou, S.C.C. Ahodekon (2017). *Problématique de l'adéquation formation-emploi au Bénin*, Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé, Vol. 18 No. 4

Cheikh Naama MA ELAININ, Fatima Zahra ABRAOUZ, and Ahmed RHELLOU, (2017). *The Professional training and Labor market: case of Souss-Massa region (Morocco)—Insertion and adequacy training/job*, International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 31, no. 2, pp. 204–215, July 2017.

Demazière, D. (2008). *L'entretien biographique comme interaction négociations, contre-interprétations, ajustements de sens*. Langage et société, 1 (1), 15-35.

Hassane Zouiri et Hassan Elmessaoudi (2018). *Énergie renouvelable et développement durable*. REFEG, N° 6.

Haut-commissariat au plan, Maroc (2017) « L'Adéquation entre formation et emploi au Maroc », Rapport basé sur le recensement de 2014

Méhaut Philippe (2001). *Gouverner les systèmes de formation professionnelle : planification, marché, coordination*. Formation Emploi. N.76, pp. 225-234.

Merckaert, J. (2015). Pascal Canfin et Peter Staime, CLIMAT (2015). *30 questions pour comprendre la conférence de Paris : Les Petits Matins*, 200 p., 12. Revue Projet, 5 (5), 96a-96a.

Zaccaï, E. (2002). *Le développement durable : dynamique et constitution d'un projet*. Collections : Library Catalog

Atelier 4 – S'engager dans ma transition – Animateur : Denis Maricourt

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
3	RAZAFINDRAKOTO Idah	Transition énergétique et interculturalité : Une lecture à partir des activités d'ingénieur de Madagascar
4	SGHAIER Amira	Analyse économique de la gestion des déchets à Dakar : cas de la commune de médina
30	DUPONT Ludivine MARTIN Alice GUILLAUME Jean-Baptiste	Comment intégrer et valoriser l'écoconception pour basculer vers de nouveaux modèles d'affaires
42	BOUZIN Antoine	À la recherche de l'« ingénierie durable » : le déplacement militant de l'engagement écologiste

Razafindrakoto Idah - Transition énergétique et interculturalité : Une lecture à partir des activités d'ingénieur de Madagascar

Résumé

La transition énergétique est un concept international émergent du développement durable. A Madagascar, les politiques la promeuvent. Celles-ci favorisent donc une rencontre interculturelle entre les cultures de la transition énergétique exogènes et les pratiques énergétiques coutumières et locales. En s'appesantissant sur les activités d'ingénieur de l'énergie, cette étude diagnostique l'articulation de la transition énergétique à Madagascar au regard de l'interculturalité.

Mots clés : *Transition énergétique, interculturalité, ingénieurs.*

Au regard des nouvelles menaces environnementales contemporaines¹, les formes de sécuritisation (Maertens, 2014) s'émergent précipitamment. Les initiatives qui en découlent sont politiques et opérationnelles, tel chez les ingénieurs. En se focalisant sur le secteur de l'énergie, le changement climatique a empressé les pas de la convergence mondiale vers la transition énergétique. Dans la trame du développement durable, ladite transition traite d'un basculement des services et pratiques énergétiques classiques (fossiles) vers les énergies renouvelables (biomasse, éolienne, solaire, thermique, hydraulique). Les discours et visions de la transition énergétique, bien que plaidant la cause commune, s'alimentent de la théorie des régimes internationaux de l'environnement (Morin, 2015). Mais bien que l'établissement des règles communes du développement durable feigne l'omission des enjeux géopolitiques, la concorde d'une idée partagée universelle sur les préoccupations environnementales prévaut dans les discours élitaires de la transition énergétique. Comme les discours sont performatifs (Ambroise, 2017), les *Global Green Deal*, *SE4ALL*, *Go green* et « *consommer responsable* » sont adoptées par les multi-acteurs dans le monde.

Dans l'Océan Indien, puisque la transition énergétique sécuritise les générations futures face à la menace climato-écologique, Madagascar s'est également enrôlé dans cette même dynamique. En 2015, le pays adhère au programme onusien SE4ALL. Or, depuis 2020, les cultures énergétiques malgaches se reposent sur un mix : charbon, gaz et biomasse (cuisson), pétrole (transport) et hydraulique (électricité), et dans la ruée mondiale de la transition, l'énergie solaire s'est vue additionnée aux services existentiels.

En effet, la plupart des travaux sur la transition énergétique à Madagascar s'articulent autour du chemin à suivre en vue de développement durable (Charpin et al, 2019 ; Ranaivojaona, 2012 ; Ranaivoson, 2011 ; SADC, 2018 ; Verghaegen et al., 2014). Une aporie réside car la littérature approfondit peu les questions d'interculturalité. Posons ici que l'interculturalité (Crispi, 2015) équivaut à la rencontre locale avec les politiques d'énergies propres exogènes. Interrogeons donc les activités d'ingénieur en énergie en situation interculturelle : au regard de l'interculturalité, comment s'articule la transition énergétique à Madagascar ? Notre lecture

¹ Changement climatique, raréfaction des ressources naturelles et insécurité énergétique.

illustre les activités d'ingénieur en énergie à travers des approches constructiviste et déterministe sur une collecte documentaire et des séances d'observation de 2020 à 2021.

1. Reproduction des pratiques et mimétisme

La rencontre interculturelle entre les valeurs, discours, normes et pratiques entraîne, sur sa tracée, des réponses, des réactions, voire des changements de comportement. Mais rappelons qu'elle exacerbe un paradoxe : la culture malgache sous le flux du *soft power* des hégémons *versus* les us d'hospitalité malagasy. Fort de ce constat, une reproduction de l'idéal libéral et du reflet de la gouvernance mondiale se manifeste localement. Ce mimétisme s'émancipe dans les sphères académiques. Comme la science se prévaut être universelle et évolutive, le concept de développement durable est accueilli aisément. Bien que les débats y afférents (Pesqueux, 2010) s'en suivent², il fait l'objet des attentions académiques et intellectuelles. Inciter et former à la transition énergétique³, ou plutôt son accélération à Madagascar viennent se précipiter. L'illustration des manifestations scientifiques portées sur les énergies renouvelables se décuplent⁴.

En outre, une multitude d'opportunités est offerte aux ingénieurs (mobilités internationales, bourses⁵, financements de recherche, renforcements de capacités, forums). Mais cette force centripète et convergente vers les énergies renouvelables démontre également le caractère tendancieux et standard de la transition énergétique par la réception intellectuelle car ces énergies préexistaient déjà depuis les ères coloniales (pré-1960). L'hydroélectricité et la biomasse (*kitay*) s'établissaient déjà dans les us quotidiens malgaches, donc ladite transition à Madagascar ne se fait pas sur une lecture de basculement vers les énergies propres, mais plutôt d'accélération, de macro-conquête ou de généralisation, et en parallèle, une diminution des pratiques en énergies fossiles. La terminologie scientifique et validée à l'international « *transition énergétique* » a donc vu un jugement de « *reproduction* » et de « *mimétisme* » à Madagascar.

Toutefois, cette idée de se conformer aux pratiques socioculturelles exogènes coexiste également avec d'autres pratiques proprement locales tel dans les travaux d'ingénieur : les techniques de carbonisation améliorée (Rasamindisa *et al.*, 2010), la conception de fours de carbonisation à chambre de combustion externe pour valoriser au mieux la biomasse d'Eucalyptus Robusta (Temmerman *et al.*, 2015), les empirismes de la bouse de vache (*tain'omby*) et des balles de riz comme biocombustibles, ou du Jatropha comme agrocarburants. D'autant plus que la reproduction des pratiques conquiert la gouvernance des entreprises. Initiée, imposée ou contrainte⁶ au sein des firmes, la Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE) s'émerge (Lépineux *et al.*, 2019). Par exemple, l'engagement des firmes locales d'extraction, tel British Petroleum, vers l'investissement dans la transition énergétique à Madagascar (Rakotobe, 2020). Ces trajectoires de génies, d'ingénieurs et de firmes alimentent un chemin évolutif, d'où une progression de la transition énergétique.

² La transversabilité, la théorie floue et ambiguë, la généralité, le relativisme culturel, etc.

³ À titre d'illustration : Parcours Génie des Energies Renouvelables (Institut des Technologies d'Antananarivo).

⁴ La 6ème Doctoriales, « *Développement durable du monde rural* », Université d'Antsiranana, 2020 ; et Journées scientifiques de l'ESPA, « *Les polytechniciens face aux objectifs du développement durable* », Université d'Antananarivo, 2021.

⁵ UEMOA, ASRIC-UEMF, Bourse d'Étude Suisse, FUNIBER, etc.

⁶ Groupe de pression exercée par les génies sur les firmes et par la suite, l'intégration/la consultation des ingénieurs dans les programmes de RSE des entreprises.

2. Résistance dans la pratique et syncrétisme

Comme le démontre l'essence même du manichéisme, il est tout à fait commun d'identifier, en parallèle à la trajectoire reproductrice et positive, une tendance antithétique. La rencontre interculturelle énonce des innovations énergétiques d'ingénieurs qui souhaitent déconstruire des pratiques coutumières locales (charbon), d'où l'effroi du changement culturel. L'interculturalité génère donc une force répulsive. Le paradoxe qui le sous-tend est l'antagonisme existant entre la culture progressiste et la culture autocentrée /conservatrice. Mais les résistances socioculturelles aux énergies propres sont déjà très documentées : d'une part, la cristallisation de la culture charbonnière et d'autre part, le banditisme⁷ (Rajoelina, 2017). Ces « criminalités environnementales » sont toutes deux des cultures de survie. Elles motivent les politiques de restriction, par conséquent, les tensions politico-culturelles, qui y découlent, génèrent une injustice énergétique.

Néanmoins, la résistance n'est uniquement sociale car elle se répand aussi sur le champ politico-administratif. Si les discours élitaires prônent une gérance libérale en faveur des entreprises et de la création des richesses, sur le terrain, les manquements sont criards : climat des affaires ardu, barrières non tarifaires, tracasseries administratives, faible accès aux financements, corruption (Lavallée *et al.*, 2020). Malgré que le capitalisme régule les économies de Madagascar, la performance économique malgache non probante tient majoritairement des bureaucrates et technocrates. Transposé sur la réalité des ingénieurs, cette réflexion traduit un challenge à l'égard du développement des entreprises locales en énergie renouvelable. Le constat des services commerciaux est quand même perceptible, mais il s'agit ici de la revente des plaques solaires importées de Chine. Dans le sens où les importations sont en hausse et où la production locale ou la transformation (par chaîne de valeurs) ne sont que modiques. Si la production locale d'une plaque solaire est rendue à ce stade réductrice et non rentable pour l'économie nationale, le motif n'est pas l'insuffisance du nombre d'ingénieurs potentiels pouvant s'y atteler, mais surtout les blocus administratifs et pénuries financières.

En économie interventionniste (Taylan, 2013), le *Big push* est salvateur mais la nostalgie du *Réalisme* persiste. Donc, le pseudo-interventionnisme de l'«État tournoye, d'où le biaisement de ses investissements majeurs⁸. En matière de gérance, le mimétisme des éthiques exogènes amène pourtant à un syncrétisme, d'où une pseudo-gouvernance. Cela est attesté par la rémanence et la pérennisation de la gérance classique et statocentrée. La volonté d'innovation n'est pas discernable sur le terrain. Le JIRAMA⁹ accuse d'une obsolescence des équipements et machineries (Razanadrasoa, 2009). Les investissements étatiques conséquents de rénovation, d'innovation, d'autonomie et de durabilité sont timides. Donc, les ingénieurs et techniciens du JIRAMA font face, d'une part aux « *court-termismes* » redondants¹⁰ (le caractère itératif produit une stagnation, et donc un retard), et d'autre part aux inculpations citoyennes. Cette dernière est un éreintement¹¹ accusant l'insécurité énergétique malgré les « avidités » budgétivores¹² et la fausse sobriété énergétique. Les ingénieurs se retrouvent ainsi bousculés par le *cancel culture*¹³ (Murat, 2020), surtout sur les réseaux sociaux et les plateformes

⁷ Le vol des plaques solaires insuffisamment protégées.

⁸ Le Plan Marshall étatique est le plan de redressement (1000 milliards Ar) des entreprises fortement terrassées par la crise économique du Coronavirus (2020). Il peine à s'officialiser et privilégie le BTP. Fort de ce constat, les investissements majeurs en énergie propre sont assurés par les acteurs exogènes (Tecsol, 2020).

⁹ Le JIRAMA est la compagnie nationale de fourniture électrique (par hydraulique et fuel).

¹⁰ Les projets financés évoquent un éternel recommencement.

¹¹ Observation dans la médiasphère.

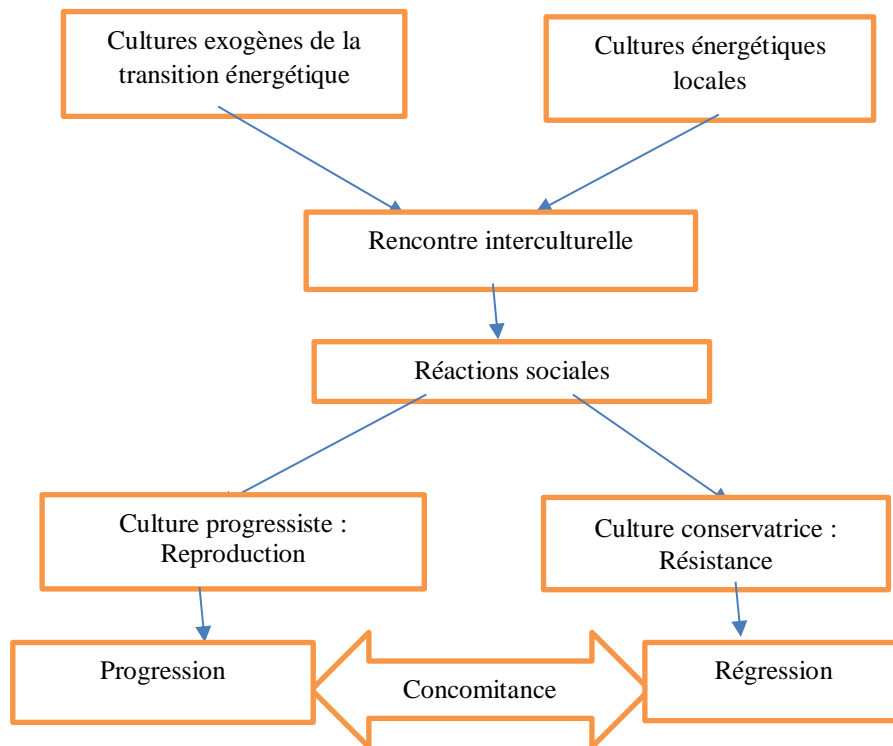
¹² La cherté des factures d'électricité malgré la répercussion des délestages.

¹³ La culture de l'annulation consiste à décrédibiliser en vue d'ôter la légitimité.

publiques. En définitive, cette dynamique de résistances institutionnelles, opérationnelles et sociales pérennise la régression.

3. Note récapitulative

Figure 1 : Schéma récapitulatif de l'articulation de la transition énergétique à Madagascar au regard de l'interculturalité



En définitive, la figure ci-dessus démontre qu'au regard de l'interculturalité, l'analyse de la reproduction et de la résistance débouche sur une transition énergétique qui articulée sur une nature biface. Cette antinomie révèle tout de même une concomitance malgré sa complexité. La dynamique de cette nature biface est à double sens, combinant en même temps des flux de progression (force d'attraction) et de régression (force de répulsion) selon la contextualisation des ingénieurs. Elle n'est donc pas stagnante mais circonstancielle puisqu'elle dépend des administrations, des avoirs, des pratiques socioculturelles et des sensibilités. Ainsi, organiser la convergence du modèle de transition énergétique à Madagascar est imprudent car il se doit de tenir compte, constamment, de cette dualité concomitante et relativiste. En somme, au regard de l'interculturalité chez les activités d'ingénieur de l'énergie à Madagascar, la transition énergétique est, simultanément, l'objet de mimétisme et de syncrétisme.

Références bibliographiques

Ambroise, B. (2008). *Performativité et domination*. En ligne <https://halshs.archives-ouvertes.fr/338353>

Crispi, V. (2015). L'interculturalité. *Le Télémaque*, 1(1), pp. 17-30.

- Lavallée, E., Razafindrakoto, M. & Roubaud, F. (2010). Ce qui engendre la corruption : une analyse microéconomique sur données africaines. *Revue d'économie du développement*, 3(3), pp. 5-47.
- Lepineux, F., Rose, J., Bonanni, C. & Hudson, S. (2019). *La RSE, la responsabilité sociale des entreprises, Théories et pratiques*. Dunod.
- Maertens, L. (2014). *Entre sécurisation de l'environnement et environnementalisation de la sécurité : le défi de la sécurité environnementale à l'ONU, CERISCOPE Environnement*.
- Morin, J. (2015). Les régimes internationaux de l'environnement. *L'Enjeu mondial : L'environnement*. Paris : Presses de Sciences Po, pp. 113-123.
- Murat, L. (2020). *La « cancel culture », dernier recours d'une population sans autre voix que l'Internet*. Le Monde. En ligne <https://www.lemonde.fr>
- Pesqueux, Y. (2010). Le développement durable, une « théorie » floue et ambiguë. *Veille et développement durable*. Hermes-Lavoisier, pp. 25-47.
- Rajoelina, S. (2017). Energies nouvelles renouvelables et changement climatique à Madagascar : les paradoxes d'une nouvelle donne géographique. *Actes du colloque international développement : espace, territoire et changement climatique*. Université d'Antananarivo, pp. 106-120.
- Rakotobe, H. (2020). *Ressources stratégiques-British Petroleum se met au vert*. En ligne <https://lexpress.mg/31/10/2020/>
- Ranaivojoana, K. (2012). Energies renouvelables et développement : État de la situation à Madagascar. Université d'Antananarivo.
- Ranaivoson, F. (2011). *Intégration de l'adaptation au changement climatique dans le schéma communal d'aménagement pour le développement durable (SCADD). Cas de Mariarano dans le nord-ouest de Madagascar*. Université d'Antananarivo.
- Rasamindisa, A., Berrio-Smith, A., Ravaoarisoa, C. & Crehay, R. (2015). Les techniques de carbonisation améliorées : le cas de la région de Boeny. *Arina Le charbon de bois à Madagascar, entre demande urbaine et gestion durable*. CITE & CARAMCODEC, pp. 79-91.
- Razanadrasoa, J. (2009). *Contribution à la recherche de solution au délestage, Cas de la JIRAMA Mahajanga*. Université d'Antananarivo.
- SADC. (2018). *Rapport d'étape sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique 2018*. SADC.
- Taylan, F. (2013). L'interventionnisme environnemental, une stratégie néolibérale. *Raisons politiques*, 4(4), 77-87.
- Tecsol. (2020). *Le financement de la plus grande centrale solaire de Madagascar (20 MW) est bouclé pour 16,2 millions EUR*. En ligne https://tecsol.blogs.com/mon_weblog/2020/10
- Temmerman, M., Andrianirina, R. & Richter, F. (2019). Performances techniques et environnementales du four de carbonisation Green Mad Retort à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, 340 (2), pp. 43-55.
- Verhaegen, D., Randrianjafy, H., Rakotondraoelina, Andriatsitohaina, H., Trendelenburg Rakotonirina, M., Andriamampianina, N., Montagne, P., Rasamindisa, A., Chaix, G., Bouillet, J. & Bouvet, J. (2014). Eucalyptus robusta pour une production durable de bois énergie à Madagascar : bilan des connaissances et perspectives. *Bois et forêts des tropiques*, n° 320 (2) Eucalyptus Robusta, pp. 15-30.

Com. # 4

Sghaier Amira - Analyse économique de la gestion des déchets à Dakar : cas de la commune de médina

Résumé

Le financement de la collecte des déchets demeure un défi énorme pour le gouvernement sénégalais notamment dans la région de Dakar. Ce papier vise à évaluer le consentement à payer par les ménages de la commune de Médina pour améliorer le financement de leur système de collecte des déchets ménagers. Pour ce faire, la méthode d'évaluation contingente a été utilisée et nous sommes parvenus aux résultats que les ménages de la commune de Médina sont disposés à contribuer à une fourchette comprise entre 4 200 FCFA et 10 320 FCFA par an afin d'améliorer le financement de la collecte des déchets. Les autorités communales peuvent donc augmenter les taxes relatives à la collecte des ordures ménagères afin d'accroître l'efficacité dans la gestion des déchets.

Mots-clés : Développement durable Gestion des déchets, Consentement à payer, Méthode d'évaluation contingente, Sénégal.

I. INTRODUCTION

De nos jours, les ordures ménagères constituent de plus en plus une menace importante à la santé humaine et au bien-être des individus. En effet, dans la plupart des villes africaines et plus particulièrement au Sénégal, la collecte des déchets est un énorme défi pour les gouvernements locaux en raison des ressources maigres et limitées disponibles. A ce titre, le coût de gestion des déchets est en moyenne 20% des budgets municipaux dans la plupart de ces pays (BM, 2018).

La gestion des ordures ménagères, au Sénégal, exige d'importants moyens financiers qui surpassent facilement les maigres budgets des communes (Diawara, 2009) plus particulièrement la commune de Médina. Cependant, les déchets ne sont éliminés par les ménages que de manière sporadique et lorsqu'ils sont collectés, ils sont amassés dans une décharge publique, ce qui crée de très graves problèmes environnementaux et sanitaires.

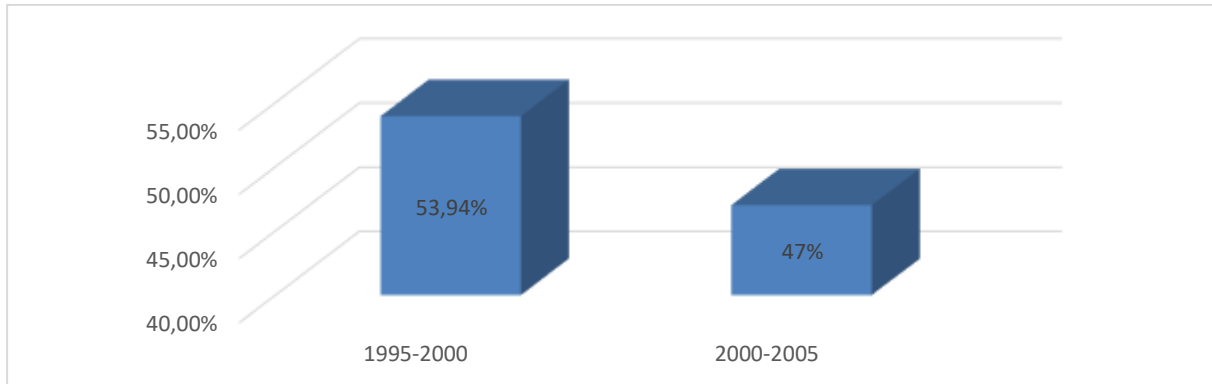
La Région de Dakar connaît, de nos jours, en matière de gestion des ordures, un statut particulier qui permet de faire intervenir aussi bien l'État que les collectivités locales. Cette particularité est due à de nombreux facteurs tels que politique, socio-économique, etc. Ainsi, l'histoire de la gestion des déchets solides municipaux de Dakar se décline comme un long chapelet d'errements dans ses orientations politiques et stratégiques.

La quantité de déchets électroniques, au Sénégal, a plus que doublé passant de 872 tonnes en 2008 à 2157 tonnes en 2015, en raison de la forte progression du nombre d'abonnés au réseau téléphonique. Évidemment, on note une augmentation spectaculaire du nombre d'abonnés à la téléphonie mobile, ces dernières années au Sénégal. Ce nombre est passé de 4 135 719 en Mars 2008 à 14 065 291 en Juin 2014 soit 240,09%. Ce qui explique la densité des flux de déchets électroniques au Sénégal.

Dans la Capitale, plus précisément la région de Dakar, le taux de collecte est de 60%, ce qui signifie que 40% des ménages de la région ne bénéficie pas du service de collecte formelle porte à porte. Ce déficit a eu comme répercussion une prolifération de dépôts sauvages alimentés par les ménages non pris en charge par le système ou des charretiers qui assurent la collecte pour ces derniers

En comparant la période 1995-2000 à celle de 2000-2005, on constate que les budgets consacrés au nettoyage et à la gestion des déchets ont suivi une augmentation quasi croissante tandis que les quantités de déchets collectés subissent une baisse nette et régulière (voir figure 1).

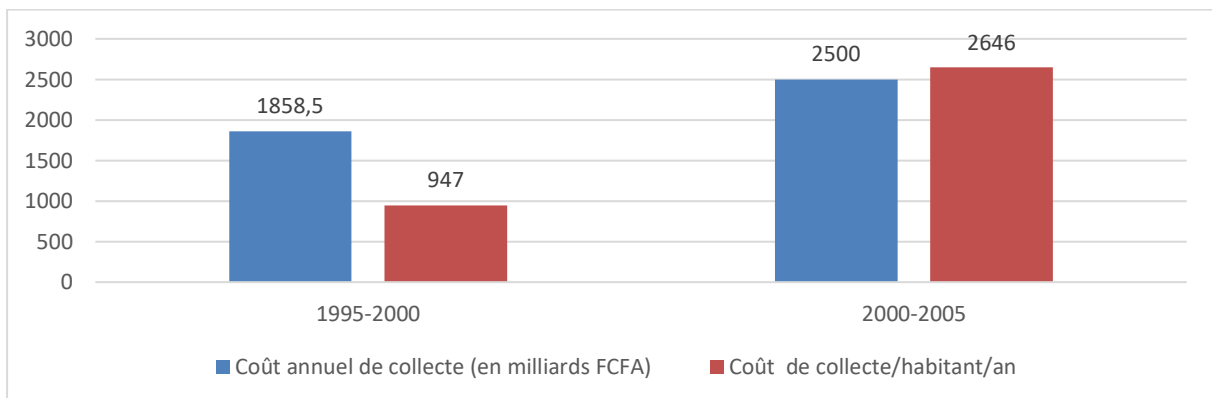
Figure 1 : Taux moyen de collecte des déchets à Dakar



Source : Diawara (2009)

De surcroît, entre 1995-2000, le taux moyen de collecte de déchets était de 53,94% avec un coût annuel évalué à 1,8 milliards de francs CFA soit 947 francs par habitant par an. Par contre, bien que le budget consacré au nettoyage sur la période 2000-2005 soit plus élevé (2,5 milliards), le taux moyen de collecte de déchets plutôt que d'augmenter a baissé et passe à 47%. Ce qui met en relief la baisse tendancielle de la qualité des prestations à Dakar.

Figure 2 : coût de la collecte des déchets à Dakar



Source : Diawara (2009)

Le plastique représente 12,97% du tonnage des déchets solides. En saison sèche, il représente 9,11 % selon l'Unité de Coordination de la Gestion des déchets solides (UCG), en saison humide.

L'échec de la collecte des déchets peut entraîner de nombreux types de conséquences défavorables telles que les mauvaises odeurs, la prolifération des insectes (les mouches et les moustiques), la pollution des eaux souterraines et de l'air, etc. De ce fait, cette situation génère des effets pervers sur la santé publique et l'environnement (Mbaye, 2008).

La littérature existante est quasiment unanime sur les effets pervers de la présence des ordures ménagères sur la santé animale, végétale, humaine et surtout sur le bien-être des ménages vivant

à proximité des décharges publiques des ordures. C'est dans ce contexte que Diawara (2009) souligne que 51% de la population dakaroise n'est pas satisfaite de la gestion des ordures¹ ménagères, ce qui traduit une dégradation de la collecte des ordures. De plus, il souligne que malgré l'accroissement des crédits alloués, la gestion des ordures dans la région dakaroise demeure inefficace.

Nombreux travaux se sont intéressés à la gestion des déchets et leurs impacts sur l'environnement qui constituent un essor considérable dans la littérature théorique et empirique, mais il existe un pan important dans le financement de la collecte des déchets. La taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM) est la contrepartie d'une prestation de service rendue par les services communaux aux propriétaires immobiliers, collectée par le Trésor au profit des communes. Cette taxe est établie d'après la valeur locative des immeubles servant de base à la contribution foncière. Le taux maximum de la taxe est fixé à 3,6% pour Dakar et 3% pour les autres communes du Sénégal. C'est pour cette raison que cette présente recherche s'est relatée dans ce domaine. Plusieurs questions méritent d'être posées : Comment le ménage fait le financement de la collecte des déchets à Medina ? Le financement de la collecte des déchets est-il nécessaire ? Comment réduire les déchets dans cette commune ?

Pour répondre à ces interrogations, nous fixons comme objectif d'évaluer le consentement à payer par les ménages de la commune de Médina pour améliorer le financement de leur système de collecte des déchets ménagers. Ainsi, pour atteindre cet objectif, nous allons utiliser la méthode d'évaluation contingente, à l'aide du calcul du consentement à payer par les ménages pour bénéficier d'une modification de la qualité de l'environnement (Desaigues et Point, 1993).

Ainsi, cette présente recherche est organisée comme suit. La section 2 présente la revue de littérature. La section 3 présente la méthodologie de recherche. La dernière section expose les résultats et les implications des politiques économiques.

II. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Nous nous intéressons à l'état de la littérature sur la gestion des ordures ménagères. Les travaux de recherche existants sont quasiment unanimes sur les effets pervers de la présence des ordures ménagères sur le bien-être des ménages vivant à proximité des décharges publiques des ordures. Par exemple, en étudiant le cas des déchets solides à Dakar, Diawara (2009) indiquait que 51% de la population dakaroise n'est pas satisfaite de la gestion des ordures² ménagères (*ce qui traduit une dégradation de la collecte des ordures*). L'auteur ajoute que malgré l'accroissement des crédits alloués, la gestion des ordures dans la région dakaroise demeure inefficace. Quant à Mbaye (2008), il étudie le mécanisme d'amélioration du financement du système de collecte des déchets ménagers à Dakar, en utilisant la méthode d'évaluation contingente. L'auteur aboutit aux résultats que le consentement à payer des ménages est bien au-delà de ce qui est effectivement collecté via la Taxe d'Enlèvement des Ordures Ménagères (TEOM³).

La qualité des institutions est également évoquée dans les travaux sur la gestion des déchets au Sénégal. Ainsi, Dia (2010) a mis l'accent sur la complexité institutionnelle qui caractérise la filière des ordures ménagères au Sénégal. Il souligne que l'inefficacité observée dans la gestion des déchets au Sénégal serait due à l'incohérence constatée dans les politiques sectorielles telle que le problème de clarification des rôles, des attributions et des responsabilités

¹ L'indice de satisfaction des personnes interrogées suit une courbe décroissante quasi constante qui épouse celle de la dégradation effective des taux de collecte (Diawara, 2009).

² L'indice de satisfaction des personnes interrogées suit une courbe décroissante quasi constante qui épouse celle de la dégradation effective des taux de collecte (Diawara, 2009).

³ C'est une taxe forfaitaire imposée par les autorités locales pour financer la collecte des déchets.

institutionnelles. De plus, Wari (2012) se focalise sur la problématique de la gestion des déchets ménagers urbains dans le 8eme arrondissement de la ville de N'djamena au Tchad. Leur résultat montre que les déchets ménagers sont très mal gérés et sont souvent la cause de nombreuses maladies et pollutions environnementales.

Siham (2012) a étudié la gestion des déchets solides au Maroc plus précisément dans la commune urbaine d'Agadir et leur impact sur le milieu naturel. Les résultats de l'auteur indiquent que malgré les efforts des acteurs nationaux comme internationaux, la gestion des déchets solides connaît encore un certain nombre de dysfonctionnements. En outre, il souligne que le plus grand problème demeure le traitement ou l'élimination des déchets solides dans la ville d'Agadir.

Quant à Nguyen (2016), il a mis l'accent sur l'analyse économique de la gestion des déchets ménagers à partir d'une enquête réalisée auprès de 416 ménages dans la ville de Hanoï et de 444 ménages dans la ville d'Hochiminh. Ses résultats indiquent que les ménages vietnamiens sont disposés à payer respectivement environ 0.51 euros et 0.56 euros par mois par ménage pour une amélioration de la qualité du service d'élimination des déchets ménagers.

Pour prendre position dans ces différentes analyses et modèles économétriques, nous allons faire une étude empirique dans la commune de Médina.

III. METHODOLOGIE ET DONNEES

Dans cette partie, nous allons ressortir, dans un premier temps, l'analyse théorique du modèle étudié. Deuxièmement, la présentation et la description des variables et enfin les résultats et discussion de cette présente recherche.

1. Analyse théorique du modèle

La méthode utilisée dans cette présente recherche est la méthode d'évaluation contingente (MEC) suivant Mbaye (2008), pour évaluer le consentement à payer des ménages sénégalais afin d'améliorer le financement de leur collecte des déchets ménagers. En effet, la MEC est une des plus importantes méthodes de révélation directe des préférences individuelles dans le cas de biens et services hors marché⁴ (Desaigues et Point, 1993). De plus, cette méthode est basée sur l'enquête pour relever les valeurs de biens, de services et de ressources (Champ et al, 2003). Elle consiste, en effet, à interroger une population convenablement définie sur son consentement à payer (ou à recevoir s'il s'agit d'estimer une compensation) pour bénéficier d'une modification (ou renoncer à) de la qualité de l'environnement (Desaigues et Point, 1993). Cette technique implique l'interrogation directe des consommateurs afin de déterminer comment ils réagiraient face à certaines situations.

Contrairement aux techniques de marché ou de marché de substitution, les estimations ne sont pas fondées sur le comportement observé ou présumé, mais sur les déclarations d'un individu avec les réponses qu'il exprime dans le cadre de l'enquête. Des questions du sondage sont utilisées pour évaluer les biens et les services publics, tels que la conservation des parcs nationaux, la conservation des espèces, l'amélioration de la qualité de l'environnement (comme l'eau, l'air et les déchets).

⁴ La MEC consiste à une interrogation des consommateurs sur leur disposition à payer, pour bénéficier de l'utilisation d'un service, d'un bien ou d'un actif ou de ne pas supporter un coût, et sur la compensation minimale acceptable, disposition à recevoir, si le bien, service ou actif n'est pas offert ou un coût supporté.

L'évaluation repose sur la réalisation d'une enquête au cours de laquelle on cherche à apprécier le montant que chacun serait prêt à payer, autrement dit le consentement à payer (CAP⁵), pour la préservation ou la restauration d'un bien environnemental. Dans la MEC, on détermine aussi le niveau de compensation (CAR⁶) que les résidents seraient prêts à accepter pour vivre dans un environnement détérioré.

Cette méthode a été pour la première fois proposée aux États Unis par Ciriacy-Wantrup (1947), qui a pensé que l'utilisation d'une méthode d'entrevue directe pouvait être utilisée pour estimer la valeur associée aux ressources naturelles.

Nombreux travaux ont appliqué la MEC pour déterminer la valeur du CAP dans le domaine de l'environnement notamment dans le domaine de la gestion des déchets (Altaf et Deshazo, 1996 ; Rafia Afroz et al, 2009 ; Pek et Othman 2010).

Pour une lecture approfondie sur la méthode d'évaluation contingente, le lecteur intéressé pourra lire Bengochea-Morancho (2005), Heckman et al. (2003), Canals-Cerda et Gurnu (2007). Pour maîtriser les pièges à éviter dans cette méthode, le lecteur peut lire Mitchell et Carson (1989).

2. Présentation du modèle

Suivant Nguyen (2016), Gbinlo (2010), et Fonta et al (2007), nous appliquons la méthode d'Heckman (1979) en deux étapes comme suit :

1ere étape : équation de sélection

La première étape consiste à modéliser la probabilité de fournir une réponse positive à la question « *Etes-vous prêt à contribuer au coût de financement de la collecte des déchets dans la commune de Médina ?* ». La variable binaire ($Z_i=0,1$) capture le choix du ménage i de participer ou non au programme d'amélioration de la qualité de gestion des déchets. Cette décision est supposée s'établir sur la base d'une variable latente, Z_i^* , dont le comportement est modélisé via l'équation (dite de sélection) suivante :

$$Z_i^* = w_i\gamma + \mu_i \quad (1)$$

Avec w_i le vecteur (ligne) des variables explicatives retenues comme déterminants de la décision (γ représente le vecteur (colonne) des paramètres associés) et μ_i le terme d'erreur supposé normalement distribué selon une loi $N(0,1)$. On cherchera à appréhender $\text{Prob}(Z_i = 1)$ via un modèle probit en posant :

$$\text{Prob}(Z_i = 1) = \text{Prob}(Z_i^* > 0) = \Phi(w_i\gamma) \quad (2)$$

avec $\Phi(\cdot)$, la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

À l'issue de cette étape on tire (via la méthode du maximum de vraisemblance) une estimation de γ , $\hat{\gamma}$ et partant de $\text{Prob}(Z_i = 1)$

⁵ Le consentement à payer CAP est le montant maximum qu'un agent économique serait prêt à sacrifier pour obtenir un changement ou éviter quelque chose d'indésirable.

⁶ Le CAR est le montant minimum qu'un agent serait prêt à accepter pour abandonner un bien ou vivre dans un milieu moins favorable, comme un environnement pollué. L'utilisation du CAP ou du CAR dépend du résultat des mesures du surplus hicksien du consommateur que les chercheurs veulent obtenir. Le choix entre les deux est une question de droit de propriété.

avec $Pr ob(Z_i = 1) = \phi(w_i \hat{\gamma})$ (3)

2^{ème} étape : équation de régression de Heckman

Cette étape cherche à fournir une valeur estimée du niveau du CAP des ménages et de l'impact de ses déterminants en se fondant uniquement sur l'échantillon des ménages qui se sont déclarés prêts à payer à ce titre. On ne peut en effet utiliser des observations du CAP déclaré que pour les ménages répondant à $Z_i = 1$.

On supposera que le niveau du consentement à payer (CAP) est déterminé via le modèle linéaire suivant

$$CAP_i = X_i \beta + \varepsilon_i \quad (4)$$

Avec x_i le vecteur (ligne) des variables socio-économiques supposées agir sur la détermination du CAP, et ε_i un terme d'erreur distribué selon une loi normale $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Les termes d'erreur des deux équations sont supposés corrélés de telle sorte que l'on a :

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_i \\ u_i \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_\varepsilon^2 & \rho \sigma_\varepsilon \\ \rho \sigma_\varepsilon & 1 \end{pmatrix} \right]$$

avec $\text{corr}(\mu_i, \varepsilon_i) = \rho$ (5)

L'échantillon constitué des ménages tels que $Z_i = 1$ (cad $Z_i^* > 0$) ne permet d'envisager que l'évaluation d'un montant d'un consentement à payer, espéré conditionnel (la conditionnalité étant liée à la nature même de l'échantillon) donné par

$$E[CAP_i | Z_i > 0] \quad (6)$$

En suivant Greene (2012), on peut montrer que

$$E[CAP_i | Z_i > 0] = X_i \beta + \rho \sigma_\varepsilon \lambda(-w_i \gamma) \quad (7)$$

Avec $\lambda(\cdot)$ le lambda d'Heckman (inverse du ratio de Mills) donné par

$$\lambda(\alpha_z) \equiv \varphi(\alpha_z) / [1 - \Phi(\alpha_z)] \quad (8)$$

où φ et Φ désignent respectivement la fonction de densité et celle de répartition d'une loi normale centrée réduite.

Le modèle de régression correspondant et appliqué uniquement aux données de l'échantillon soumis à sélection via $Z_i = 1$ peut s'écrire comme (équation de régression d'Heckman) :

$$CAP_i = X_i \beta + \beta_\lambda \hat{\lambda}_i + v_i \quad (9)$$

avec $\hat{\lambda}_i = \lambda(w_i \hat{\gamma})$ (valeur calculée à partir de la première étape sur la base des résultats du modèle probit). L'omission du lambda d'Heckman dans l'équation de régression conduirait à un biais dans l'estimation de β (et donc dans l'évaluation du CAP moyen sur la population des ménages concernés).

3. Description des variables de l'étude

Comme l'indique le tableau ci-dessous, cette étude utilise aussi bien des variables quantitatives (l'âge du chef de ménage) que qualitatives. Les variables QGD 1 et 2 permettent d'apprécier la

qualité de la gestion des déchets. Par ailleurs, nous avons utilisé des variables comme le revenu du chef de ménage, existence ou non du service de la collecte (voir tableau 4 ci-dessous).

Tableau 1 : description des variables de l'étude

Variabiles	Nature des variables	Définition des variables
Variabiles Exogènes		
Qualité de la gestion des déchets (QGD 1)	Dummy	1 si le ménage estime que la collecte des déchets est améliorée et 0 sinon
Age du chef de ménage	Numérique et continue	Cette variable s'exprime en année
Qualité de la gestion des déchets (QGD 2)	Dummy	1 si le ménage estime que la collecte des déchets s'est dégradée (ie non améliorée) et 0 sinon
Sexe du chef de ménage	Dummy	1 si le chef de ménage est un homme et 0 sinon
Service de collecte	Dummy	1= lorsqu'il existe un service de collecte dans les environs et 0 sinon.
Revenu du chef ménage	Dummy	1 si le ménage estime avoir moins de 50 000 FCFA par mois, 2 si le ménage a entre 50 000 et 100 000 FCFA, 3 si le ménage dispose d'un revenu compris entre 100 000 et 150 000 Francs et 4 si le ménage dispose d'un revenu supérieur à 150 000 FCFA.

Source : Enquête, 2019

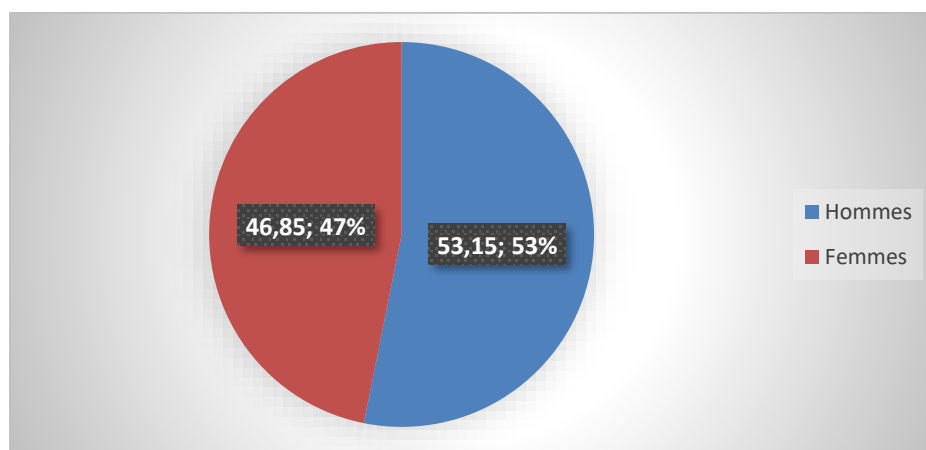
IV. RÉSULTATS EMPIRIQUES

1. Analyse descriptive

a) Pourcentage de l'échantillon par sexe

Comme l'indique la figure ci-dessous, notre échantillon comporte plus de hommes que de femmes dans la commune de Médina. En effet, 53,15% de l'échantillon est constitué d'hommes et 46,85% sont des femmes.

Figure 3 : Population par genre (en pourcentage)

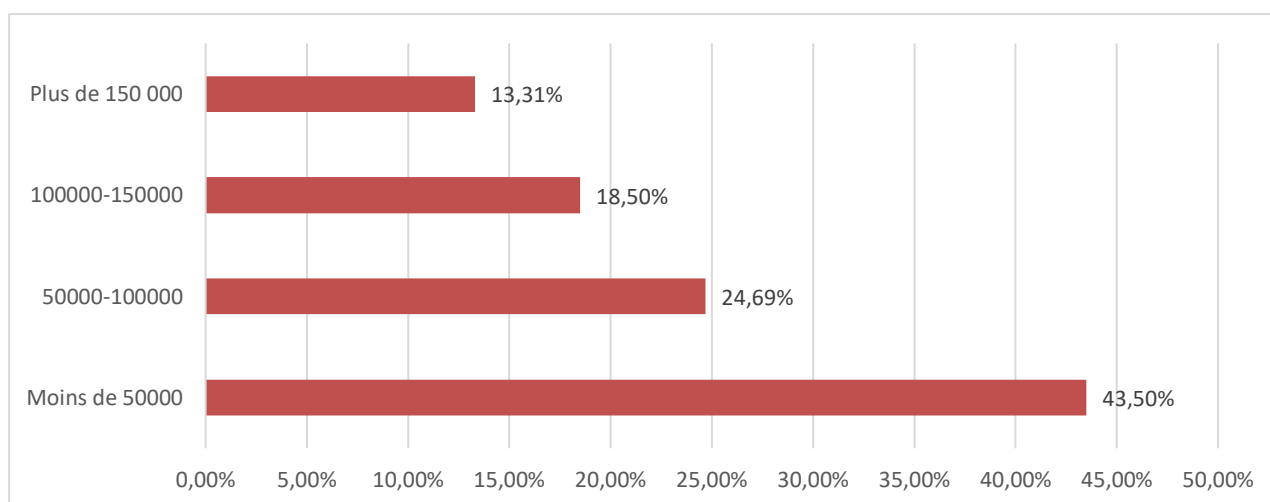


Source : Enquête, 2019

b) Niveau de revenu des ménages à Médina

La plupart des ménages interviewés sont pauvres ayant moins de 50 000 FCFA par mois soit 43,50%. Les ménages disposant d'un revenu compris entre 50000 et 100000 francs CFA sont environ 25% et ceux dont les revenus sont compris entre 100000 et 150000 francs sont autour de 19% (voir figure 7 ci-dessous). Parmi les ménages enquêtés, très peu estiment avoir un revenu mensuel de plus de 150 000 FCFA. Ces statistiques confirment le statut de pauvreté de la commune de Médina.

Figure 4 : Revenu (en FCFA) du chef du ménage enquêté à Médina



Source : Enquête, 2019

c) Contribution à l'amélioration de la collecte des déchets

Le tableau ci-dessous présente les statistiques sur la contribution des ménages à l'amélioration de leur système de collecte des déchets. Plus de la moitié des ménages a accepté de contribuer au financement de la collecte des déchets (52,45%). Ceux qui ne sont pas favorables sont d'environ 47,55%. Avec un âge moyen de 37 ans, les ménages sont disposés à payer en moyenne un montant de 4580,42 FCFA par an pour l'amélioration du système de la collecte des déchets.

Tableau 2 : Disposition à payer des ménages à Médina

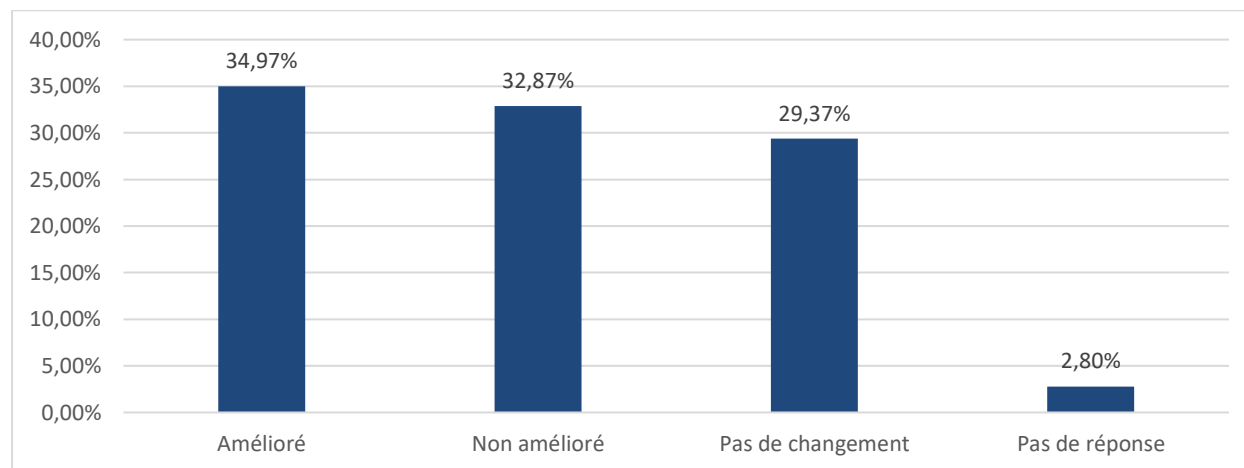
Variabes	Obs	Moy	Min	Max
Age	143	37,40	18	61
CAP	143	4580,42	0	30000
Accepteriez-vous contribuer au financement du système de collecte des déchets ?				
Oui		Non		Total
52,45%		47,55%		100%

Source : Enquête, 2019

d) Appréciation du système de collecte des déchets

À la question de « comment appréciez-vous le système de collecte des déchets dans la commune de Médina ? », globalement 62,24% des ménages estiment que le système de collecte des déchets est défaillant (32,87% des ménages évoquent une non amélioration dans la collecte et 29,37% estiment qu'ils n'observent aucun changement en terme d'amélioration) tandis que 34,97% estiment que le système s'est amélioré (voir figure 8).

Figure 5 : Appréciation du système de collecte des déchets à Médina



Source : Enquête, 2019

2. Résultats empiriques

Le tableau 6 présente les résultats relatifs à l'équation de sélection et le tableau 7 présente les résultats de l'équation de 2^{ème} étape. L'équation de sélection a été estimée à l'aide de l'ensemble des observations, y compris celles qui ont donné un CAP positif et celles qui ne l'ont pas fait. L'analyse du tableau 6 nous indique que toutes les variables indépendantes sont significatives à l'exception de « Sexe ». On peut donc conclure que le fait que les ménages soient du sexe masculin ou féminin n'a aucun effet significatif sur la collecte des déchets.

Tableau 3 : Résultats de l'équation de sélection

Variabes	Coef	P-value
QGD1	3,172	0,004
QGD 2	2,982	0,001
Âge	0,012	0,001
Sexe	0,11	0,772
Constant	-3,21	0,002
Lambda	6837,21	0,421
Wald stat	122,42	0,001

NB :

QGD1 signifie la qualité de gestion est 1 si le ménage estime que la collecte de déchets est améliorée et 0 si non

QGD2 signifie la qualité de gestion est 1 si le ménage estime que la collecte de déchets est détériorée et 0 si non. L'hypothèse selon laquelle tous les coefficients de régression sont nuls est rejetée car la statistique de Wald est de 122,42 (voir tableau 7). Pour la régression de deuxième étape, nous avons utilisé uniquement les observations des individus qui ont exprimé un CAP positif. Les résultats montrent que lorsque les ménages sont âgés, il existe une forte probabilité que leur consentement à payer soit élevé. Car comme l'indique la littérature, les personnes âgées sont plus préoccupées des problèmes environnementaux que celles moins âgées.

Tableau 4 : Résultats de 2eme étape

Variabes	coef	P-value
QGD1	2,72	0,032
QGD 2	3,82	0,501
Âge	0,012	0,001
Sexe	0,132	0,772
Constant	-9,12	0,32

V. CONCLUSION

L'un des gros défis du gouvernement sénégalais est la gestion efficace des déchets. La collecte des ordures ménagères exige d'importants moyens financiers qui surpassent facilement les maigres budgets des communes, ce qui explique la baisse tendancielle observée dans les prestations (services de collecte, de balayage, etc.). L'échec de la collecte des déchets peut entraîner de nombreux types de conséquences défavorables telles que les mauvaises odeurs, la prolifération des insectes (les mouches et les moustiques), la pollution des eaux souterraines et de l'air, etc.

Le but de ce travail de recherche était d'évaluer le consentement à payer par les ménages de la commune de Médina pour améliorer le financement de leur système de collecte des déchets ménagers. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé la méthode d'évaluation contingente. Les résultats de ce travail relèvent que les ménages de la commune de Médina sont disposés à contribuer à une fourchette de prix entre 4 200 FCFA et 10 320 par an dans le but d'améliorer le financement de la collecte des déchets.

Des implications de politique économique peuvent être proposées pour améliorer la collecte de déchets dans la ville de Dakar, plus spécifiquement dans la commune de Médina.

En termes d'implications de politique économique, les autorités publiques et plus particulièrement les autorités communales doivent prendre des mesures nécessaires pour la collecte des ordures ménagères à un niveau optimal.

Références bibliographiques

- Afribone (2019), « Le Mali-Est-ce un Pays de Plastique ? Pour une contribution à l'amélioration de notre cadre de vie », <https://www.afribone.com/le-mali-est-ce-un-pays-de-plastique-pour-une-contribution-a-lamelioration-de-notre-cadre-de-vie/>
- ALTAF, M.A., and DESHAZO, J. R. (1996), «Household Demand for Improved Solid Waste Management: A Case Study of Gujranwala, Pakistan », *World Development*, vol. 24, n° 5, p. 857–868.
- Amadou Béal Diawara (2009), Les déchets solides à Dakar. Environnement, sociétés et gestion urbaine. Géographie. Université Michel de Montaigne - Bordeaux III, 2009. Français. tel-00466516
- CHAMP, Patricia A., BOYLE Kevin J., BROWN Thomas C. (2003). A Primer on Nonmarket Valuation, *Kluwer Academic Publishers, The Netherlands*, 576 p.
- CIRIACY-WANTRUP, S. V. (1947). Capital returns from soil-conservation practices, *Journal Farm Economics*, vol. 29: p. 1181-1196
- DESAIGUES Brigitte et POINT Patrick (1993), *Economie du Patrimoine naturel – La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*, Economica, p.317
- Dia (2010), « Politiques Publiques Sectorielles et Politiques Publiques Territorialisées : Quelle articulation et cohérence dans la politique de gestion des ordures ménagères » Mémoire de Master II, Aménagement du Territoire, Décentralisation et Développement Local, Université Cheikh Nata Diop.
- Mbaye (2008), «Collecting Household Waste in Dakar: Does it Cost That Much? An Application of Contingent Valuation» *CS-BIGS* 2(1): 28-37 <http://www.bentley.edu/csbig/vol2-1/mbaye.pdf>
- E-JICOM INFO (2018), « La région de Dakar produit elle 1500 tonnes de déchets solides par jour ? », disponible sur le lien <http://www.ejicom-info.net/2018/08/06/la-region-de-dakar-produit-elle-1500-tonnes-de-dechets-solides-par-jour/>
- FONTA, W. M., ICHOKU, H. E., OGUJIUBA, K. K., CHUKWU, J. O. (2007), Using a Contingent Valuation Approach for Improved Solid Waste Management Facility: Evidence from Enugu State, Nigeria, *Journal of African Economies*, vol. 17, no 2, p. 277-304.
- GBINLO, R. E. (2010). *Organisation et financement de la gestion des déchets ménagers dans les villes de l'Afrique Sub-saharienne : Cas de la ville de Cotonou au Bénin*. 238 p. Thèse : Sciences Economiques, Université d'Orléans.
- Heckman J. 1979. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica* 47 :153-161.
- Kaza, Silpa ; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.”
- Nguyen (2016), « Analyse économique de la gestion des déchets ménagers au Vietnam : le cas des villes de Hanoi et d'Hochiminh », Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux
- PEK, C.K., and OTHMAN, J. (2010). «Household demand for solid waste disposal options in Malaysia, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, vol. 4, n° 7, p. 294-299

Pierrat (2014), « Les lieux de l'ordure de Dakar et d'Addis Abäba, Territoires urbains et valorisation non institutionnelle des déchets dans deux capitales africaines », Thèse de doctorat, Université Paris1 Panthéon-Sorbonne.

Quotien (2019), « 1 500 tonnes de production journalière : Dakar emballée dans des déchets plastiques », <https://www.lequotidien.sn/1-500-tonnes-de-production-journaliere-dakar-emballee-dans-des-dechets-plastiques/>

SetTIC (2015), « Déchets électroniques au Sénégal », Forum Régional de Normalisation de l'UIT pour l'Afrique, Dakar, Sénégal, 24-25 Mars 2015, présentation Powerpoint, 9 slides.

Siham (2012), « Gestion des déchets solides au niveau de la Commune Urbaine d'Agadir et leur impact sur le milieu naturel », Mémoire de licence, Faculté des sciences et Techniques Marrakech.

UCG (2018), « Plan stratégique de la gestion des déchets solides dans la région de Dakar, 2016-2020 »

Wari S.A. (2012), « Problématique de la gestion des déchets ménagers urbains de la ville de N'Djamena : cas du 8eme arrondissement », Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Tchad.

Willinger M. (1996), « La méthode d'évaluation contingente : de l'observation à la construction des valeurs de préservation » *Nature, Sciences, Sociétés* 4(1) :6-22.

Dupont Ludivine, Martin Alice et Guillaume Jean-Baptiste - *Comment intégrer et valoriser l'écoconception pour basculer vers de nouveaux modèles d'affaires*

DUPONT Ludivine, MARTIN Alice, GUILLAUME Jean-Baptiste
IAC Partners, 21 rue Fortuny, 75017 Paris

Résumé

L'écoconception est une méthode de développement industriel qui consiste à intégrer l'environnement dès la conception d'un produit ou d'un service, et lors de toutes les étapes de son cycle de vie.

Il est d'usage dans l'industrie de considérer l'écoconception comme un gadget dont l'objectif est de s'acheter une image de responsabilité. Mais c'est là manquer l'essentiel d'une démarche de transformation qui permet in fine de construire de nouveaux modèles d'affaires et de pérenniser ses activités.

Il s'agit en réalité de concevoir le produit de manière à réduire son impact environnemental lors des 5 étapes de son cycle de vie : extraction des matières premières, processus de fabrication, transport, usage et de fin de vie. C'est sur les deux dernières étapes : l'usage et la fin de vie du produit, que l'écoconception peut devenir le catalyseur d'un nouveau cycle de croissance pour l'entreprise en venant compléter la responsabilité environnementale avec un avantage concurrentiel durable.

Cet article se propose d'illustrer à l'aide de cas concrets comment initier une démarche d'écoconception au sein d'une organisation tout en répondant à l'exigence de critères de faisabilité technique, de maîtrise des coûts et de réponse aux attentes des clients.

Mots-clés : écoconception, marché secondaire, cycle de vie produit.

Introduction

Dans le contexte actuel (pression normative, pression financeurs et clients), les industriels doivent mettre un point d'attention à développer des services et produits prenant en compte les enjeux environnementaux et sociaux. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'écoconception [Jeswiet et al, 2004]. L'objectif de ce mode de conception est de réduire les impacts négatifs du produit, service ou bâtiment sur l'environnement sur l'ensemble de son cycle de vie, tout en conservant ses qualités d'usage. Le cycle de vie d'un produit étant décomposé en cinq phases définies par la norme ISO 14 040 [Norme ISO 12040, 2006] : l'extraction des matières premières, la production, la distribution, l'utilisation et la fin de vie.

Dans ce sens, de nombreuses normes et réglementations Européennes et Françaises ont été mises en place. Les normes ISO 14040 [Normes ISO 12040, 2006] et 14044 notamment, ainsi que la norme NF X30-264 [AFNOR, 2013]. La loi anti-gaspillage votée en 2020 formule l'obligation d'un plan d'éco-conception pour certaines filières [Loi 2020-105, 2020].

Ainsi, dans ce contexte social et réglementaire, l'enjeu pour les entreprises est d'allier respect de l'environnement (modèle d'affaire durable, conception environnementale), rentabilité économique et valeur pour le client. L'éco-conception et l'éco-innovation semblent donc pouvoir être sources de valeur importante pour l'entreprise, et aujourd'hui nombre d'entre elles adressent cette problématique [Puaut, 2008]. Cependant, elles se focalisent principalement sur les phases d'extraction des matières premières (moins de matériaux ou matériaux plus durables) et de production (réduction d'énergie nécessaire ou utilisation d'énergie plus propre), les phases d'usage et de fin-de-vie étant rarement adressées et généralement vues comme une source d'augmentation des coûts.

Ainsi, cet article présente deux études de cas mettant en lumière l'approche d'éco-conception déployée au sein d'une organisation, qui permet de répondre à l'exigence des critères de faisabilité technique, de maîtrise des coûts et de réponse aux attentes des clients.

Étude de Cas

1. De nouveaux designs pour de nouveaux usages : le Fairphone

- *Contexte*

L'industrie des smartphones est particulièrement représentative de la linéarité entre utilisation des ressources et consommation. La fabrication d'un smartphone utilise plus de 70 matériaux, dont des matériaux précieux et terres rares, notamment l'étain, le tantale, le tungstène et l'or qui sont les minéraux de conflit les plus couramment exploités, également connus sous le nom de "3TG" (Tungsten, Tin, Tantalum, Gold).

Or, plus d'un milliard de ces appareils sont vendus par an dans le monde, tandis que 30 millions d'appareils seraient non utilisés [ADEME, 6].

La fin de vie de ces appareils est donc particulièrement problématique, et l'usage consommateur en est un des principaux leviers : 88 % de Français changent leur téléphone alors qu'il fonctionne encore (sortie d'un nouveau modèle, incapacité de le réparer de façon simple et peu onéreuse...) [ADEME, 2018].

Ces constats soulignent non seulement un enjeu climatique et social important mais aussi l'existence d'une véritable opportunité commerciale. De plus, certaines réglementations en

vigueur (la loi anti-gaspillage pour une économie circulaire [Loi 2020-105, 2020] par exemple) et la veille réglementaire obligent les constructeurs à se tourner vers une économie circulaire.

C'est le pari qu'a fait Fairphone en 2013, ayant pour objectif de développer un téléphone plus équitable, modulaire, qui permettra à l'utilisateur de changer simplement toutes les pièces et de recycler son téléphone, le tout en surveillant l'origine des matériaux utilisés.

- *Démarche*

Dans le but de mettre en place une filière smartphone en économie circulaire, l'entreprise Néerlandaise a mis en place de nombreuses démarches sur les 5 piliers, en utilisant des matériaux recyclés (>40 % dans le Fairphone 3+ [FAIRPHONE, 2018]), en sélectionnant avec soin ses fournisseurs, mais aussi en favorisant l'utilisation des voies ferroviaires plutôt qu'aériennes. Dans la suite, nous nous intéresserons principalement à la démarche mise en place sur les deux derniers axes : l'usage et la fin de vie.

Sur ces axes, les leviers actionnés par Fairphone ont été respectivement le Design et les Partenariats.

Le choix de la modularité est le principal facteur différenciant et d'impact. La modularité, et donc la possibilité de pouvoir changer les pièces et son téléphone individuellement, que ce soit pour les réparer où pour les mettre à jour (caméra plus récente, batterie plus importante...) est un changement d'usage important. Cela permet par ailleurs à l'utilisateur de garder son téléphone à jour et en bon état plus longtemps, en ligne avec les observations de l'ADEME qui a évalué qu'il faudrait au moins 5 ans d'utilisation pour que l'impact environnemental de l'usage du smartphone soit équivalent à celui de sa fabrication, alors qu'ils sont aujourd'hui changés en moyenne tous les 2 ans.

Le deuxième levier important ici est le recyclage et le traitement de fin de vie, qui consiste en un changement d'usage mais aussi d'écosystème. Fairphone permet à ces utilisateurs d'envoyer gratuitement leur ancien téléphone (et les pièces détachées) pour être recyclé ou réutilisé. L'entreprise a notamment mis en place une politique de réduction de prix d'achat pour l'envoi d'un ancien téléphone.

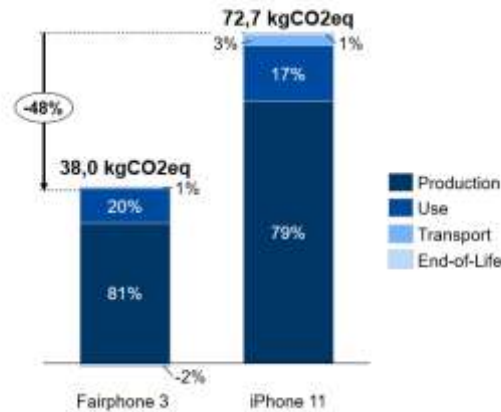
Concrètement, l'entreprise a développé des partenariats, notamment avec la société Teqcycle et a mené de nombreuses études rendues publiques sur les filières recyclage des différents matériaux.

Le Fairphone semble donc être un cas d'écoconception dans le design produit (création d'un design modulaire), qui permet d'actionner des leviers d'usage du smartphone sans pour autant changer radicalement les habitudes consommateurs. Il travaille aussi sur toutes les étapes du cycle de vie pour permettre une réduction globale de l'impact environnemental et social, le tout avec une rentabilité économique.

- *Résultats*

Selon l'Analyse de Cycle de Vie du Fairphone 3 [FAIRPHONE, date non spécifiée], son impact climatique est de 39,5 kg CO₂eq. La décomposition du bilan carbone du Fairphone est disponible ci-dessous, et mis en comparaison avec l'iPhone 11 [APPLE, 2019].

Impact climatique des smartphones



Le Fairphone 3 produit 32,5 kgCO₂eq de moins qu'un iPhone 11 (dont 4,3kg de moins sur l'usage et 1,5kg sur la fin de vie). Si l'on cherche à quantifier économiquement cet écart en se basant sur les rapports du GIEC et la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, qui estime le coût carbone à 100 €/tCO₂eq en 2030 [Loi 2015-992, 2015], et en se basant sur les 37,7 millions d'unités vendues pour l'iPhone 11, Apple aurait perdu 112,5 millions d'euros.

Pour ce qui est de la viabilité du modèle d'affaire, le tableau suivant présente la situation financière de l'entreprise historiquement et projetée (deck de levée de fond, 2018) illustrant les objectifs de CA de l'entreprise et d'EBITDA (environ 13 % du CA en 2021). En comparaison la moyenne industrielle se situe en général entre 10 et 15 % mais on relève 29 % pour Apple en 2019, et 23 % pour Samsung mais -22 % pour Huawei.

x €1,000	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Revenue	16,014	12,475	16,478	13,572	13,097	50,817	66,279	94,452
Cost of goods sold	13,249	9,101	13,896	10,373	9,583	35,594	47,422	67,906
Gross margin	2,765	3,374	2,582	3,199	3,513	15,223	18,858	26,545
Personnel cost	1,694	2,024	3,169	3,941	4,878	5,545	6,047	6,526
Marketing & communication	324	271	419	n/a	851	2,134	2,784	3,967
Value chain*	n/a	n/a	n/a	n/a	782	594	904	1,034
Other cost	594	988	935	1,347	1,885	2,364	2,366	2,367
EBITDA	152	91	-1,941	-2,089	-4,883	4,586	6,757	12,652

* Value chain costs (including sourcing fairer materials) are not specified in the historic financials

Avec 220 000 téléphones vendus entre 2013 et 2019, l'entreprise s'aligne avec ses prévisions. Les parties détachées représentent environ 7 % des revenus totaux : l'intégration de telles pièces représente un marché supplémentaire atteignable pour les constructeurs mobiles.

2. De nouveaux modèles d'affaires pour de nouveaux usages : Michelin

- Contexte

Les transports en France sont responsables de 31 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) et 40 % des émissions de CO₂ [SDES, 2019]. Dans le cadre de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC), à l'horizon 2050, il est prévu que le secteur des transports n'émette plus aucun GES

(hors transport aérien). Ce défi est considérable, notamment pour les poids lourds, représentant plus de 20 % des émissions de transport [CITEPA, 2019].

Au sein de ce segment, les pneumatiques sont partie intégrante de l’empreinte carbone [Jaegler et al, 2014]. Les analyses de Cycle de Vie réalisées par Michelin montrent que plus de 95 % de l’impact environnemental d’un pneu pour poids lourd intervient pendant la phase d’usage [MICHELIN, 2019].

Ainsi, les organismes ont mis en place des réglementations, notamment le Règlement 1222/2009 sur l’étiquetage des pneumatiques précisant que les informations sur la contribution du pneu à la consommation de carburant et à l’adhérence sur sol mouillé soient affichées systématiquement.

La réduction de l’empreinte carbone des pneumatiques est donc un véritable sujet de réduction d’impact des TRM mais aussi de mise aux normes et de préparation aux normes futures. Selon un rapport de l’APCC et l’ADEME de 2017, le secteur de Transport Routier de Marchandises est un secteur de grande activité, avec 37 200 entreprises de transport (pour compte d’autrui), 420 000 personnes et 300 000 véhicules pour un chiffre d’affaires d’environ 44 Mds €.

C’est dans le contexte de ce marché que nous allons étudier le positionnement d’une offre de Michelin, pionnier de l’économie de fonctionnalité.

- *Démarche*

L’entreprise Michelin lance en 2001 Michelin Fleet Solutions, une offre consistant en la prise en charge, par Michelin, de la gestion du parc de pneumatiques de grosses flottes de poids lourds pour optimiser leur performance, au travers d’une moindre consommation de carburant et de pneumatiques, qui se concrétise dans une facturation des kilomètres parcourus.

La démarche vient tout d’abord de deux progrès technologiques de Michelin : Le pneu Energy et X-one, ces deux produits représentent une véritable avancée pour le groupe mais l’appétence client ne suit pas. L’entreprise décide donc de proposer ce service, impliquant un plus faible coût apparent pour les clients, une réduction de leurs coûts organisationnels, une augmentation de productivité et une sécurité assurée.

Ainsi, le modèle de consommation change, passant d’un modèle de vente de produit à un service, impliquant un positionnement de la valeur différent : Michelin a intérêt à garder le plus longtemps possible un pneumatique dans le circuit. S’en suit logiquement l’importance accrue de la réparabilité, du recyclage et donc de la réduction des déchets et une moindre consommation de ressource. C’est en cela que l’économie de la fonctionnalité constitue l’une des composantes clés de l’économie circulaire.

- *Résultat*

L’offre, de par la grande valeur perçue par le client, est directement un succès. MFS représentait en 2008 50 % de parts de marché, plus de 250 millions d’euros de chiffre d’affaires, plus de 500 contrats signés et plus de 270 000 véhicules sous contrats en Europe.

Pour l’impact écologique, le service a permis aux clients de Michelin d’utiliser moins de carburant ou encore de conserver leurs pneus 2,5 fois plus longtemps qu’avec des pneus classiques (grâce à la maintenance et au rechapage) ce qui correspond à une économie de 36 % par rapport au remplacement.

L’offre permet pour Michelin une économie directe de matières premières au travers du « cycle des 4 vies du pneu » : grâce au suivi, le pneu est enlevé avant d’être trop usé ; il peut ainsi être recréusé et réchappé plusieurs fois.

Conclusion

Les deux opportunités présentées ci-dessus permettent de mettre en avant quelques leviers de corrélation entre faisabilité technique, valeur client, impact commercial et durabilité.

Est soulignée l'importance d'intégrer l'Analyse de Cycle de Vie dans sa démarche commerciale et stratégique, dans l'objectif de développer de nouveaux produits et modèles d'affaires innovants en amont de son secteur.

La prise en considération de l'étape d'usage client du produit ou du service coïncide avec les démarches actuelles de Design Thinking et permet de développer des solutions durables, économiquement intéressantes et en accord avec le besoin client.

De plus, la phase de fin-de-vie du produit est une véritable source de revenus supplémentaires peu exploitée par les industriels : la remise en circulation du produit ou la réutilisation des matériaux peut être une source de gain directe pour l'entreprise, mais aussi une véritable opportunité pour adresser des nouveaux marchés.

Références bibliographiques

Jeswiet, J., and M. Hauschild. 2004. "Eco-design and future environmental impacts." *Material and Design* 26 :629–634. Kurdve, M., and O. Mont. 20

ISO 14040 :2006(fr) Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre

AFNOR, E. (2013). NF X30-264: Environmental Management-Support for the Establishment of an Ecodesign Approach.

LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et l'économie circulaire

Puaut, M. (2008). L'éco-conception : une valeur ajoutée pour les entreprises et un enjeu futur de compétitivité ? In *Annales des Mines-Realites industrielles* (No. 4, pp. 85-93). ESKA.

Les impacts du smartphone. Technical report, Ademe, 2018.

Site web de Fairphone: <https://shop.fairphone.com/fr/fairphone-3-plus>

Life Cycle Assessment of the Fairphone 3, Fraunhofer IZM, [LCA of the Fairphone 3](#)

Product Environmental Report iPhone 11 September 10, 2019, APPLE, [iPhone 11 Environmental Report September 2019 \(apple.com\)](#)

LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (1)

Comptes des transports en 2018, SDES, août 2019

[CITEPA, 2019] Citepa, rapport Secten 2019

Jaegler, A., & Gondran, N. (2014). Estimating the carbon footprint of a road freight firm, perspectives to mitigate these emissions. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 6(3-4), 239-254.

MICHELIN, Document d'Enregistrement Universel (DEU), 2019, p. 176

Com. # 42

Bouzin Antoine - À la recherche de l'« ingénierie durable » : le déplacement militant de l'engagement écologiste

Doctorant en sociologie au [Centre Émile Durkheim](#)

Ingénieur [ENSEEIH](#)

Centre Émile Durkheim (UMR 5116, CNRS, Sciences Po Bordeaux, Université de Bordeaux)
antoine.bouzin@u-bordeaux.fr

Résumé

L'intensité croissante des effets visibles du changement climatique semble inaugurer une nouvelle séquence pour les mouvements sociaux écologistes en France. La présence d'une fraction croissante d'ingénieurs ne paraît ainsi plus anecdotique et se manifeste d'ailleurs dans la création récente de plusieurs collectifs associatifs militants, parmi lesquels *Ingénieur-es engagé-s*, *Together for Earth*, *La Bascule* ou encore *Pour un réveil écologique*, dédiés à la défense des intérêts écologistes. La mobilisation de ce corps professionnel, adversaire désigné de la cause dans les années 1960-70, soulève de nombreuses interrogations en ce qui concerne son *ethos* historiquement façonné par des logiques modernes et anthropocentriques. Les transformations à l'œuvre au sein des mouvements écologistes dans les années 1980, en particulier dans l'adoption d'une vision environnementaliste et de l'expertise comme registre d'action, se présentent finalement comme des conditions de possibilité de cet engagement. Prêtant généralement peu d'intérêts aux enjeux du monde social, les ingénieurs expérimentent alors un processus de « politisation pragmatique » à travers leur investissement militant qui se traduit notamment par une réévaluation de leur cadre de perception du monde socio-politique d'une part, et de leur représentation des sciences d'autre part.

Mots-clefs : Ingénieurs ; Modernité ; Militantisme écologiste ; Politisation pragmatique ; *Cause Engineering*.

Introduction

Face à la menace de l'urgence écologique causée par les activités anthropiques (IPCC, 2014), le rapport *Our Common Future* publié en 1987 sous l'égide de l'ONU introduit la notion de « développement durable ». Les principes de ce nouveau modèle ont pour objectif de concilier la croissance économique et la protection de l'environnement, et apportent une première réponse aux vives préoccupations alors exprimées par les ONG environnementales.

Symboles de la modernisation industrielle, les ingénieurs constituent en France les « *boucs émissaires constants* » (Lascoumes, 1994, p. 8) de la cause écologiste. Formés à résoudre des problèmes scientifiques et techniques, ils se déclarent d'ordinaire peu concernés par les enjeux politiques (Michon, 2008). Toutefois, l'émergence de nouvelles organisations militantes composées parfois exclusivement d'ingénieurs et investies dans les mobilisations récentes (e.g. marches pour le climat, désobéissance civile) soulève de nombreuses questions.

Ce mode d'engagement, caractérisé par la participation à des actions collectives, nous laisse-t-il entrevoir un mouvement d'« écologisation » à l'œuvre dans les pratiques et les activités de l'ingénieur ? Observe-t-on les prémices d'une ingénierie « écologique » et « durable » ? Comment s'impliquent les ingénieurs face à ces nouveaux défis écologiques ?

Nous tenterons de répondre à ces interrogations en trois temps. Nous chercherons d'abord à préciser les perceptions et les interprétations du monde qui fondent l'*ethos* des ingénieurs. Nous analyserons ensuite comment la cause écologiste est devenue un objet d'expertise environnementale saisissable par ce corps professionnel. Enfin, nous étudierons la façon dont le militantisme bouleverse les représentations entretenues à l'égard de l'espace socio-politique et des sciences.

L'*ethos* moderne des ingénieurs

Exclusivement au service de l'État dès le XVIII^e siècle à travers leur intégration aux « Grands Corps », les ingénieurs français ont d'abord pour tâche de répondre aux besoins militaires, économiques et administratifs du pays (Shinn, 1978). Néanmoins, le foisonnement des innovations scientifiques et techniques qui accompagne la première révolution industrielle transforme la nature de leurs activités professionnelles. Deux phénomènes s'observent concomitamment dès le milieu du XIX^e siècle : d'une part la création de nouvelles écoles entièrement consacrées à la mise en œuvre pratique des savoirs théoriques, et d'autre part la réorientation des ingénieurs vers le secteur privé qui s'explique par le besoin d'une main-d'œuvre hautement qualifiée. Une téléologie de la modernité tend à s'imposer et assimile le progrès technologique au progrès social et moral. Le processus de modernisation de la société se présente comme un impératif inéluctable, et il appartient dès lors au corps des ingénieurs d'y participer activement par l'aménagement du territoire et la fabrication de machines industrielles (Jarrige, 2014).

L'ère de la modernité, dont les prémices programmatiques sont déjà perceptibles au XVII^e siècle chez les philosophes Francis Bacon et René Descartes, se caractérise par des croyances et des représentations en profonde rupture avec les conceptions antiques du monde. En effet, si ces dernières proposent une vision contemplative d'un cosmos harmonieux et serein, les conceptions modernes décrivent un univers rationaliste fondé sur l'autonomie d'un espace social dépourvu de déterminismes naturels et surnaturels (Goffi, 1988). Empreintes d'une perspective scientiste, ces nouvelles pensées intronisent l'Homme, désormais maître de son destin, au sommet d'une hiérarchie des espèces, affranchi de toute forme de dépendance à l'égard de son environnement naturel. Ces principes modernes se structurent au XIX^e siècle jusqu'à constituer une idéologie dominante, c'est-à-dire une articulation cohérente de schèmes d'interprétation du monde largement partagés. On parle alors du « *Human Exemptionalism Paradigm* », ou « paradigme de l'exemptionnalisme humain » (Catton & Dunlap, 1980).

Héritiers de ce paradigme moderne, les ingénieurs participent à la domestication sans cesse plus conquérante de la nature rendue possible par les découvertes technologiques (Larrère & Larrère, 2015). Leurs pratiques professionnelles reposent sur le contrôle et la maîtrise de l'environnement biophysique perçu comme une réserve inépuisable de ressources mobilisables et mises au service d'objectifs fixés par les entreprises industrielles ou étatiques. Les institutions « enveloppantes » qui composent le curriculum français – les CPGE et les écoles – demeurent les lieux incontournables où, par l'intensité de la formation et la densité des rapports sociaux, les ingénieurs incorporent des dispositions scientifiques et pragmatiques nécessaires au « bon » exercice de leur métier (Darmon, 2015). Ainsi dotés de cadres de perception modernes, ces ingénieurs se définissent eux-mêmes par leur capacité à résoudre des problèmes scientifiques

et techniques complexes, évidemment dépourvue de tous les biais affectifs et irrationnels caractéristiques, selon eux, du monde social.

L'écologie comme objet d'expertise

Le processus de modernisation à l'œuvre dans les pays occidentaux ne se déroule pas sans heurts. De nombreuses protestations apparaissent concomitamment face aux phénomènes récurrents de pollution (Jarrige & Le Roux, 2017), aux dangers suspectés de dégénérescence de l'ordre social et moral (Keucheyan, 2014) ou encore à l'exploitation capitaliste des terres agricoles et du prolétariat (Foster, 2011). Ces récriminations s'accumulent tout au long des XIX^e et XX^e siècles et dénoncent les conséquences néfastes provoquées par les réalisations technologiques des États et des projets industriels – pénurie de ressources, destruction de biodiversité, risques sanitaires, *etc.* Ces critiques de la modernité industrielle sont peu à peu subsumées sous la notion de « cause écologiste ». Cette dernière s'implante durablement dans les mobilisations sociales en France à partir des années 1960-70 et s'oppose farouchement aux décisions politiques et économiques considérées attentatoires à l'égard des intérêts défendus.

Les mouvements sociaux écologistes contribuent, dans la seconde partie du XX^e siècle, à la formation d'une écologie politique dont le double objectif consiste à protéger l'environnement et proposer une nouvelle organisation sociale régulée par des principes écologiques. Les années 1980 laissent néanmoins entrevoir une nette transformation des visées et des modes d'action en vigueur dans les organisations militantes. La participation aux manifestations protestataires se marginalise au profit d'une expertise reconnue par les autorités et institutions publiques et fondée sur une appréhension exclusivement scientifique de l'environnement (Ollitrault, 2008). Promue par les principes du « développement durable » conçus dans les organismes internationaux, la vision « environnementaliste » exprime la cause défendue dans des termes principalement techniques, c'est-à-dire dépouillés de leur dimension sociale et politique. Ainsi réduits, les enjeux écologistes paraissent désormais intelligibles et saisissables par le corps des ingénieurs, car ajustés à leurs dispositions.

Cette expertisation environnementaliste de la cause conduit à l'émergence d'une « *écologie industrielle* » au sein du champ économique (Lascoumes, 2018, p. 68) axée sur la réduction des conséquences environnementales nuisibles. De nouvelles contraintes s'imposent en ce qui concerne l'évaluation des flux d'énergie et de matière. Cette « écologisation » des procédés industriels réoriente dans une certaine mesure les pratiques de l'ingénierie et constitue une opportunité pour agir professionnellement au service de la cause. Nonobstant, cette forme d'engagement présente de sérieuses limites. D'un côté, certaines démarches se réduisent à des stratégies de communication « *greenwashing* » destinées à valoriser l'image de l'entreprise. D'un autre côté, de nombreuses entreprises choisissent de marchandiser la nature – l'eau, les terres, les écosystèmes – au nom de sa protection. Les actions écologiques mises en œuvre par les organisations industrielles apparaissent dès lors fortement contestées (Tordjman, 2021) et suscitent ainsi de nouvelles voies d'engagement pour les ingénieurs.

Un processus de « politisation pragmatique »

Les nombreuses alertes, exprimées par les autorités scientifiques et relayées par les entrepreneurs de cause reconnus au sein du corps, renforcent la sensibilisation des ingénieurs aux enjeux écologistes et leur volonté d'agir efficacement au service de la cause. Les impasses rencontrées à ce titre dans leurs activités professionnelles les incitent finalement à explorer un autre mode d'engagement, jusqu'ici discrédité car perçu comme chargé d'affects et irrationnel, celui du militantisme. La création d'organisations militantes et la participation à des actions

collectives introduisent donc une nouvelle arène, celle des mobilisations sociales, pour défendre les intérêts écologistes. Ces derniers font l'objet de débats intenses parmi les ingénieurs engagés, notamment au sujet des objectifs prioritaires à atteindre, des moyens d'action acceptables et des alliances envisageables. On observe dès lors la circulation et l'affrontement de différents cadrages du problème, c'est-à-dire de plusieurs versions du triptyque « *diagnostic, pronostic, motivation* » (Snow & Benford, 1988).

L'incursion des ingénieurs dans l'espace des mouvements sociaux s'accompagne d'une réévaluation des rapports construits entre « Science » et « Société ». Fondés sur une vision axiomatique et analytique du monde, les schèmes interprétatifs traditionnels apparaissent bousculés par l'engagement militant et interrogent à nouveaux frais la question de la stricte séparation des activités scientifiques et politiques. Issu de l'évolution historique des pratiques scientifiques modernes et occidentales depuis le XVII^e siècle (Licoppe, 1996), ce « Grand Partage » est régulièrement désavoué par les nombreuses controverses socio-techniques qui balisent l'actualité sociale (Latour, 1991) et composent finalement le quotidien des activités professionnelles de l'ingénieur. L'attention portée aux conséquences écologiques parfois désastreuses provoquées par les artefacts technologiques introduits dans la nature produit alors un effet perceptif de ré-encastrement des sciences en société et légitime ainsi, aux yeux des ingénieurs, l'arène politique pour la conduite des actions collectives.

La reformulation des intérêts écologistes inclut donc désormais des interprétations socio-politiques. On assiste dès lors à un processus de « politisation pragmatique » qui traduit cet investissement guidé par une recherche d'efficience au sein de l'arène politique auparavant disqualifiée. Ce phénomène s'ancre à l'échelle des individus et des organisations dans et par la socialisation des mobilisations militantes qui se déploient dans des temporalités moyennes et événementielles (Déloye & Haegel, 2017). Les actions collectives menées s'inscrivent finalement dans plusieurs arènes – scolaire, professionnel, politique - et présentent des innovations tactiques originales, dont des « dispositifs de sensibilisation » (Traïni & Siméant, 2009) orientés vers les pairs, des « boycotts professionnels » exercés à l'encontre des entreprises jugées anti-écologiques, des tentatives pour modifier les offres de formation des écoles d'ingénieurs et, enfin, la création de lieux destinés à l'expérimentation de nouvelles technologies « écologiques et durables ».

Conclusion

L'engagement écologiste transforme les pratiques professionnelles et les cadres de perception du monde acquis par les ingénieurs durant leur formation. L'expertisation de la cause écologiste, incarnée par la notion de développement durable, a rendu ces questions intelligibles pour un corps de métier imprégné d'idéaux modernes et technologiques. Insatisfaits par les contradictions des organisations industrielles et leurs difficultés à agir en leur sein, des ingénieurs choisissent de se tourner vers l'engagement militant. L'implication dans les mobilisations sociales conduit alors à un processus de « politisation pragmatique » et esquisse finalement les contours d'un mode spécifique d'action : le « *cause engineering* », ou l'« ingénierie au service d'une cause » (Bouzin, 2021).

Références bibliographiques

- Bouzin, A. (2021). *Ce que le militantisme « vert » fait aux ingénieurs : un corps au service de la cause écologique ?* Communication présentée au 9^e Congrès de l'Association Française de Sociologie, Lille.
- Catton, W.R., & Dunlap, R.E. (1980). A New Ecological Paradigm for Post-Exuberant Sociology. *American Behavioral Scientist*, 24(1), 15-47.
- Darmon, M. (2015). *Classes préparatoires*. Paris : La Découverte.
- Déloye, Y. & Haegel, F. (2017), Politisation. Temporalités et échelles. Dans O. Fillieule (dir.). *Sociologie plurielle des comportements politiques* (pp. 321-346). Paris : Presses de Sciences Po.
- Foster, J.B. (2011). *Marx écologiste*. Paris : Amsterdam.
- Goffi, J.-Y. (1988). *La philosophie de la technique*. Paris : PUF.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014*. Geneva, Switzerland, 151 p.
- Jarrige, F. (2014). *Technocritiques*. Paris : La Découverte.
- Jarrige, F. & Le Roux, T. (2017). *La contamination du monde*. Paris : Seuil.
- Keucheyan, R. (2014). *La nature est un champ de bataille*. Paris : La Découverte.
- Larrère, C. & Larrère, R. (2015). *Penser et agir avec la nature*. Paris : La Découverte.
- Lascoumes, P. (1994). *L'éco-pouvoir*. Paris : La Découverte.
- Lascoumes, P. (2018). *Action publique et environnement*. Paris : PUF.
- Latour, B. (1991). *Nous n'avons jamais été modernes*. Paris : La Découverte.
- Licoppe, C. (1996). *La formation de la pratique scientifique*. Paris : La Découverte.
- Michon, S. (2008). Les effets des contextes d'études sur la politisation. *Revue française de pédagogie*, 163(2), 63-75.
- Ollitrault, S. (2008). *Militer pour la planète*. Rennes : PUR.
- Shinn, T. (1978). Des Corps de l'État au secteur industriel : genèse de la profession d'ingénieur, 1750-1920. *Revue française de sociologie*, 19(1), 39-71.
- Snow, D.A. & Benford, R.D. (1988). Ideology, Frame Resonance, and Participant Mobilization. *International Social Movement Research*, 1(1), 197-217.
- Tordjman, H. (2021). *La croissance verte contre la nature. Critique de l'écologie marchande*. Paris : La Découverte.
- Traïni, C. & Siméant, J. (2009). Pourquoi et comment sensibiliser à la cause ? Dans C. Traïni (dir.). *Émotions... Mobilisation !* (pp. 11-34). Paris : Presses de Science Po.

Atelier 5 - Penser la transition – Animateur : David OGET

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
37	MANO-AVRIL Sophie	Le bras armé du capitalisme est un métier d'hommes : réflexion autour du métier d'ingénieur
39	SORIYA Anya	Penser la durabilité : repenser l'enracinement de l'ingénieur dans son milieu terrestre

Com. # 37

Mano-Avril Sophie - *Le bras armé du capitalisme est un métier d'hommes : réflexion autour du métier d'ingénieur*

Sophie Mano-Avril, CyTech, Pôle Humanités-Design

Docteure en histoire sociale, spécialiste du genre, admise au CAPES et qualifiée aux fonctions de MCF en section 21, le tout à l'Université de Toulouse Le Mirail, elle est enseignante/chercheuse depuis 14 ans dans les écoles d'ingénieurs. Professeure permanente à CYTECH (Cergy-Paris Université), vacataire dans d'autres institutions, elle dirige aujourd'hui le département d'enseignement Sciences Humaines et Communication au sein du pôle Humanités de CYTECH. Elle est chercheuse associée aux laboratoires AGORA et CRESCO.

Résumé

L'idéal de la modernité scientifique et technique triomphante a toujours été centrale pour l'ensemble des métiers de l'ingénierie. Aujourd'hui confrontés à l'urgence et aux différents enjeux environnementaux, ces métiers, longtemps bras armé d'un capitalisme destructeur de planète, se trouvent acculés à une remise en question qui se voudrait rapide. Cette dernière est pourtant poussive et insatisfaisante. C'est que le métier d'ingénieur est l'acteur principal du « Capitalocène » (Malm 2017), l'exécutant du capitalisme d'entreprise. Il est aussi, et ce n'est pas un hasard, l'archétype du métier d'hommes, porteur de valeurs et de représentations ancrées du côté masculin. Il fait figure aujourd'hui de dernier bastion professionnel à ne pas avoir cédé à l'importante percée de la féminisation. Cette résistance à la féminisation est le résultat d'une longue histoire de ces métiers écrite au masculin (Marry, 2004). Nous proposons de nous appuyer sur la pensée écoféministe, sur l'histoire et l'anthropologie et de montrer que, de tout temps, cette profession s'est construite dans une double domination : l'exclusion des femmes et la maîtrise de la nature.

Mots-clés : genre, écoféminisme, capitalisme/capitalocène, anthropocène histoire, anthropologie

Introduction

L'idéal triomphant de modernité scientifique et technique a toujours été centrale pour l'ensemble des métiers de l'ingénierie. Aujourd'hui confrontés à l'urgence et aux différents enjeux environnementaux, ces métiers, longtemps bras armé d'un capitalisme destructeur de planète, se trouvent acculés à une remise en question qui se voudrait rapide. Cette dernière semble pourtant poussive et insatisfaisante comme le montre le discours de fin d'études, devenu viral sur la toile, de cet étudiant Centralien à Lyon en 2018 : Clément Choisine. A contre-courant des discours à éloges ayant cours lors des remises de diplômes, il a choisi de parler de son dilemme : *Comme bon nombre de mes camarades, alors que la situation climatique et les inégalités ne cessent de s'aggraver, que le GIEC pleure et que les êtres se meurent : je suis perdu, incapable de me reconnaître dans la promesse d'une vie de cadre supérieur, en rouage essentiel d'un système capitaliste de surconsommation[...]* Quand sobriété et décroissance sont

des termes qui peinent à s’immiscer dans les programmes centraliens, mais que de grands groupes industriels à fort impact carbone sont partenaires de mon école, je m’interroge sur le système que nous soutenons. Je doute, et je m’écarte¹. Face à cette situation de dissonance, beaucoup d’étudiants, comme Clément Choisine, renoncent à mener une carrière traditionnelle à la solde de grandes firmes qui ne changeront jamais de cap pour se convertir à une stratégie de décroissance.

Il est vrai que le métier d’ingénieur occupe une place particulière dans la fomentation de l’Anthropocène. Quand, en 2000, est né ce concept², il fut immédiatement discuté. Le choix de la racine *anthropos* (être humain en grec ancien) sous-entendrait injustement une responsabilité de l’humanité toute entière dans la dégradation des ressources naturelles. D’autres termes furent proposés. Pour Andreas Malm, le réel responsable, c’est le capitalisme industriel né en Angleterre au XIX^e siècle qui a ensuite conquis les pays occidentaux puis le monde et c’est le concept de « Capitalocène » qui est favorisé (Malm, 2017, Malm, Hornborg, 2014). Associée au capitalisme, il y a la technologie, et c’est elle qui impacte en tout premier lieu les milieux de vie. Pour cette raison, Alf Hornborg préfère parler de « Technocène ». (Hornborg, 2018). D’autres chercheurs se sont penchés sur les rapports inégalitaires et de domination qui définissent l’action géologique de l’espèce humaine. Certains groupes en détruisent, exploitent et soumettent d’autres dans des rapports sociaux asymétriques (Mies et Shiva, 1993). Christophe Bonneuil et Jean-Baptiste Fressoz mentionnent « l’Oliganthropocène », causée par une petite fraction de l’humanité, une sorte d’oligarchie constituée des plus riches, souvent occidentaux, qui fixent pour le reste du monde les standards de consommation et qui exploitent une grande partie des ressources mondiales (Bonneuil et Fressoz, 2019). Le genre représentant une structure de division des plus puissantes, c’est la masculinité qui est mise en cause dans certaines études (Handelman et Allister, 2004, Fleming 2016), notamment celles de Martin Hultman, sociologue suédois. Pour ce dernier, ce sont les hommes blancs et occidentaux, cadres dirigeants scientifiques ou ingénieurs qui génèrent par leurs actions le plus de problèmes environnementaux et promeuvent un discours climato-sceptique (Hultman, 2019). Jim Fleming, lui, reprend l’acronyme WEIRD (Henrich et al. 2010) définissant les *Western, Educated, Industrialized, Rich and Democratic males with superman complexes* pour dénoncer les folles méthodes des spécialistes de la géo-ingénierie (Fleming 2017). Carolyn Merchant dénonce les ambitions dominatrices des « bourgeois conquérants » (Merchant 1980). Ne serait-il pas question ici de « Manthropocène »³ concept énoncé par Kate Raworth dans *The Guardian* en 2014 ?

Capitalocène ? Technocène ? Oliganthropocène ? Manthropocène ? Quel que soit le concept envisagé, la figure de l’ingénieur se retrouve en tête de proue. Capitalocène ? L’ingénieur est l’exécutant du capitalisme d’entreprise. Technocène ? La conception et la maîtrise de la technologie sont dans les mains des ingénieurs (Alquier, 1979). Oliganthropocène ? Particulièrement en France, par le système des Grandes Écoles, les ingénieurs font corps, souvent façonnés au sein d’institutions à l’identité très forte. Dans *La noblesse d’État*, Pierre Bourdieu réunit diverses études menées sur les grandes écoles en France et met au jour les mécanismes de la reproduction sociale, de l’élitisme à la française et la fabrication d’un entre soi concentrant pouvoirs et privilèges (Bourdieu, 1989). Manthropocène ? Ce métier est aussi, et ce n’est pas un hasard nous le verrons, l’archétype du métier d’hommes, porteur de valeurs

¹ *Le Monde*, « « Une perte de sens totale » : le malaise grandissant des jeunes ingénieurs face au climat », 16 avril 2019

² Le terme fut prononcé pour la première fois par Paul Crutzen, chimiste de l’atmosphère et prix Nobel pour ses travaux sur la couche d’ozone. Il s’en sert pour caractériser une nouvelle époque, une révolution géologique d’origine humaine définie par la très forte empreinte humaine sur l’environnement (Crutzen, 2002, Steffen *et al.*, 2011 ; Lorius et Carpentier, 2010)

³ Comme le titre Kate Raworth dans *The Guardian* en 2014 : “*Must the Anthropocene be a Manthropocene?*”

et de représentations ancrées du côté masculin. Un contexte propice à l'expression pleine et entière de la « masculinité hégémonique » telle que la décrit Reawyn Connell (Connell, 1995). Il fait figure aujourd'hui, dans la majeure partie des pays occidentaux, de dernier bastion professionnel à ne pas avoir cédé à l'importante percée de la féminisation. Cette résistance à la féminisation est le résultat d'une longue histoire de ces métiers écrite au masculin (Marry, 2004).

La question est ici de montrer en quoi la transition prise au sens large, c'est-à-dire tant au sens environnemental que social (enjeux liés à la diversité et à la féminisation de ces métiers) est peut-être plus difficile dans les milieux de l'ingénierie que dans d'autres domaines professionnels⁴. Les pensées féministe et écoféministe nous aident à en comprendre la cause. La genèse de ces métiers serait en effet construite dans une dynamique d'exclusion croisée, celle des femmes et de la nature, selon des processus d'essentialisation, reléguant systématiquement et de toute éternité les femmes du côté de la nature, les ingénieurs, eux, demeurant de l'autre côté : celui de la technique. Et cela retentirait aujourd'hui tant sur la forte partition sexuée au sein de ces carrières que sur le rapport aux nouvelles exigences du développement durable⁵.

Capitalisme / Ingénierie : une évolution symbiotique

Le constat du primat des métiers de l'ingénierie au sein des systèmes capitalistes est incontournable. L'ingénieur, c'est l'entreprise et l'entreprise, c'est le capitalisme. Hélène Vérin et André Grelon montrent en quoi les ingénieurs sont les pivots des sociétés modernes. Hélène Vérin établit même un parallèle entre les chevaliers des sociétés médiévales et les ingénieurs dans nos sociétés modernes : aux premiers, l'honneur du guerrier chevaleresque, aux deuxièmes, la gloire du génie scientifique mis au service de l'industrie (Vérin 1993, Grelon 1986). Le cadre privilégié du métier est l'entreprise. Au milieu du XX^{ème} siècle, Georges Ville tentait de dégager les fonctions de l'ingénieur au sein de la cellule sociale et économique qu'est l'entreprise moderne (Ville, 1956). Déjà à cette époque, ce n'était pas une affaire aisée car la diversification des activités des ingénieurs est toujours plus importante, toujours plus stimulée par les différents progrès techniques, innovations et apparitions de nouveaux secteurs.

Derrière cette difficulté à définir le métier et à cerner une identité claire pour les ingénieurs se cache leur omniprésence. Dans l'entreprise, ils sont partout, ils se fondent dans la population des cadres. Cette récurrence extrême signe une relation fusionnelle entre capitalisme et ingénierie, une sorte de symbiose au sens biologique du terme. Et à chacune des trois étapes de l'Anthropocène, mises en évidence par les historiens, les ingénieurs sont sur le devant de la scène. Tour à tour précurseurs, accélérateurs ou sauveurs, ils sont les emblèmes des processus destructeurs mis en cause dans les récits des historiens spécialistes d'histoire environnementale tels John Mac Neill (Mac Neill 2010). La première phase est la période dite de la « Révolution thermo-industrielle » mue par le charbon puis par le pétrole. Dès 2000 Paul Crutzen posait la machine à vapeur et son créateur, l'ingénieur écossais James Watt, comme initiateurs de l'Anthropocène (Crutzen, 2000). Avec l'avènement des machines fonctionnant à l'énergie fossile, l'ingénieur est au centre du triangle acier/charbon/vapeur et de la chaîne d'exploitation depuis l'extraction jusqu'à la fabrication. Une deuxième phase de l'Anthropocène s'ouvre après

⁴ <http://www.cdefi.fr/fr/ecoles-ingenieurs>, chiffre du mois, avril 2021, n°87 : difficile féminisation des formations d'ingénieurs

⁵ Définition de la responsabilité sociétale des entreprises (RSE) par la Commission européenne : *l'intégration volontaire par les entreprises de préoccupations sociales et environnementales à leurs activités commerciales et leurs relations avec les parties prenantes. Une entreprise qui pratique la RSE va donc chercher à avoir un impact positif sur la société tout en étant économiquement viable.*

1945 et est taxée de « Grande Accélération ». Cette dernière est caractérisée par une poussée exponentielle des impacts humains due notamment au désir de consommer, le nouveau *deus ex machina* de la dynamique économique occidentale (de Vries, 2008). Et c'est la science des ingénieurs qui va nourrir cette dynamique, une dynamique qui va s'emballer. Les ingénieurs ont mis en place « les infrastructures de la société de consommation » (Bonneuil et Frescoz, 2019) à travers par exemple la généralisation du taylorisme puis du fordisme ou l'avènement de l'obsolescence programmée, qui, dans les années 50, força les ingénieurs à passer du côté de la conception à celui de la destruction (Slade, 2007). La troisième phase de l'Anthropocène aurait débuté autour de l'an 2000. Elle signe une prise de conscience croissante de l'impact humain sur l'environnement global et des effets secondaires du capitalisme. Ici encore, pour sauver la planète l'appel est fait aux scientifiques et aux ingénieurs. Dans un article introduisant le concept d'Anthropocène en 2002, Paul Crutzen imagine un sauvetage de l'humanité par la science et l'ingénierie : « une tâche redoutable attend les scientifiques et les ingénieurs qui auront à guider la société vers une gestion environnementale soutenable » (Crutzen, 2002).

C'est aussi au gré de ces évolutions, des besoins toujours croissant des entreprises et de l'apparition de nouveaux secteurs que les formations d'ingénieurs se sont institutionnalisées (Marry, 2004 ; Grelon, 1987 ; Vérin, 1998). Tour à tour précurseurs, accélérateurs, sauveurs ou formés dans des institutions créées en fonction de ses besoins, il est évident que les métiers de l'ingénierie flirtent depuis son origine avec le capitalisme dans une sorte de co-construction, de co-dépendance qui fait d'eux les bras armés du système et finalement des artisans coupables du Capitalocène. S'il est aujourd'hui difficile pour ces derniers de négocier le tournant du développement durable, c'est par la nature intrinsèque de leurs métiers, attachés depuis toujours à des valeurs et fonctionnements industrialistes et productivistes mis au service de l'entreprise capitaliste.

Métiers de l'ingénierie : domination de la nature et exclusion des femmes

L'histoire et l'anthropologie montrent comment l'ingénierie s'est construite et institutionnalisée dans une double domination, voire même une double exclusion : celle de la nature allant de pair avec celle des femmes, dans une assimilation essentialiste de l'une aux autres, reléguant très classiquement les femmes du côté de la nature. Du côté de la technique, les ingénieurs, eux, se positionnent en maîtrise de cette dernière ; ils s'extirpent d'elle pour pouvoir l'instrumentaliser, l'exploiter et concevoir. Maîtres de la nature, ils sont portés aux nues. Le culte de l'ingénieur est né avec Saint-Simon en période post-révolutionnaire où l'« enthousiasme technophile » traverse alors une partie des élites, puis, à partir du XIX^{ème} siècle, la société toute entière (Audier, 2019).

C'est la philosophie de Francis Bacon qui initia ce monde nouveau ; il fut le père du projet de domination de la nature. Carolyn Merchant a analysé précisément l'œuvre majeure de Bacon, *De dignitate et augmentis scientiarum* et y a relevé le vocabulaire de la violence, de l'interrogatoire judiciaire et de la domination sexuelle⁶. On peut violer la nature comme on viole une femme (Merchant, 1980). C'est que, longtemps, la nature a eu le visage d'une femme. Carolyn Merchant montre comment la vision baconienne de la nature a, au XVII^{ème} siècle, supplanté la vision organiciste et holistique d'une nature féminine, celle de la mère nourricière. C'est à l'époque moderne en Occident, avec l'essor de la puissance technique et l'avènement du capitalisme d'entreprise, que le visage de la nature va changer (Merchant, 1980 ; Larrère, 2012). Elle ne sera dorénavant considérée que comme un ensemble de moyens mis à disposition

⁶ 1623

des hommes, des entreprises et des ingénieurs, toujours plus nombreux, qui les servent. Pour Carolyn Merchant et Silvia Federici, ce tournant est matérialisé par un événement historique majeur : la chasse aux sorcières, si violente en Europe à la fin du XVI^{ème} siècle. Dans *Le Caliban et la sorcière*, Silvia Federici corrèle cette répression avec l'apparition du capitalisme et voit en elle la destruction du pouvoir des femmes, un pouvoir fait de pratiques, de rapports collectifs, de connaissances ancestrales, construit au plus proche des forces de la nature ainsi que l'instauration d'un nouvel ordre patriarcal (Federici, 2014).

De la domination conjointe et croisée des hommes sur les femmes et la nature Karen J. Warren a analysé le « cadre conceptuel » en rappelant les diptyques caractéristiques de la pensée occidentale, construits dans des rapports de domination : nature/culture, nature/société, femme/homme, passif/actif, objet/sujet, émotionnel/rationnel, esprit/matière. Les ingénieurs s'y positionnent systématiquement du même côté, celui des hommes, de la culture, de l'activité, du rationnel, de la matière, dans une vision « conquérante et dominatrice » propre au masculin (Warren, 1998). De nombreux éléments expliquent cette invariable opposition. L'univers des ingénieurs est un univers construit par des hommes pour des hommes. Ce groupe professionnel concentre en effet depuis très longtemps un ensemble de distinctions symboliques et pratiques de la domination masculine : l'Eglise, l'armée, le pouvoir d'État, les mathématiques, la maîtrise des techniques et de l'industrie et les rapports d'autorité propres aux activités d'encadrement. Pour Catherine Marry, ce sont des « traits qui fondent la domination masculine » qui, consciemment ou inconsciemment, éloignent les femmes de ces métiers (Marry, 2004). La manière dont la division sexuée des activités s'opère est d'ailleurs largement documentée en histoire et en anthropologie. Pour David Noble « la religion de la technologie » aurait été créée par des clercs célibataires et misogynes, un monde sans femmes où l'ingénieur fait figure de « nouvel Adam » (Noble, 2012). Il n'est pas très surprenant qu'aujourd'hui le nombre d'étudiantes stagne dans les écoles d'ingénieurs malgré les très nombreuses initiatives prises par différentes instances pour favoriser leur intégration⁷.

Vers une perpétuation d'un paradigme démiurgique

Plus précisément dans ces milieux, est toujours constatée une permanence et une volonté de perpétuation de ces rapports de domination et du paradigme démiurgique. En effet, malgré une prise de conscience croissante, certains éléments témoignent d'une résistance des ingénieurs. En mai 1992, au moment où se réunissait, à Rio, le premier Sommet de la Terre, un manifeste était publié à Heidelberg. Les signataires, 425 scientifiques (parmi lesquels de très nombreux prix Nobel), s'inquiétaient « d'assister, à l'aube du XXI^e siècle, à l'émergence d'une idéologie irrationnelle qui s'oppose au progrès scientifique et industriel et nuit au développement économique et social »⁸. Dans *A green fatwa ? Climate change as a threat to the masculinity of industrial modernity*, Jonas Anshelm et Martin Hultman montrent qu'en Suède, dans les années 2000, les chantres du discours climato-sceptique sont des scientifiques ou ingénieurs, d'âge mur et occupant tous des postes dirigeants dans les entreprises ou de hautes fonctions académiques. Tous dénonçaient les déboires d'un monde sans progrès, un progrès sacralisé auquel ils avaient voué leurs vies et carrières (Hultman, 2014).

Venu de la Silicon Valley, le solutionnisme n'envisage-t-il pas de résoudre les grands problèmes du monde grâce aux nouvelles technologies ? Et lorsque la mission des ingénieurs est de sauver la planète ou le climat comme par exemple dans le domaine de la géo-ingénierie

⁷ Programmes d'égalité des chances en contexte académique et professionnel, exemples :

<http://www.ellesbougent.com> ; <https://www.femmes-ingenieurs.org/>; <https://www.femmesetsciences.fr>

⁸ Par Dominique Lecourt dans *Contre la peur. Suivi de critique de l'appel de Heidelberg*, 1993, Paris, Hachette

(ensemble de techniques destinées à manipuler le climat à l'échelle globale, par l'émission d'aérosols soufrés dans l'atmosphère, de fer dans les océans, de satellites miroir autour de la terre, etc), ils le font dans le développement d'une « nouvelle hubris » (Wood, 2017). Comme si les relents du passé avaient du mal à s'effacer, les scientifiques et ingénieurs redeviennent des héros, Jim Fleming parle des *WEIRD supermen*, qui, aidés de leurs hautes technologies vont « réparer le ciel » (Fleming, 2017). Erle Ellis célèbre le *good Anthropocene*, celui où la technoscience sauverait la planète et où la nature serait intégralement absorbée dans la « technosphère du capitalisme contemporain » (Bonneuil et Fressoz, 2019). Positionner l'humain en pilote, c'est encore une fois instrumentaliser la terre, la réifier, la gouverner dans son intégralité. Bonneuil et Fressoz parle de « nouveau géopouvoir » et se demandent si « les scientifiques du système Terre ne sont pas porteurs d'un rapport au monde qui a justement engendré le danger dont ils nous alertent et entendent nous sauver ? ». Difficile donc de se départir des fondements hégémoniques du monde des sciences et de l'ingénierie. Difficile, indéniablement, mais est-ce au moins possible ? Industrie et nature sont-elles conciliables ou feront-elles toujours figure d'oxymore ?

Porteurs d'un héritage marqué par une hégémonie à la fois industrialiste, capitaliste et masculine, fondée sur des valeurs de domination de la nature et du féminin, les métiers de l'ingénierie pourraient aisément être taxés « d'anti-développement durable ». Comment les ingénieurs d'aujourd'hui peuvent-ils se positionner par rapport à l'urgence des enjeux environnementaux et sociaux actuels ? Le souci de la protection de l'environnement, tout comme celui de la diversité, sont aujourd'hui largement présents dans les esprits et entrés dans les entreprises. Depuis les années 90, la RSE (Responsabilité sociale des entreprises) connaît un véritable essor et un « nouvel esprit du capitalisme » est en train de se mettre en place (Molénat, 2014). En France, ce n'est qu'assez récemment que la prise de conscience a émergé. Christelle Didier a bien montré que les questions éthiques ont tardé à s'inscrire dans les discours professionnels des ingénieurs français, en retard par rapport à l'Allemagne ou les États-Unis (Didier, 2008). C'est à notre sens l'histoire du métier décrit plus haut, un peu particulière en France, et les valeurs qui lui sont fondamentalement attachées qui sont en cause. Malgré cette résistance, un tournant est très clairement en train de s'opérer. Les initiatives mettant en action ingénieurs et/ou étudiants ingénieurs fleurissent de toutes parts⁹. Le reflet de cet intérêt assez neuf sont les multiples conférences organisées au sein même des Grandes écoles à l'instar de celle de Mines ParisTech ayant eu lieu en 2019 et intitulée « Ingénieurs et transitions environnementales ». L'exhortation du professeur [Armand Hatchuel](#), dont la conférence figure en introduction des actes publiés en 2020 est plus que jamais d'actualité : *Les ingénieurs ont un devoir particulier : ils ont rendu possible l'anthropocène ! Ils peuvent revendiquer, à juste titre, leur immense contribution historique aux progrès du monde moderne. Mais ils ne peuvent se désintéresser des conséquences dramatiques que ces progrès ont provoquées. Ils doivent participer à limiter leurs conséquences et à rendre l'anthropocène responsable et soutenable* (Collectif MINES ParisTech, 2020). Une nouvelle page de l'histoire du métier serait-elle en train de s'écrire ?

⁹ <https://www.ingenieuses.fr/>; <https://theshiftproject.org/>; <https://refedd.org/>; <https://pour-un-reveil-ecologique.org/fr/>; <https://www.fondation-isaie-superaero.org/fr/actualite/collectif-superaero-decarbo-pour-une-aeronautique-plus-verte.php>

Références bibliographiques

- Alquier, René (1979). *L'ingénieur, les grandes écoles, accès, formation, orientations, carrières*. Paris : édition La Documentation pratique.
- Audier, Serge (2019). *L'âge productiviste : hégémonies prométhéenne, brèches, et alternatives écologiques*, Paris : La Découverte.
- Bonneuil, Christophe et Jean-Baptiste Fressoz (2016), *L'événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous*. Paris : Edition du seuil.
- Bourdieu, Pierre (1989). *La Noblesse d'état, grandes écoles et esprit de corps*. Paris : Editions de minuit.
- Connell, Raewyn (2014). *Masculinités, enjeux sociaux de l'hégémonie*, Paris : éditions Amsterdam
- Crutzen, Paul Josef et Eugene F. Stoermer (2000). « The Anthropocene ». *Global Change Newsletter*, 41, 17-18
- Crutzen, Paul Josef (2002). « *Geology of mankind* ». *Nature*. 415, 23.
- Didier, Christelle (2008), *Penser l'éthique des ingénieurs*, Paris : Presses Universitaires de France.
- Federici, Silvia (2014). *Le Caliban et la sorcière*. Paris : Editions Entre Monde.
- Fleming, James R (2017). “Excuse us, while we fix the sky. WEIRD Supermen and Climate Engineering”. In Sherilyn MacGregor, Nicole Seymour (eds), *Men and Nature: hegemonic masculinities and environmental change* (pp.23-29). RCC Perspectives.
- Grelon, André (1989). « Les universités et la formation des ingénieurs en France, 1870-1914 ». *Formation Emploi*. 27-28, 65-88.
- Grelon, André (éd) (1986). *Les Ingénieurs de la crise : titre et profession entre les deux guerres*. Paris. Editions de l'EHESS.
- Handelman, Alvin et Mark Allister (éds) (2004). *Eco-man: new perspectives on masculinity and nature*. Charlottesville: University of Virginia Press.
- Henrich, Joseph *et al* (2010). “The Weirdest people in the world”. Working paper series of the German Data, n°139.
- Hornborg, Alf (2018). « La magie mondialisée du Technocène ». In Rémi Beau *et al*, *Penser l'Anthropocène* (pp.97-112). Paris : Presses de Sciences Po.
- Hultman, Martin, Jonas Anshelm (2014), “A green fatwa? Climate change as a threat to the masculinity of industrial modernity”. *Norma: international journal for masculinity studies*, 9:2, 84-96.
- Larrère, Catherine (2012). « L'écoféminisme : féminisme écologique ou écologie féministe ». *Tracés. Revue de Sciences Humaines*, 22, 105-121.
- Mac Neill, John (2010). *Du nouveau sous le soleil : une histoire environnementale du XXème siècle*. Paris : Champ Vallon.
- Malm, Andreas (2017). *L'Anthropocène contre l'histoire, le réchauffement climatique à l'ère du capital*. Paris : La Fabrique.
- Malm, Andreas et Alf Hornborg (2014). “The geology of mankind? A critique of The Anthropocene narrative”. *The Anthropocene review*. 1.

- Marry, Catherine (2004), *Les femmes ingénieurs, une révolution respectueuse*. Paris : Belin.
- Merchant, Carolyn (1980). *The death of nature. Women, Ecology and the scientific revolution*. San Francisco: Harper and Row.
- Mies, Maria et Vandana Shiva (1993), *Ecoféminisme*. Londres : Zed Books.
- Molénat, Xavier (2014). « La responsabilité sociale de l'entreprise. Nouvel esprit du capitalisme ? » In Renaud Chartoire, *Dix questions sur le capitalisme d'aujourd'hui*. (pp. 155-162). Paris : éditions Sciences Humaines/ Petite Bibliothèque.
- Noble, David (1979). *Science, Technology and the rise of corporate capitalism*, Oxford: Oxford University Press.
- Slade, Giles (2006). *Made to break. Technology and obsolescence in America*. Cambridge: Harvard University Press.
- Vérin, Hélène (1993), *La gloire des ingénieurs*. Paris : Albin Michel.
- Vérin Hélène (1998), « Ingénieur : l'identité de l'ingénieur, quelques repères historiques ». *Recherche et Formation*, 29, 11-20.
- Ville, Georges (1956). *Le rôle de l'ingénieur*. Paris : édition de l'entreprise moderne.
- Vries de, Jan (2008). *The industrious revolution, consumer behavior and the household economy, 1650 to the present*. Cambridge University press.
- Warren, Karen J. (1998). «The power and the promise of ecological feminism », *Environmental Philosophy. From Animal Rights to radical ecology* (pp. 325-345). New Jersey: M. Zimmerman éd.

Soriya Anya - Penser la durabilité : repenser l'enracinement de l'ingénieur dans son milieu terrestre

Anya Soriya, Institut Polytechnique des Sciences Avancées

Résumé

Les sciences humaines s'évertuent à intégrer le concept de durabilité dans la formation et les activités de l'ingénieur (long terme des processus, pérennité des produits), mais elles n'ont que très peu et que très récemment incorporé une réflexion sur les processus mentaux individuels et collectifs qui rendent possible cette approche. Il semble ainsi primordial de reconsidérer comment notre domaine aborde la relation entre l'ingénieur et la Terre dans laquelle il s'enracine. Cet article se propose donc de s'interroger sur certains concepts directeurs du développement durable (DD), le rapport avec la Terre qu'ils impliquent et l'impact de ce rapport sur l'ingénieur, acteur du DD, sur sa manière de se comprendre et sur les liens sociaux, en portant l'attention sur les aspects neurobiologiques et phénoménologiques de la symbiose entre cet acteur et son milieu de vie. Nous nous appuyons d'abord sur les travaux neuroscientifiques qui traitent de l'évolution actuelle de cette relation en examinant comment la technologie favorise la satisfaction des pulsions primaires au détriment de l'environnement. Nous abordons ensuite les travaux éco-psychologiques qui portent sur le rôle de la nature dans l'engendrement de la psyché et du sensible, de sa connaissance et de sa survie. Nous cherchons par conséquent à montrer comment les approches conceptuelles de ces domaines peuvent nourrir une formation de l'ingénieur au sensible, essentielle à l'évolution vers une société humaine soutenable.

Mots-clés : durabilité, éco-psychologie, cerveau, psyché, sensible

Introduction

Un demi-siècle après le premier Sommet de la Terre à Stockholm, les données scientifiques et les analyses historiques n'ont pas réussi à provoquer un changement de la relation de l'être humain avec son environnement. Les processus mentaux qui jouent un rôle inestimable dans le développement de cette relation ne sont pas suffisamment pris en compte. Dans le contexte de la formation de l'ingénieur, acteur influent sur le devenir de la communauté planétaire, la prise en compte de ces processus cérébraux et psychiques s'avère nécessaire à l'évaluation critique du concept de Développement Durable (DD), souligné dans le rapport Brundtland comme processus de changement pour renforcer la satisfaction des besoins et des aspirations humaines actuels et à l'avenir. Cette prise en compte permet également d'évaluer d'un point de vue tout aussi critique la transition écologique ancrée solidement dans le progrès technique. Les travaux neuroscientifiques qui examinent les processus mentaux et leur rôle dans la création et la satisfaction des besoins, contribuant à la création du sens, nous donnent un éclairage utile sur l'évolution actuelle et possible de la relation entre l'homme et la Terre. L'éco-psychologie apporte un regard complémentaire sur cette relation, traitant son évolution et le rôle de la nature dans l'engendrement de la psyché, et proposant un cadre de compréhension pour rétablir une relation saine. Les approches conceptuelles de ces deux domaines apportent une compréhension

de l'être enraciné dans son milieu terrestre qui est nécessaire dans la formation de l'ingénieur afin de mener au changement de paradigme qui sous-tend une transition vers une société soutenable.

Les motivations du comportement humain

Les travaux de recherches en neurosciences ouvrent des pistes intéressantes de compréhension et de réflexion sur les causes du comportement de l'être humain qui entraîne la destruction de son habitat à partir de ses motivations profondes. En examinant le comportement dévastateur et contradictoire de l'homme du point de vue neurobiologique, Sébastien Bohler le renvoie à une des structures profondes du cerveau à partir de laquelle est activé le système de récompense : le striatum. Chez l'être humain, ce système communique par l'entremise du neurotransmetteur dopamine avec plusieurs structures cérébrales dont fait partie le cortex préfrontal, siège des processus cognitifs parmi lesquels ceux participant au contrôle de l'attention, au comportement orienté vers un but, à la mémoire de travail, à la planification, à l'organisation, au raisonnement et à l'abstraction (Bohler, 2019). Étant donné le rôle critique de la dopamine dans ces processus cognitifs dits exécutifs ainsi que dans les fonctions exploratoires et motrices, le développement de l'intelligence humaine chez les chasseurs-cueilleurs serait attribuable à l'expansion de l'innervation dopaminergique du cerveau humain (Previc, 2009). Cette théorie expliquerait la Révolution cognitive opérée entre 70 000 et 30 000 ans lorsque sont apparues des nouvelles façons de penser et de communiquer et le début de la domination planétaire par notre espèce grâce à sa capacité de planifier des actions complexes dans des groupes plus nombreux et plus soudés et permettant ainsi la transmission de grandes quantités d'informations (Harari, 2011). Néanmoins, le striatum possède un pouvoir énorme sur le plus jeune cortex dû à son rôle majeur dans le renforcement positif et négatif des comportements nécessaires à la survie d'une espèce en les motivant.

Le striatum joue ainsi un rôle important dans la libération de dopamine produisant un état hédonique lorsqu'une récompense est consommée, ce qui déclenche des processus d'apprentissage dont la finalité est la consolidation des objectifs ou des indices spécifiques annonçant la disponibilité de cette récompense et des actions permettant de la consommer (Pignatelli, Bonci, 2015). Depuis un demi-milliard d'années, les actions et les comportements indispensables pour augmenter les chances de survie d'une espèce à court terme sont appris de cette manière chez les vertébrés, les objectifs essentiels étant notamment de se procurer de la nourriture, de procréer, d'acquérir du statut social pour accroître l'accès à la nourriture et aux possibilités d'accouplement, et également de recueillir l'information sur son environnement afin de saisir les opportunités avantageuses et d'éviter les dangers potentiels, tout en minimisant l'énergie dépensée pour le faire (Bohler, 2019). La dopamine est cruciale pour l'incitation motivationnelle à la réalisation de ces objectifs, l'interruption de sa transmission aboutissant à une dépression motivationnelle profonde, celle-ci empêchant le déclenchement de l'action pour les réaliser et l'apprentissage du comportement qui y est lié, mais elle se trouve également fortement impliquée dans la satisfaction des récompenses ne répondant pas à un besoin physiologique immédiat, telle que la consommation des sucreries ou des drogues et l'acquisition de l'argent ou de la connaissance (Previc, 2009).

Lorsque l'un des objectifs essentiels est atteint, le striatum libère la dopamine, et la deuxième fois que les stimuli de l'environnement physique ou social qui ont été codés de ce premier apprentissage « prédisent » que la récompense va suivre, la décharge de dopamine commence avant que la récompense soit atteinte, permettant ainsi de planifier à l'avance et de prendre des décisions en connaissance de cause (Wolfram, 2016). L'émission de dopamine survient de plus en plus tôt pour les résultats anticipés, mais la décharge se reproduit à nouveau lorsque l'objectif est atteint à condition que la récompense dépasse les attentes dû à l'accoutumance à cette

décharge de dopamine émise dès l'anticipation de la récompense. Ceci a pour conséquence, d'une part, de valoriser les résultats supérieurs aux « prédictions » et le comportement les améliorant (Bohler, 2019). D'autre part, le besoin d'une récompense plus grande afin d'obtenir des doses de dopamine plus intenses sous-tend l'addiction due à l'incitation motivationnelle basée sur l'envie (« wanting ») même si la sensation hédonique (« liking ») ne se renouvelle plus (Previc, 2009). Si la récompense ne se produit pas malgré les indices, une erreur de « prédiction » se produit favorisant ainsi l'adaptation par des nouvelles stratégies comportementales et modulant la formation de la mémoire émotionnelle qui y est liée (Pignatelli, Bonci, 2015).

La question du sens derrière les actions

Ce processus de « prédiction » et le contrôle qu'il donne à l'individu dans son milieu lui permet de trouver un ordre intelligible en raison de la cohérence des liens qu'il peut discerner et établir entre l'état de son environnement au moment vécu et son futur état, la capacité d'établir ces liens étant la base de la création du sens dans le monde (Bohler, 2020). Afin d'explicitier les dimensions différentes englobées par cette détermination du sens, il est utile de l'enrichir avec une définition issue des recherches en neurosciences existentielles. Ce domaine transdisciplinaire, s'intéressant aux processus de fonctionnement du cerveau face aux questions de l'existence et tirant ses racines des neurosciences cognitives et sociales ainsi que de la phénoménologie existentielle, aborde le cerveau à partir de son enracinement dans le corps dont il a besoin, tout ceci afin d'exister dans un monde de normes sociales partagées où l'origine du sens s'enracine dans une appartenance relationnelle au monde *a contrario* des représentations mentales comme séparées et indépendantes des objets extérieurs (Iacoboni, 2007). La définition complémentaire du sens précise qu'il renvoie à la cohérence perçue entre les représentations mentales, et plus particulièrement entre les croyances, les objectifs saillants et les perceptions de l'environnement ; le manque de cohérence rendrait nos actions inefficaces, arbitraires et déconnectées de notre environnement, engendrant la dissonance cognitive et empêchant le processus d'identification et d'exécution des objectifs importants (Inzlicht *et al.*, 2011 ; 2012). Lorsque cette cohérence est troublée par une « erreur de prédiction » entre les attentes et ce qui se produit, le cortex cingulaire antérieur, une bande de cortex cérébral connectée au striatum s'active, émettant une onde électrique fonctionnant comme un système d'alarme afin d'inciter l'adaptation (Bohler 2020). Néanmoins, plus les résultats ne se conforment pas aux attentes et que le sens devient indécélable, plus l'activation du cortex cingulaire antérieur s'amplifie, activant une réponse hormonale de stress ayant pour effet d'infuser à l'être l'angoisse, la détresse et la peur, tout ceci entraînant un effet néfaste aux niveaux psychologique et physiologique. Les expériences émanant des recherches en neurosciences existentielles soulignent que lors d'une violation d'attente, l'émission du signal de détresse, ainsi que son intensité, dépendent de la perception d'un sens d'ordre établi avant que cette violation n'ait lieu. Plus un sens d'ordre est établi par des moyens expérimentaux variés avant que des tests cognitifs provoquant des erreurs de prédiction se réalisent, plus l'activation du cortex cingulaire antérieur est différée et diminuée en intensité lorsque la violation d'attente se produit. Les expériences réalisées avec des sujets croyants, quelle que soit la religion, montrent la diminution de signal la plus significative. À l'inverse, plus la réflexion des sujets est dirigée vers des idées d'un monde sans sens d'ordre inhérent, de l'insignifiance de la vie humaine dans le cosmos ou de la mort avant les tests cognitifs, plus le signal de détresse émis devient fort (Bohler, 2020).

Le cortex cingulaire antérieur crée des attentes concernant le déroulement de l'expérience basées sur la fiabilité des « prédictions » faites par rapport aux phénomènes et aux événements

se produisant afin de maintenir le contrôle et de diminuer le degré de désordre provenant des incohérences dans cette grille de lecture du monde à partir de laquelle il crée du sens. C'est cette partie de notre cerveau qui cherche un ordre intelligible du monde à partir des « prédictions » sur l'environnement et sur le comportement des autres, et elle inciterait également à la création des systèmes de sens chez l'homme, s'évertuant à influencer sur son environnement afin de pouvoir mieux prédire et en conséquence mieux contrôler son monde (Bohler, 2020). En abordant le développement des sociétés humaines sous le prisme du contrôle motivant le cortex cingulaire antérieur dans sa quête du sens, Bohler met en évidence l'effritement du sens depuis la révolution scientifique lorsque les visions théologique et cosmologique du monde qui avaient jusqu'alors ordonné l'univers étaient remplacées par la vision mécaniste, et les valeurs sociales des croyances qui servaient à prédire et à contrôler l'environnement naturel et social étaient remplacées par des moyens technologiques. Cette transformation a engendré plus de certitude à l'égard du monde matériel, mais elle a également entraîné plus d'incertitude sur les plans moral et social. À partir du moment où les moyens technologiques ont permis à l'homme de répondre de mieux en mieux à ses besoins matériels, la question du sens a été de plus en plus négligée, une des raisons étant le semblant de contrôle que donnent les technologies qui facilitent la réduction de l'incertitude par rapport à l'avenir, ce que recherche le cortex cingulaire antérieur (Bohler, 2020).

Les recherches en neurosciences existentielles indiquent qu'au-delà d'être seulement des connexions abstraites de l'esprit, le sens constitue un besoin psychologique fondamental, permettant à l'individu d'agir dans son environnement (Inzlicht et al., 2012). Ces recherches neuroscientifiques soutiennent les constatations du psychologue Abraham Maslow il y a près de soixante-dix ans qui fondent sa théorie de la motivation humaine, notamment la hiérarchie des besoins. À la base de cette hiérarchie se trouvent les besoins ou les pulsions physiologiques, suivis par les besoins de sécurité et de stabilité motivant, parmi d'autres choses, la propension à rechercher la cohérence et le sens de l'univers qui se manifestent à travers une conception religieuse ou philosophique du monde (Maslow, 1943 ; 1970). Le sens sous-tend les aspirations humaines que le DD cherche à satisfaire. Avec la privation de ce sens offrant à l'homme la possibilité d'agir de manière cohérente, les moyens technologiques se développent et se répandent, puisant les ressources de la planète pour combler ce manque en faisant appel au système hédonique et les envies dérivées des objectifs essentiels pour la survie qui entraînent des addictions d'un striatum sans limite. Depuis que l'homme a développé des technologies de plus en plus performantes et perfectionnées, aussi bien dans le domaine de l'agroalimentaire, de la production industrielle que dans celui de l'information, il n'est ni entravé par ses propres limites, ni par celles de la nature, portant atteinte à l'équilibre du système terrestre avec le dépassement des limites planétaires dans le but de satisfaire les besoins inassouvissables du striatum. L'objectif de minimiser l'énergie qu'il dépense motive l'homme dans ses efforts persistants de mécanisation, d'informatisation et de « plateformisation » des activités humaines, malgré leurs impacts environnementaux et socio-économiques. Les décharges de dopamine se décuplent lorsque la minimisation d'effort va de pair avec la possibilité de combler le manque de sens instantanément avec la nourriture livrée chez soi, les sites pornographiques, les 'likes' sur les réseaux sociaux et les recherches Google, ces envies étant satisfaites par un clic (Bohler, 2020).

Malgré les effets néfastes pour la santé planétaire et humaine engendrés par les comportements qui assouvissent les désirs, la plupart de ces désirs ayant été créés afin de maintenir la croissance illimitée de l'activité économique sur une planète aux ressources finies, ces comportements ne changent pas facilement en raison du phénomène de la dévalorisation temporelle. Les recherches en psychologie expérimentale sur ce phénomène, débutées par le psychologue Walter Mischel à la fin des années cinquante, montrent qu'un avantage éloigné dans le temps

comporte moins de valeur pour le striatum, celui-ci cherchant une récompense immédiate (Bohler, 2019). La résistance aux tentations de la gratification instantanée exige que les injonctions du striatum soient inhibées par les connexions neuronales du cortex préfrontal. Cette action inhibitrice peut se produire et devenir habituelle, grâce à la plasticité du cerveau, si ces connexions neuronales sont développées : plus on résiste à la satisfaction immédiate, plus les fibres neuronales se renforcent. Inversement, moins la résistance se pratique, plus ces connexions s'atrophient, créant un niveau d'impatience qui s'exacerbe et une capacité d'attention plus limitée (Bohler, 2020).

L'approche éco-psychologique

L'éco-psychologie sert d'approche complémentaire à celles émanant des neurosciences afin de repenser la relation entre l'ingénieur et la Terre, se centrant sur la dimension psychologique du comportement destructif de l'homme envers son habitat. Puisant dans la phénoménologie dont l'éclairage de l'expérience perceptuelle souligne la dépendance de l'esprit à l'égard de la relation de l'être humain avec le monde sensible, l'éco-psychologie cherche à intégrer dans la compréhension de cette relation réciproque les processus inconscients de la psyché qui enracent l'être humain dans la Terre, ainsi que ceux qui le « déracinent » (Abram, 1996). Elle cherche concomitamment à réintégrer le monde non humain dans la psychologie, se basant sur la compréhension que la nature humaine est profondément enracinée dans le monde naturel dès les peuples premiers afin de rétablir une relation saine entre les deux.

Le déracinement de la psyché du monde naturel est attribué, d'une part, à sa « mutilation ontogénique » présente dès la sédentarisation néolithique lors du commencement d'un changement psychogénétique graduel, celui-ci vécu par l'espèce humaine pendant la plupart de son existence sur Terre, participant ainsi au développement de l'altérité débutant dès la relation maternelle et se poursuivant avec la relation que l'enfant développe avec les êtres vivants et les éléments, ce qui pourrait constituer « un dehors internalisé et incorporé comme un autre dedans » (Shepard, 1982). D'autre part, cette désunion résulte du changement de paradigme de la révolution scientifique, du développement des sciences dites objectives basées sur l'élimination de l'expérience subjective de la réalité matérielle, et du dualisme platonico-cartésien en tant que principe organisateur de la pensée occidentale. Ces éléments à l'origine de la vision du monde occidental moderne entraînent l'objectivité supposée de la conscience et de la réalité, la séparation de l'être humain et du monde naturel, perçu comme une collection des objets insensibles, et la division entre la psyché et le corps. La séparation mentale et spirituelle des sensations, des ressentis et des instincts corporels se projette au monde extérieur de la nature, le coupant du monde intérieur de la psyché, et cette scission est à la racine de la relation destructrice de l'homme avec la nature (Roszak, 1992).

Malgré la prise de conscience que la transition vers une société durable dépend d'un changement du comportement vers un mode de vie durable, ce changement reste en attente, motivant ainsi la recherche sur les visions du monde et jouant un rôle fondamental dans la relation entre l'individu et son environnement en tant que systèmes de sens et de la création du sens (Hedlund de Witt, 2014). Les aspects ontologique et épistémologique de la vision du monde occidental moderne, et l'orientation axiologique qui y est liée, sont corrélés négativement avec des attitudes et des comportements en faveur de l'environnement (Hedlund de Witt, 2014 ; 2016). Cette vision véhiculée par les sociétés industrielles modernes, dépeignant l'individu dans la nature comme un hasard dans le cosmos, joue un rôle inconscient sur le sens de l'existence, les valeurs, les désirs et la position de l'individu envers le monde naturel, favorisant l'angoisse, la peur et, à son tour, entraînant la domination, le contrôle et les tentatives de répondre aux désirs inassouvissables, dérivés des objectifs essentiels à la survie,

dus au manque du sens. Par conséquent, la transition à la durabilité exige un changement de perception « afin de voir les besoins de la planète et ceux de la personne comme un seul continuum » (Roszak, 1992).

Un élément crucial de changement de perception, de la manière de voir et de se voir, se base sur une compréhension de la relation interdépendante entre l'homme et le système terrestre. Un exemple de cette interdépendance est la relation co-évolutionnaire de l'être humain avec tous les systèmes biologiques et naturels de la Terre, proposé par l'hypothèse de Gaia de James Lovelock et Lynn Margulis, tirant son nom de la déesse personnifiant la Terre, première divinité à sortir du Chaos selon la cosmogonie hésiodique. Selon cette hypothèse, depuis l'apparition de la vie sur Terre, les êtres vivants agissent de manière active et créative avec la planète pour la former ; ainsi, le potentiel à l'origine de la vie planétaire s'amplifie par toutes les espèces de la biomasse qui agissent de manière symbiotique afin de maintenir l'équilibre dynamique des conditions permettant la vie, l'homéostasie de la Terre (Roszak, 1992). Gaia est reconnue comme un système vivant, complexe, adaptatif et auto poïétique dont les réseaux des relations interdépendantes des systèmes plus simples forment des systèmes plus complexes par l'imbrication, et dont la stratification de plus en plus complexe fait émerger des propriétés à chaque niveau de complexité, celle de l'esprit étant une propriété représentant les dynamiques de l'auto-organisation de chaque système vivant (Capra, 1996). En tant qu'élément d'une vision du monde soutenable, l'intériorisation de ce cadre conceptuel de la relation symbiotique et co-évolutionnaire de l'homme avec les êtres vivants favoriserait l'empathie, permettant dès lors à l'homme d'agrandir la notion de générations présentes et futures et celle de besoins. Au niveau individuel et sociétal, la compréhension de l'être humain en tant que co-créateur de la vie lui permettrait également de retrouver un sens individuel et collectif de ses actions.

Cette manière de conceptualiser la relation entre l'espèce humaine et la vie planétaire permettant de comprendre l'engendrement de la psyché en tant qu'émergence sous-tend la notion de « l'inconscient écologique » de Théodore Roszak. S'inspirant de l'inconscient collectif de la psychologie jungienne, un réservoir des instincts et des archétypes venant du passé ancestral, Roszak propose l'inconscient écologique en tant que réservoir de la trace évolutionnaire liant la psyché à l'histoire cosmique dans sa totalité, celle-ci au cœur de l'esprit et dont la répression est à la racine de la folie de la société industrielle (Roszak, 1992). Recélant le sens inhérent de la réciprocité environnementale, l'éveil de l'inconscient écologique constitue la première étape de la guérison de la relation malade de l'homme avec la Terre. Cet éveil exige une autre conception de l'écologie qui ne se base pas sur la quantification menant à l'abstraction du vivant, rendue plus aiguë par l'hypertrophie des données écologiques, mais sur l'expérience sensible commençant avec la reconnaissance de l'altérité, la sympathie permettant de sentir avec l'autre (Tassin, 2020). Il se base également sur un rapport au monde avec une attention présente, condition de l'expérience du sensible.

Conclusion

Les processus cérébraux et psychiques et leur rôle dans le développement de la relation de l'être humain avec l'environnement doivent être pris en compte et intégrés dans la formation de l'ingénieur, non seulement pour mieux évaluer le concept du DD et une transition basée sur le progrès technique, mais également pour équilibrer la place prépondérante donnée dans la formation pour fortifier la pensée logique et la rationalité technique. Les approches conceptuelles provenant des domaines des neurosciences et de l'éco-psychologie sont ancrées dans une pensée systémique et relationnelle à l'origine d'un changement de paradigme vers une vision du monde écologique. Cette pensée conçoit l'être humain et le milieu vivant comme un

réseau de relations interdépendantes, et elle est essentielle pour influencer sur les décisions de l'ingénieur afin de créer une société soutenable.

L'intégration des outils pédagogiques tels que les fresques, basées sur celle du climat, conçue par Cédric Ringenbach, favorise le développement de cette pensée sur laquelle elles sont fondées. Ces dernières années ont vu apparaître des fresques sur les thématiques aussi variées que le numérique, les déchets, le textile, la mobilité, les low techs, le transport aérien, l'économie circulaire, la construction, la biodiversité, l'océan, la forêt, l'alimentation, l'eau, la ville, et la diversité, pour citer les principales. En mettant en avant les relations multiples entre les causes et les conséquences du mode de développement actuel à travers des ateliers participatifs qui incitent le débat et la recherche des solutions, les fresques permettent d'aborder les questions liées au rôle des processus mentaux dans la création et la satisfaction des besoins. Cette réflexion pourrait également être menée dans les cours intégrant les dimensions multiples de la transition énergétique et éco-sociologique.

L'intégration et la promotion des valeurs collectives et partagées sous-tendant un système de sens commun basé sur la pensée systémique renforceront également la transition vers une société soutenable, et donc, constituent un composant essentiel de la formation des futurs ingénieurs. Reconnue par l'UNESCO en 2003 en tant que cadre éthique du DD et plus récemment en 2019 dans le cadre de l'Éducation au DD pour 2030, la Charte de la Terre se présente comme instrument d'éducation manifestant les interrelations systémiques particulières entre les facteurs écologiques, socio-économiques et politiques. En réponse à l'appel du rapport Brundtland à « une «nouvelle charte » prescrivant de nouvelles normes de comportement nécessaires pour maintenir les moyens d'existence sur notre planète partagée, l'idée de développer la Charte de la Terre a fait partie des préparations du premier Sommet de Rio, le but étant de fournir les fondations éthiques sur lesquelles seraient basés l'Agenda 21 et d'autres accords du Sommet. Suite à l'échec des négociations intergouvernementales concernant cette charte, une initiative civile a été lancée en 1994 par les fondateurs du Conseil de la Terre et de Green Cross International, également membres du Club de Rome, permettant la possibilité d'une participation beaucoup plus large de la société civile au processus de consultation et de rédaction jusqu'en 2000 lors de son lancement. En tant que déclaration d'interdépendance et de responsabilité, la Charte de la Terre propose une vision et une éthique globale cherchant à identifier des objectifs et des valeurs partagés qui transcendent les frontières culturelles, religieuses et nationales, et son intégration dans la formation des futurs ingénieurs donnerait des bases fortes au changement de paradigme vers une vision du monde écologique et soutenable.

Références bibliographiques

- Abram, D. (1996). *The Spell of the Sensuous*. New York: Random House.
- Bohler, S. (2019). *Le bug humain*. Paris : Robert Laffont.
- Bohler, S. (2020). *Où est le sens ?* Paris : Robert Laffont.
- Capra, F. (1996). *The Web of Life*. New York: Anchor Books.
- Corcoran, P. B. (Edit.). (2005). *The Earth Charter in Action: Toward a Sustainable World*. Amsterdam: Royal Tropical Institute (KIT).
- Harari, Y. N. (2011). *Sapiens: A Brief History of Humankind*. London: Vintage Books.
- Hedlund de Witt, A., De Boer, J., Boersema, J. J. (2014). Exploring inner and outer worlds: A quantitative study of worldviews, environmental attitudes, and sustainable lifestyles, *Journal of Environmental Psychology*, 37, 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.11.005>
- Hedlund de Witt, A., De Boer, J., Hedlund, N., Osseweijer, P. (2016). A new tool to map the major worldviews in the Netherlands and USA, and explore how they relate to climate change, *Environmental Science & Policy*, 63, 101–112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.05.012>
- Jacoboni, M. (2007). The quiet revolution of existential neuroscience. In Harmon-Jones, E., Winkielman, P. (eds.), *Social neuroscience: Integrating biological and psychological explanations of social behavior*. New York: Guilford. 439-453.
- Inzlicht, M., Tullett, A. M., Good, M. (2012). Existential neuroscience: A proximate explanation of religion as flexible meaning and palliative, *Religion Brain & Behavior*, 1(3), 244-251. <https://doi.org/10.1080/2153599X.2011.653537>
- Inzlicht, M., Tullett, A. M., Good, M. (2011). The need to believe: a neuroscience account of religion as a motivated process, *Religion, Brain & Behavior*, (3), 192-212.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396.
- Maslow, A. H. (1970), *Motivation and Personality*, 2nd ed. New York: Harper and Row.
- Pignatelli, M., Bonci, A. (2015). Role of Dopamine Neurons in Reward and Aversion: A Synaptic Plasticity Perspective, *Neuron*, 86, 1145-1157.
- Previc, F. H. (2009). *The Dopaminergic Mind in Human Evolution and History*. Cambridge.
- Roszak, T. (1992). *The Voice of the Earth: An Exploration of Ecopsychology*. Grand Rapids: Phanes.
- Schultz, W. (2016). Dopamine reward prediction error coding, *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 18(1), 23-32.
- Shepard, P. (1982). *Nature and Madness*. University of Georgia Press.
- Tassin, J. (2020). *Pour une écologie du sensible*. Paris: Odile Jacob.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford.

Atelier 7 - Outils et méthodes pédagogiques - Animateur : Michel Dubois

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
23	FAUGÈRE-BATTIATO Damien PICOD Aurélia	Les élèves ingénieurs de CYTech en action : le cas des associations vertes
32	HANNIN Hervé TOUZARD Jean-Marc NOUGIER Marc,	Le jeu de rôle prospectif et participatif comme sensibilisation à une approche collective de l'adaptation au changement climatique pour la filière vigne et vin
43	BAGNOLINI Guillaume	Inventaire Fac', biodiversité et science participative sur les campus en France
53	CALIKANZAROS Emma	Associations étudiantes : une voie d'apprentissage de la transition socio-écologique innovante dans les formations d'ingénieurs

Faugère-Battiato Damien et Picod Aurélia - *Les élèves ingénieurs de CYTech en action : le cas des associations vertes*

Damien Faugère-Battiato, Psychosociologue, enseignant Pôle Humanités, CYTech
Aurélia Picod, Docteur en Sociologie, enseignante Pôle Humanités, CYTech
Avec la contribution des acteurs des différentes associations vertes de CYTech

Résumé

Adoptés en 2015 par l'ensemble des États Membres de l'Organisation des Nations Unis, les 17 objectifs pour sauver le monde répondent au programme de développement durable à l'horizon 2030. Dans ce contexte d'urgence écologique et à l'ère géologique de l'anthropocène, les consciences collectives s'animent entre activisme et acrasie. La jeune génération semble se positionner de plus en plus clairement en voulant s'engager dans des actions durables. Le Réseau Français des Etudiants pour le Développement Durable (REFEDD), qui regroupe 145 associations étudiantes et présent dans 88 établissements sur le territoire a pour objectif d'avoir "100% d'étudiant.es sensibilisé.es et engagé.es et 100% de campus durables !". Source d'inspiration pour beaucoup d'étudiants, il est intéressant de comprendre de quelles manières, avec quels moyens et pour quels résultats, les associations vertes estudiantines de la nouvelle entité CYTech déploient leur programme de développement durable au sein de leur communauté. Une enquête de terrain est réalisée sur cette "question socialement vive" du développement durable.

Mots-clés : développement durable, association, étudiant(e) ingénieur(e), QSV, enquête

Introduction

Les écoles d'ingénieurs sont des lieux de formation extrêmement complexes devant répondre à de fortes attentes sociétales. L'histoire de l'ingénierie montre l'orientation d'une formation technique d'excellence dans le but de dominer la nature et de la contraindre pour répondre aux besoins de plus en plus spécifiques et exigeants des hommes et des femmes. Il aura fallu à peine plus de deux siècles pour que l'homme transforme durablement la planète afin de garantir l'essor des civilisations modernes jusqu'à la rupture des équilibres naturels. Si les ingénieurs avaient une vocation prédestinée à répondre par les sciences aux problématiques techniques¹ qui se posaient sans prendre en considération la préservation de l'environnement, il en est tout autrement aujourd'hui. La formation des ingénieurs prend une autre tournure, une prise de conscience de l'intérêt de composer avec la nature et non contre la nature.

Dans ce contexte d'urgence écologique et à l'ère géologique de l'anthropocène, les consciences collectives s'animent entre activisme et acrasie. En effet, l'activisme politique poussant à l'action jusqu'à braver la loi dans certains cas est de plus en plus représenté par la jeune génération à l'échelle de la planète : Greta Thunberg en Suède, Iris Duquesne en France, Ralyn Satidtanasarn en Thaïlande, Leah Namugerwa en Ouganda, Alexandria Villaseñor aux États-Unis. La prise de conscience dépasse les frontières pour positionner l'urgence climatique à l'échelle mondiale. De l'autre côté, nous sommes face au paradoxe de l'acrasie : agir à l'encontre de son meilleur jugement. "Voilà l'acrasie du 21e siècle : nous avons beau être

¹ Sans oublier que la dérive potentielle de l'idéologie "solutionniste" actuelle consiste à résoudre tous les problèmes par la technologie.

informés de certaines catastrophes écologiques à venir, conscients d’être embarqués dans une machine folle qui nous entraîne vers le précipice, nous sommes aussi incapables, individuellement et collectivement, de changer de cap” (Dortier, 2020).

Les activités humaines ont, depuis la révolution industrielle (XVIII^{ème} siècle), de fortes répercussions sur les écosystèmes de la planète. C’est au XX^{ème} siècle que les questions liées à la production humaine et à ses conséquences sur l’environnement se posent notamment grâce un think tank international créé dans les années 1960 “Le Club de Rome”, regroupant des universitaires, des économistes et des industriels. La publication de leur ouvrage “Halte à la croissance ?”² en 1970 ouvre le débat du développement durable sur la scène internationale. L’ONU s’empare du sujet, avec la déclaration de Stockholm en 1972 : “Nous sommes à un moment de l’histoire où nous devons orienter nos actions dans le monde entier en songeant davantage à leur répercussion sur l’environnement. Nous pouvons, par ignorance ou par négligence, causer des dommages considérables et irréversibles à l’environnement terrestre dont dépendent notre vie et notre bien-être”³. Les années suivantes vont être marquées par le début d’une prise de conscience collective planétaire des conséquences des activités humaines sur l’environnement. Aujourd’hui, la question du développement durable est une urgence, notre modèle de consommation ne va plus de soi et fait émerger une forme d’incertitude sociétale. La problématique du développement durable comme questions socialement vives (QSV) s’impose. C’est un sujet qui suscite à la fois des questions qui mobilisent et qui divisent (Morin, 2018) dans au moins trois domaines (Legardez et Simonneaux, 2006) : scientifique (elles ne font pas consensus entre les chercheurs), social (elles sont relayées par les médias et font l’objet de débats sociétaux) et didactique (leur complexité et le fait qu’elles n’ouvrent pas sur des savoirs scientifiques stabilisés mettent les éducateurs en difficulté). La production de connaissances sur les QSV doit prendre en considération, au-delà des sources scientifiques, les implications sociales, idéologiques et axiologiques. Ce dernier point a inspiré les orientations de terrain de cette étude.

La dernière consultation nationale étudiante de 2020 (CNE), menée par le réseau français des étudiants pour le développement durable (REFEDD), met en lumière les attentes des étudiant·es face aux enjeux environnementaux (50 000 étudiant·es questionné·es)⁴. Voici quelques chiffres concernant les enjeux de formations propres à ce groupe de travail : 69% des étudiant·es qui ne suivent pas une formation liée à l’environnement entendent très peu, voire pas du tout, parler de ces enjeux dans leur formation ; 52% ne s’estiment pas assez, voire pas du tout, formé·es sur ces enjeux ; 69% souhaitent être davantage formé·es aux enjeux environnementaux ; 65% estiment que tous les cursus doivent intégrer ces enjeux.

En ce qui concerne les écoles d’ingénieurs, les conclusions du rapport de 2019 *Mobiliser l’enseignement supérieur pour le climat*, the *Shift Project* montre que 76% des formations ne proposent aucun cours abordant les enjeux climat-énergie à leurs étudiant·es. Dans les 24 % de formations restantes, moins de la moitié (11 %) proposent au moins un cours obligatoire. Néanmoins, des différences apparaissent selon les formations. Par exemple, les écoles de commerce et d’ingénieurs semblent plus avancées sur ce point que les universités⁵.

À travers cet état des lieux, il semble intéressant de s’orienter vers le rôle que peuvent jouer les associations vertes étudiantes au sein des écoles d’ingénieurs dans ce processus urgent de la transition, mais aussi de comprendre le positionnement des élèves ingénieurs sur des sujets relatifs au développement durable.

² Cf. Rapport Meadows.

³ Déclaration de Stockholm, conférence des Nations Unis sur l’Environnement, du 5 au 16 juin 1972.

⁴ Cf. la synthèse des résultats de la CNE par le REFEDD.

⁵ Groupe INSA & The Shift Project.

Enquête et résultats de la recherche exploratoire

L'étude de terrain que nous avons réalisée en 2020 concerne les élèves ingénieurs de CY Tech, la graduate school de CY Cergy Paris Université. Sur 1826 futurs ingénieurs en formation en 2020, 123 étudiants ont répondu à notre questionnaire. De plus, nous avons complété notre étude par la réalisation de trois entretiens semi-directifs.

Au départ, nous souhaitions réaliser un état des lieux sur la sensibilisation et la formation au développement durable dans une école vivant une transformation institutionnelle (de privée à publique), notamment par le biais des associations vertes.

Nous avons interrogé un professeur chargé de mission transition sociétale et environnementale à CY Cergy Paris Université, ainsi que deux étudiantes ingénieures de l'association verte "GreenMoov", et un étudiant ingénieur et président de "Phoenix", unique association pour les CMI (Cursus Master en Ingénierie) de CY.

Au travers du questionnaire, nous avons interrogé les ressentis et les connaissances des étudiants de CY Tech sur les enjeux du développement durable de façon globale, mais également sur les actions des étudiants appartenant aux associations vertes.

- *Le questionnaire*

Deux tiers des questions sont liées directement au développement durable et $\frac{1}{3}$ en lien avec la vie associative. Quelques questions supplémentaires s'intéressent aux caractéristiques générales des répondants.

Les élèves-ingénieurs qui ont répondu à notre questionnaire sont majoritairement des hommes (75%), vivant dans une zone urbaine (80%), inscrits principalement en ingénierie mathématique ou informatique, ont des parents dont les PCS (professions et catégories socioprofessionnelles) sont majoritairement classées dans la catégorie des cadres supérieurs.

Deux tiers de nos répondants ne connaissent pas les 17 objectifs de développement durable (ODD). Ils associent spontanément le développement durable aux termes suivants : environnement, écologie, futur, responsabilité, ressource et nature. C'est également une prise de conscience, un engagement, un devoir moral et une solution.

Pour nos répondants, les actions en faveur du développement durable sont freinées par le peu d'impacts au niveau individuel, le sentiment de ne pas se sentir concerné par les ODD, les exigences trop importantes et la possible perte d'avantages. L'individualisme, le manque de volonté, la méconnaissance des situations et le sentiment d'impuissance sont également des facteurs d'empêchement. Toutefois, l'incompréhension des événements, l'incompétence et l'irresponsabilité des personnes, et le manque de moyen matériel ou financier ne constituent pas un frein majeur pour nos élèves-ingénieurs à la réalisation d'actions durables.

À un niveau local (celui de leur école CY TECH), les gestes importants apparentés au développement durable mettent en avant la gestion du recyclage, le respect du milieu de vie, la gestion de l'énergie et des transports. Les rapports sociaux ne sont pas perçus comme des ODD.

Nos répondants estiment généralement que le sentiment personnel d'engagement est relativement élevé chez eux. Ils souhaiteraient changer en priorité l'impact sur les ressources transformées et les éléments naturels, minimisant la vision collective humaine (modèle socio-politique). Ils militent peu dans des activités collectives et engageantes et privilégient des actions concrètes (tri, recyclage, gestion de la consommation, etc.) par rapport aux actions plus abstraites d'influence (sensibilisation, participation aux événements, discours).

69.9% de nos répondants se sentent sensibilisés au développement durable lors de leur formation. Parmi les répondants membres d'une association (46%), $\frac{1}{3}$ affirme que leur association est impliquée dans des actions de développement durable.

Le très faible taux de réponses concernant les actions et postures des étudiants appartenant à une association verte ne nous a pas permis d'extraire quelque chose d'exploitable. Les pistes de réflexion et d'analyse se portent donc davantage sur le vécu des étudiants ingénieurs que sur les actions pérennes d'étudiants investis dans les associations vertes.

- *Les entretiens*

Discours du professeur chargé de mission transition sociétale et environnementale à CY Cergy Paris Université :

Malgré l'existence d'un ancrage institutionnel, porté par des labels, des certifications et des partenariats, les ODD demeurent peu connus. Au niveau des formations CY, une sensibilisation est pensée pour le premier cycle, et une implication et un engagement est demandé pour le dernier cycle (au niveau doctoral). Les personnes sensibilisées sont de bons relais pour diffuser l'information. Il existe une différence de cultures entre écoles privées et universités par rapport à l'engagement associatif. Toutefois, les associations estudiantines sont éphémères et ne s'intéressent que peu aux thématiques ODD : ce qui va à l'encontre du fait qu'une action bénéfique dans ce champ doit forcément être durable. Le frein principal identifié est le fait de ne pas se sentir concerné. Finalement, on observe un paradoxe entre désir d'engagement et velléités.

Discours des étudiantes de "GreenMoov" et de l'étudiant "Phoenix" (cette dernière n'est pas directement une association "verte") : Le monde associatif permet de rassembler autour d'une idée. C'est très formateur pour différents aspects (organisation, relationnel, administratif). Les motivations principales d'engagement pour les étudiants sont l'importance accordée à l'écologie qui devient une problématique centrale et non secondaire. La création de lien (espace de socialisation) entre étudiants et de façon transversale avec les autres promotions est un autre facteur motivant. L'objectif affiché est un désir de rendre l'écologie plus accessible aux étudiants avec une volonté d'inscription institutionnelle au sein du cursus d'ingénierie : idéalement, faire émerger chez les protagonistes une "conscience écologique". Les étudiants ne connaissaient pas le REFEDD au moment de l'interview.

Orientation d'analyse et questionnement

- *Représentations et perception*

Les QSV sont des sujets controversés impliquant nécessairement des postures représentationnelles différentes, étapes nécessaires avant l'atteinte d'un éventuel consensus. Les enjeux projetés par chacun (postulat de départ, priorisation des actions, échos émotionnels, obstacles techniques, visions socio-politique ou économique, etc.) se confrontent et se conflictualisent au travers des objets sociaux (les représentations sociales sont des enjeux identitaires) (Jodelet, 1989).

Les étudiants interrogés créent une forte association entre le développement durable et l'écologie-environnement, dévoilant une vision partielle des problématiques soulevées par le développement durable : les modèles de société sont un moyen pour réaliser un pacte avec la planète, ce qui occulte une finalité de pacte social (entre les personnes).

Le sentiment d'absence d'incompétence nous montre un aspect positif des représentations étudiantes dans la perception du changement. Ce sentiment est théorisé par Albert Bandura (Bandura, 2003) au travers de la notion de "sentiment d'efficacité personnelle" : la croyance en sa propre compétence dans une situation permet d'accroître l'efficacité de l'action, indépendamment des réelles compétences objectives.

Une certaine dichotomie s'opère entre les enjeux visibles (engagement écologique et protection de la planète par une meilleure gestion et maîtrise des ressources naturelles) et invisibles (rapports humains et modèles sociopolitiques). Quel est l'impact de cette perception de la réalisation concrète et visible chez les ingénieurs ? Nous pouvons établir un parallèle avec la perception confuse des enjeux relationnels dans leur formation : les sciences humaines et sociales prennent une place spécifique dans le décroisement des paradigmes d'action.

- *Individualisme*

L'intérêt manifesté pour le développement durable environnemental auprès de notre échantillon d'étudiants est bien présent et se manifeste principalement de manière individuelle et par des actions concrètes. Recyclage, tri, achats bio, etc., semblent rentrer dans des habitudes du quotidien de nos étudiants. La thèse d'Aude Vidal (Vidal, 2017) interroge la question des pratiques individuelles pour promouvoir un monde plus écologique et montre que la théorie du "changement individuel avant le changement social" avec cette intention (selon les résultats de son enquête) de concilier la préservation de l'environnement avec le capitalisme "ne fonctionne pas stratégiquement car les impacts sont disproportionnés : par exemple, pendant que le lobby des agriculteurs tarnais fait construire des retenues d'eau pour continuer à irriguer le maïs, une culture visiblement peu adaptée au climat local, nous sommes invité-es à ne plus laisser couler le robinet lors de notre brossage de dents".

L'orientation des réponses de nos étudiants va sur la voie de l'individualisme en oubliant la dimension collective du changement. La question des inégalités sociales face aux actions individuelles écologiques pose question. Notre échantillon fait partie d'une classe sociale culturellement dominante qui porte les alternatives écologiques (manger local, pratique du vélo, écologie urbaine...). L'orientation bourdieusienne de la distinction s'immisce dans un champ d'analyse en construction pour cette réflexion.

- *Le rôle du collectif*

Au-delà des activités formatives classiques, l'institution sert de support social et de vecteur d'engagement pour les étudiants qui peuvent relier leurs pratiques individuelles à une réalité partagée collective. Cet espace intermédiaire offre la possibilité de transformer le rapport au collectif par une socialisation spécifique.

Les préoccupations partagées par les étudiants, englobées et alimentées par le statut de QSV accordées au développement durable, deviennent une source de motivation au sein de la formation et le terreau de potentialités d'action sur le monde social par la permission expressive d'appréhender ces problématiques sans l'ombre d'un savoir figé idéologique. Autrement dit, passer de *ce que vous devez apprendre et faire* à *que pourriez-vous proposer ?*

Le cadre institutionnel ouvre une collaboration entre les usagers de l'école et une formalisation concrète des actions dans les programmes et les projets avec l'intervention d'experts-partenaires (Campus de la Transition, Fresque du climat, groupe de réflexion "COP2") : c'est l'opportunité d'inscrire dans la formation une place reconnue pour les enjeux transversaux du XXIème siècle.

La conception socio-psychoanalytique (Mendel, 1998) de l’agir individuel donne une piste de réflexion supplémentaire avec la notion “d’acte-pouvoir” : un pouvoir *de* l’acte (le pouvoir de modifier la réalité) et un pouvoir *sur* l’acte (une maîtrise exercée par l’acte : “on est ce que l’on fait”). C’est une conception dynamique entre une posture individuelle et une inscription collective. Les étudiants, en s’appropriant par l’acte individuel les différentes actions d’engagement qu’ils mènent, s’efforcent de modifier la réalité tout en transformant leur rapport *aux environnements* : celui à un niveau local, individuel mais également celui plus global de l’écologie-environnement.

Conclusion/Ouverture

Les élèves-ingénieurs de CY Tech représentent cette jeune génération qui se positionne de plus en plus clairement en voulant s’engager dans des actions durables et visibles au-delà de l’institutionnalisation des associations étudiantes vertes encore peu présentes. Ainsi, le rôle des formateurs dans la sensibilisation et la prise de conscience d’une durabilité systémique à l’échelle du collectif, dans l’acception première du développement durable “un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable” (Sommet de la Terre de RIO, 1992), s’inscrit dans les engagements de la transition de toute organisation. En ce sens, la formation des ingénieurs sur ces enjeux nécessite une transformation de l’accompagnement institutionnel pour éviter que les lieux de formation ne reflètent la fragmentation des responsabilités à l’œuvre dans nos fonctionnements procéduraux.

Références bibliographiques

Bandura, A. (2003). Auto-efficacité. Le sentiment d’efficacité personnelle. Bruxelles : De Boeck.

Dortier, J.-F. (2020). Le démon de « l’acrasie », in *Sciences Humaines*, (322).

INSA. The Shift Project & groupe INSA lancent ClimatSup INSA, 07/09/2020, <https://www.groupe-insa.fr/nos-actualites/shift-project-groupe-insa-lancent-climatsup-insa>

Jodelet, D. (1989). Les représentations sociales. PUF.

Meadows, D.H. et al. (1972). *The Limits to Growth*, trad. fr. “Halte à la croissance ?” in Rapport Meadows.

Mendel, G. (1998). L’acte est une aventure. Du sujet métaphysique au sujet de l’acte-pouvoir. Paris : La Découverte.

Morin, O. (2018). Des Questions Socialement Vives en Santé-Environnement. Intervention lors de la journée « Quelles méthodes et postures pour éduquer aux questions socialement vives en santé-environnement ? », Pôle thématique Éducation Santé-environnement, 12 mars 2018, Lyon.

Ollitrault, S. (2001). Les écologistes français, des experts en action, in *Revue française de science politique*, (51), 1, pp.105-130.

REFEDD (2020). Les étudiants face aux enjeux environnementaux, Synthèse des résultats de la CNE2020, https://le-reses.org/wp-content/uploads/2021/05/2-SYNTHESE_CNE2020_REFEDD-1.pdf

Vidal, A. (2017). Écologie, écologie, individualisme et course au bonheur. Editions Le monde à l’envers.

Com. # 32

Hannin Hervé, Touzard Jean-Marc et Nougier Marc - *Le jeu de rôle prospectif et participatif comme sensibilisation à une approche collective de l'adaptation au changement climatique pour la filière vigne et vin*

Hervé HANNIN, L'Institut Agro/Montpellier SupAgro
Jean-Marc TOUZARD, INRAE Montpellier
Marc NOUGIER, L'Institut Agro/Montpellier SupAgro

Résumé

Pour l'Institut des Hautes Études de la Vigne et du Vin de Montpellier SupAgro, le défi était de prendre en compte une problématique aussi transversale que celle du changement climatique, son impact sur les cultures, les changements organisationnels qu'il va nécessairement engendrer, au milieu de modules de formations très spécialisés. À la rentrée 2019/2020, les étudiant.es ingénieur.es en M2 viticulture-œnologie se sont vu.es proposer un jeu de rôle. Par 5 à 7 étudiant.es, chaque groupe a endossé le rôle d'un acteur de la filière vigne et vin, décrit par sa situation, ses contraintes, ses motivations profondes. Exemples : un viticulteur bio en AOC, un syndicat d'appellation, un conseil municipal, une cave coopérative... Chaque groupe doit décrire la manière dont le changement climatique impactera son activité, et aller discuter avec au moins un autre acteur pour lever des freins éventuels à l'adaptation. Cet exercice a mis en évidence le besoin de concertation, d'une approche collective pour l'adaptation de la filière. Les étudiant.es seront amené.es en mars 2020 à partager leur propre ressenti sur la prise en compte du changement climatique dans leurs divers enseignements. La formation doit ainsi être amenée à progresser, à travers la perception des apprenant.es.

Mots-clés : changement climatique, concertation, acteurs, jeu de rôle, innovation pédagogique

Introduction

À partir de 2019, l'Institut des Hautes Études de la Vigne et du Vin (IHEV) de Montpellier SupAgro a proposé, en mobilisant l'INRAE, une session nouvelle d'enseignement dédiée au changement climatique dans le programme de spécialisation des élèves-ingénieurs en viticulture-œnologie. L'objectif était de proposer une approche « globale » et interdisciplinaire à intégrer dans les décisions d'ingénieur. Sous un nouveau format d'enseignement, elle permet aussi aux étudiants de saisir la complexité des jeux d'acteurs, la place possible de scénarios prospectifs et d'ateliers participatifs.

Le contexte est favorable : d'une part l'INRAE pilote un programme national et interdisciplinaire LACCAVE qui mobilise les deux instituts sur les impacts du changement climatique sur la vigne et le vin et a organisé plusieurs forums multi-acteurs et des événements locaux (hackathon) ; d'autre part ce programme contribue à élaborer une stratégie nationale par une approche originale, à la fois prospective et de science participative, qui implique directement les auteurs.

I. L'IHEV de Montpellier SupAgro

L'IHEV, composante de l'Institut Agro/Montpellier SupAgro, anime l'ensemble des formations et recherches en Vigne et Vin, thématique identitaire depuis 150 ans de cette grande école d'ingénieurs agronomes. Son dispositif de formations complet couvre tous les champs disciplinaires « de la vigne au verre » et accueille 280 étudiants par an sur 7 parcours autour du cursus phare d'Ingénieur agro « viti-oeno ». Sa pédagogie innovante est adossée à la recherche et fréquemment à la profession.

Le changement climatique est devenu en quelques années une préoccupation majeure pour la filière, menaçant notamment les volumes, la qualité et la valeur des vins produits. Les établissements de recherche travaillent à identifier des solutions disciplinaires et interdisciplinaires et une stratégie nationale d'adaptation est en construction en lien avec les grandes organisations de la filière.

Il importe que les professionnels et les jeunes diplômés *a fortiori* au sein des Grandes Écoles, d'Ingénieurs comprennent les effets déjà sensibles du changement climatique et en anticipent les évolutions. L'enjeu est de dépasser les apports de chaque discipline par une démarche plus synthétique et un traitement holistique de la question. On présente ici un module pédagogique en 4 séances présenté dorénavant aux élèves ingénieurs agronomes « viti-oeno » de Montpellier.

II. Jeu de rôles et organisation d'événement participatif : un programme pédagogique de mise en situation des futurs ingénieurs

1) Objectifs pédagogiques

L'objectif de ce module est de mettre les étudiants en situation, au cœur d'une filière structurée, parfois décrite comme rétive à l'innovation et pourtant confrontée à un défi majeur. À l'issue de ces séances, les étudiants doivent être davantage :

- Conscients des enjeux du changement climatique pour la filière : impacts et risques économiques, sociaux, environnementaux
- Sensibilisés aux approches prospectives et participatives comme outils d'élaboration de stratégies d'adaptation
- Capables de mobiliser des solutions scientifiques et leviers techniques appropriés et combinés.

L'intégration interdisciplinaire est ici adossée à une démarche « prospective ». L'expérience acquise depuis 20 ans dans ce domaine à Montpellier SupAgro montre que la présentation de scénarios d'avenirs plausibles intégratifs :

- Facilite la représentation des voies possibles,
- Responsabilise les acteurs qui doivent présenter leurs options subjectives mais fondées
- Permet de projeter la mise en œuvre de décisions stratégiques par des actions concrètes.

Cette méthode a été utilisée au sein du projet LACCAVE⁶ pour élaborer des scénarios d'avenir face au changement climatique. A défaut d'une connaissance préalable par les étudiants, une initiation aux grands principes de la prospective peut être prévue sur un format réduit (2 heures).

⁶ Plus d'informations sur <https://www6.inrae.fr/laccave/>

2) Organisation

4 séances sont proposées lors du dernier semestre du cursus d'ingénieur « viti-céno ». Les 30 étudiants travaillent en groupes restreints (4-6), et échangent entre eux, avec les enseignants et des professionnels.

SÉANCE 1 : cours classique et en « classe inversée »

Cette première séance permet d'acquérir une base de connaissances des enjeux du changement climatique pour la filière, impacts et leviers pour l'adaptation et l'atténuation.

1er temps (1 heure) : présentations « top down » sur le changement climatique en général, ses enjeux pour la filière vigne et vin, impacts et pistes de solutions - techniques et organisationnelles.

2^{ème} temps (1 heure) : les étudiants identifient dans cet exposé, des pistes d'approfondissements scientifiques qu'ils vont se répartir. Ils préparent en groupe un exposé de synthèse, à partir de documents déposés sur la plateforme pédagogique et de leurs notes de cours de spécialisation « viti-œno ».

3^{ème} temps (1 heure) : les étudiants exposent à la classe entière sur un mode « classe inversée » ces connaissances essentielles pour nourrir organiser et partager la réflexion.

SÉANCE 2 : Jeu de rôles et formation aux approches participatives

Des groupes d'étudiants incarnent ici les rôles d'acteurs de la filière. L'objectif est de mettre en évidence les relations entre ces acteurs et le besoin de concertation pour mettre en place des mesures d'adaptation. La séance est organisée en 2 parties.

Préalable - Définir des rôles : Chaque groupe de 5 à 7 étudiants se voit attribuer le rôle d'un acteur de la filière :

- Un viticulteur en IGP avec irrigation
- Un vigneron bio en appellation Languedoc
- Un vigneron en vin de France, qui teste la taille en gobelet
- Le Syndicat d'Appellation AOC Languedoc
- Le Délégué Régional de l'INAO
- La cave coopérative
- Le conseil municipal

Une fiche précisant une situation, ses objectifs, ses contraintes, ses éventuels projets, et relations avec d'autres acteurs, incarnés ou non dans le jeu de rôle.

NB : Il est conseillé aux étudiants de (i) définir un rapporteur (prise des notes) tout au long de la séquence, et une personne en charge de surveiller le temps, (ii) prévoir au moins un ordinateur par groupe (appel à internet en tant que de besoin).

Exemple : Vigneron bio en appellation Languedoc

« Vous produisez du vin sous label Bio sur 16ha, dont une partie en appellation Languedoc. Installés sur un coteau ensoleillé, vous êtes dans une zone sans accès à l'eau pour une éventuelle irrigation, à moins de se lancer dans des forages et autres grands travaux.

Votre système de culture est pour l'instant relativement classique, vos efforts des dernières années se sont concentrés sur la réduction de l'usage d'intrants phytosanitaires. Vous possédez également quelques hectares plus en altitude dans la même commune, offerts à la garrigue et au pâturage pour les brebis d'un éleveur voisin.

Vos résultats économiques sont corrects, le vin bio est appréciablement valorisé, ce qui permet d'absorber en partie les pertes dues aux baisses de rendement des dernières vendanges. 2019 en particulier a été une année record, avec 30% de perte du fait du pic de chaleur. »

1er temps (25 minutes) : Elaborer son rôle

Le premier temps du jeu de rôle est dédié à l'appropriation du rôle, chacun devant pouvoir expliquer l'activité de l'acteur, et réfléchir à des pistes d'adaptations au changement climatique à partir des éléments fournis en séance 1.

Certains freins identifiés impliquent de dialoguer avec un acteur particulier, susceptible de collaborer pour lever ce blocage (technique, réglementaire, économique, organisationnel...). Les étudiants terminent cette Partie 1 en identifiant deux acteurs (forcément incarnés par d'autres groupes) qu'ils doivent rencontrer pour lever les freins identifiés. Cette rencontre a lieu en Partie 2.

Partie 2 (15 mn) : Organiser la concertation et rendre compte

Chaque groupe est scindé en deux : un demi-groupe reste à sa table pour répondre aux interrogations d'un autre demi-groupe visitant ; l'autre demi-groupe va interroger un des deux groupes d'acteurs pour lesquels une question a été préparée. À la fin de ce temps, les discussions avec d'autres acteurs ont permis d'identifier de nouveaux leviers d'action, ou de lever des freins. Les acteurs de ces rencontres doivent s'entendre sur des réponses communes aux problèmes identifiés, en ayant bien à l'esprit leurs intérêts et objectifs propres.

Partie 3 (20 mn) : dresser un bilan

Les groupes se reforment, et préparent une synthèse des rencontres qui ont eu lieu, de leurs progrès, des freins qui subsistent. À la fin de ce temps, chaque groupe produit une présentation en 4 diapositives, résumant son cheminement :

- Les enjeux spécifiques de son acteur face au changement climatique
- Les objectifs identifiés pour lui
- Les leviers d'action, et freins éventuellement rencontrés
- Le bilan des rencontres avec d'autres acteurs

Chaque groupe présentera en 5 minutes puis répondra aux éventuelles questions.

Partie 4 (1 heure) : restitution des groupes et débat

Lors de cette restitution, les groupes présentent leur acteur, les pistes d'adaptation et freins identifiés, et le fruit des concertations effectuées. Un débat engagé entre les étudiants et avec les enseignants permet de tirer collectivement les enseignements de cet exercice.

Les présentations des étudiants sont conservées, elles resserviront lors de la Séance 4 de ce programme.

Partie 5 (1 heure) : présentation de méthodologie de construction de la stratégie nationale

Un des livrables du projet Laccave aura été une contribution très significative à l'élaboration d'une stratégie nationale d'adaptation (et d'atténuation) face au changement climatique. Cette méthodologie est fondée sur un exercice prospectif d'élaboration de scénarios possibles puis sur la concertation dans des ateliers participatifs régionaux et enfin sur une interaction avec les grandes organisations de la filière. On présente ainsi à la fois les méthodes et les résultats à une échelle nationale, illustrant les applications à une échelle plus importante que celle des jeux de rôle.

SÉANCE 3 : Analyse d'une situation réelle en exploitation vitivinicole

Soit en profitant de rencontres prévues par ailleurs entre des petits groupes d'étudiants avec un vigneron, soit en créant *de novo* cette occasion, il est demandé aux étudiants d'aborder la

thématique du changement climatique dans l'exploitation vitivinicole et de l'analyser jusqu'à présenter un diagnostic et des préconisations.

En salle en séance 3, à l'issue de sa rencontre avec un vigneron réel.

Temps 1 (1 heure) : chaque groupe doit préparer une analyse, un diagnostic et des préconisations et une présentation incluant :

- Sa situation (contexte, objectifs, contraintes) et son projet
- Les impacts du changement climatique (actuels et attendus)

CRITÈRE	DESCRIPTION et APPRÉCIATION de la prise en compte du changement climatique par le vigneron
Itinéraire technique	
Modèle économique	
Interaction / concertation avec les acteurs territoriaux	

- L'analyse et le diagnostic de la situation observée
- Les actions envisagées pour l'adaptation au changement climatique (et son atténuation)
- Un regard critique et des conseils de futur ingénieur sur ces leviers

Temps 2 (10 mn présentation + 10 mn débats = 20 mn par groupe)

Les présentations de ces cas réels devant la classe abordent des contextes, situations et perspectives très divers. Elles donnent lieu à débats entre étudiants, et d'échanges avec les enseignants.

SÉANCE 4 : Événement professionnel de synthèse

Lors de cette ultime séance, qui se déroule en fin de parcours, les étudiants organisent une conférence d'une demi-journée et y invitent d'autres étudiants, leurs enseignants, et des acteurs professionnels (du type de ceux évoqués dans les jeux de rôle en Séance 2).

Dans un premier temps, les étudiants y présentent eux-mêmes :

1/ rapidement les enjeux, l'état d'élaboration des stratégies nationales et internationales de la filière viticole, d'adaptation et atténuation, face au changement climatique.

2/ ensuite ils invitent à une table-ronde quelques acteurs variés (professionnels mais aussi étudiants, chercheurs, enseignants), et leur présentent successivement les résultats actualisés du jeu de rôle de la Séance 2 : leur compréhension des différents rôles, les interrelations suggérées par l'exercice, et ce qu'elles ont théoriquement permis (ou non) de lever comme freins à l'adaptation au changement climatique.

Animée par deux étudiants, la table ronde réagit en commentant chaque situation présentée. Sur un mode ludique, un prix peut être attribué au rôle le plus convaincant.

III. Conseils aux animateurs pour la mise en application

La bonne réalisation des sessions implique certains prérequis et points d'attention :

- **Séance 1.** : initiation à la « prospective »
- **Séance 2** : une connaissance minimale des organisations de la filière
- **Séance 3** : les étudiants doivent avoir évalué la situation des vigneronns de manière systémique incluant ses objectifs et motivations.
- **Séance 4** : la tenue d'une séance d'organisation de la table ronde est indispensable.

Une séance finale permettra de recueillir l'appréciation des étudiants. Associant idéalement tous les enseignants du cursus, cette séance, donnera l'occasion de réfléchir collectivement à mieux intégrer la question du changement climatique dans le programme des enseignements.

Références bibliographiques

Aigrain P., Brugière F., Duchêne E., Gautier J., Giraud Heraud E., Hannin H., Garcia de Cortazar I., Ollat N., Touzard J-M., 2016d. Une prospective pour le secteur vigne et vin dans le contexte du changement climatique. Les synthèses de FranceAgrimer, n°40, septembre 2016

Aigrain, P., Brugière, F., Duchêne, E., Garcia De Cortazar Atauri, I., Gautier, J., Giraud-Heraud, E., Hannin, H., Ollat, N., Touzard, J-M., 2016b. Adaptation au changement climatique : intérêt d'une démarche prospective. BIO Web of Conferences, 7. DOI:10.1051/bioconf/20160703015

Aigrain, P., Brugière, F., Duchêne, E., Garcia De Cortazar Atauri, I., Gautier, J., Giraud-Heraud, E., Hannin, H., Ollat, N., Touzard, J-M., 2016c. Travaux de prospective sur l'adaptation de la viticulture au changement climatique : quelles séries d'événements pourraient favoriser différentes stratégies d'adaptation ? BIO Web of Conferences, 7. DOI : 10.1051/bioconf/20160703016

Bootz, J-Ph., 2012/13. La prospective, une source d'apprentissage organisationnel ? Revue de la littérature et analyse critique, Management & Avenir 2012/3 (n° 53), pp 34-53

Ollat, N., Touzard, J.-M., Van Leeuwen, C., 2016. Climate Change Impacts and Adaptations: New Challenges for the Wine Industry. Journal of Wine Economics. 11:1-11.

Bagnolini Guillaume - *Inventaire Fac', biodiversité et science participative sur les campus en France*

Guillaume Bagnolini, Docteur en philosophie, chercheur associé au LISIS, Université Paris-Est Marne-la-vallée, fondateur du projet Inventaire Fac' et membre du REFEDD.

Résumé

Initié en 2011 par une association étudiante, Inventaire Fac est un projet d'observatoire participatif de la biodiversité sur les campus d'universités et de grandes Écoles en France. À l'heure actuelle, le projet est porté par le Réseau Français des Étudiants pour le Développement Durable. Il implique autant des enseignants-chercheurs que des étudiants sur cinq campus. Grâce à un protocole simplifié, une plateforme web et une application, il permet la participation d'un public non spécialiste en compagnie d'experts. Ainsi, en collectant des observations de présence de la faune et de la flore, les participants se forment à la détermination de la biodiversité. Suite à cette collecte, la réalisation de réunion de réflexion avec les membres les plus actifs amène à la rédaction de propositions et de recommandations pour la protection de la biodiversité sur les campus. Nous avons pu réaliser une enquête sociologique auprès des participants avant, pendant et après la réalisation du projet sur une année de contribution. Quelles connaissances ont-ils pu acquérir ? Se sentent-ils plus engagés dans la protection de la biodiversité ? Dans le cadre de cette communication, nous présenterons les premiers résultats de cette étude sur un projet innovant de formation, de recherche et d'action.

Mots-clés : Science participative ; Biodiversité ; Innovation pédagogique ; Plan vert.

Introduction

Initié en 2011 par une association étudiante, Inventaire Fac est un projet d'observatoire participatif de la biodiversité sur les campus d'universités et de grandes Écoles en France. À l'heure actuelle, le projet est porté par le Réseau Français des Étudiants pour le Développement Durable. Il implique autant des enseignants-chercheurs que des étudiants sur cinq campus. Grâce à une plateforme web et une application, il permet la participation d'un public non spécialiste en compagnie d'experts. Ainsi, en collectant des observations de présence de la faune et de la flore, les participants se forment à la détermination de la biodiversité. Les inventaires aident la recherche scientifique et apportent de nouvelles connaissances. La participation du grand public à ces inventaires devrait permettre à tout un chacun d'avoir un aperçu plus abordable des connaissances actuelles en matière d'écologie et de biodiversité. En effet, les inventaires de biodiversité permettent aux amateurs de pouvoir se sensibiliser à l'écologie et de participer à la gestion durable des écosystèmes. La crise écologique est mondiale, touche toutes les strates sociales, à la campagne comme à la ville. Il est donc important de faire participer les citoyens dans les processus de création de savoir pour mener à des actions locales pertinentes, notamment en milieu urbain. Nous avons pu réaliser une enquête auprès des participants avant, pendant et après la réalisation du projet sur une année de

contribution. Quelles connaissances ont-ils pu acquérir ? Se sentent-ils plus engagés dans la protection de la biodiversité ? Dans le cadre de cet article, nous présenterons les premiers résultats de cette étude sur un projet innovant de formation, de recherche et d'action.

Les débuts du projet

Le projet a vu le jour en 2011 au sein du Groupe Naturaliste de l'Université de Montpellier. Il a été initié par quelques membres, tous étudiants en licence de biologie ; l'objectif premier était d'inventorier la biodiversité qu'abritait le campus de la faculté des sciences de Montpellier (Bagnolini, 2016). En effet, nous voulions simplement identifier les différentes espèces pouvant vivre sur le campus. L'association, avec l'ensemble des adhérents intéressés, a alors commencé des campagnes de prospection sur le campus et des séances d'identification de la flore et de la faune. Le public était majoritairement composé de naturalistes amateurs éclairés avec un niveau licence. Nous avions des botanistes, des herpétologues, des entomologistes... Au début, nous étions trois à cinq membres par sortie. De 2011 à 2013, nous avons réalisé cet inventaire sur le campus Triolet de la faculté des sciences de Montpellier, qui s'étend sur 20 hectares, dont une part importante en surface arborée. Au fur et à mesure, par bouche-à-oreille, des bénévoles non spécialistes avec des formations variées ont commencé à participer aux sorties. Avec plus de 60 bénévoles, nous avons pu observer plus de 400 espèces, faune et flore confondues. En 2013, nous avons décidé de recruter une personne en service civique qui a aidé à la coordination de l'association et aussi à la valorisation des données collectées par les participants. Ainsi, un ouvrage de médiation scientifique a été publié : *Le Petit Guide naturaliste de la faculté des sciences de Montpellier*. Il comprend 85 espèces de plantes et d'animaux pouvant être observées facilement sur le campus Triolet. Vu le succès du guide, nous avons eu de nombreux participants qui ont demandé à intégrer les sorties que nous réalisions une à deux fois par mois. Une partie du personnel administratif et des professeurs de la faculté des sciences ont commencé à participer à la réalisation des inventaires.

D'un projet local à un dispositif national

Le dispositif a été victime de son succès et nous avons eu de très nombreuses demandes pour la mise en place du projet sur d'autres campus en France. De par la dimension nationale, le projet a été repris par le Réseau Français des Étudiants pour le Développement Durable (REFEDD). Avec plus de 150 associations membres, c'est un réseau menant des projets sur le développement durable tels que l'alimentation, la biodiversité, le climat, les déchets, etc. Le REFEDD diffuse donc le projet et a édité un guide *La biodiversité sur mon campus* comprenant des fiches techniques pour réaliser facilement des initiatives relatives à la biodiversité sur votre campus, dont *Inventaire Fac'* (REFEDD, 2016).

Dans ce cadre de diffusion du projet, pour augmenter l'interactivité entre les participants des différents campus et pour faciliter la collecte des observations, nous avons décidé de développer une application informatique. Au début, nous avons utilisé l'application Biodiversity développée par un regroupement de chercheurs et chercheuses en informatique et écologie à Toulouse, Neocampus (Bagnolini, 2017). L'avantage de cette application est qu'elle peut être utilisée par n'importe qui sans prérequis en écologie, la possession d'un smartphone android est suffisant. Il est donc possible de se promener sur le campus, de prendre une photo de l'espèce ou simplement de rentrer l'observation pour qu'elle soit intégrée directement sur la base de données du dispositif *Inventaire fac'*. Cependant, le développement de l'application s'est arrêté brutalement à cause de la réorientation en termes de recherche de l'équipe de Néocampus. Nous avons dû trouver une autre solution. Dans ce cadre, en 2019, nous nous sommes rapprochés du

site Observation.org possédant une interface de collecte de données simple à utiliser et ayant développé une application. Nous avons donc amélioré le protocole de collecte des données et diffusé les nouvelles pratiques sur les campus en France, notamment la nouvelle application.

Un dispositif en développement

À l'heure actuelle, cinq campus possèdent le dispositif Inventaire Fac' : campus Paul Sabatier de l'Université de Toulouse, campus Triolet de l'université de Montpellier, campus Claude Bernard de l'Université de Lyon 1, Campus de Dijon de l'Université de Bourgogne et Sup Biotech à Paris. Plus de 5640 données ont été collectés depuis 2011 sur ces campus. Avec l'aide de notre conseil scientifique, ces données sont réutilisées par des équipes de recherche en écologie urbaine et également sont transmises aux structures référentes du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP).

Actuellement, chaque structure porteuse localement du projet Inventaire Fac' réalise sur sa zone d'étude des inventaires participatifs en compagnie de scientifiques professionnels et de bénévoles (majoritairement des étudiants). Les données d'observation de la faune et de la flore sont directement rentrées dans la nouvelle application du dispositif. Elles sont ensuite validées par notre conseil scientifique et transmises aux différentes structures référentes du SINP. En parallèle, des guides et fascicules sont produits afin de valoriser le travail des bénévoles sur ce projet. Enfin, les données sont transmises également aux services administratifs (notamment les services espaces verts) des campus afin de promouvoir l'importance de la préservation de la biodiversité et d'agir en conséquence.

Une enquête sociologique en cours

Depuis septembre 2019, nous menons une enquête auprès des participants afin d'évaluer l'impact du dispositif sur l'appropriation des connaissances autour de la biodiversité et les changements de comportements. Nous sommes intéressés par l'amélioration du dispositif notamment sur la transmission de connaissances. Nous nous sommes concentrés sur le campus Triolet de l'Université de Montpellier. Nous avons réalisé une observation participante sur trois sorties ainsi que vingt entretiens semi-directifs sur des nouveaux participants au projet. Les entretiens avant le début de participation au dispositif et pendant la participation (six mois plus tard après une dizaine de sorties) ont pu être réalisés. Les entretiens après la fin de la participation sur une année au dispositif sont en cours d'élaboration. Sur les vingt participants interviewés, quinze sont des étudiants, deux sont des enseignants-chercheurs, une est une retraitée, et deux sont des autoentrepreneurs (une graphiste et un naturaliste professionnel). Sur les quinze étudiants interviewés, la grande majorité (neuf) sont des étudiants en licence de biologie. Le taux de participation aux sorties est variable mais en moyenne sur les vingt participants, nous avons un taux de 53% de participation. Les résultats sont en cours d'analyse mais nous pouvons donner quelques résultats préliminaires sur deux points : la compréhension de la démarche et des protocoles et un outil complémentaire aux formations.

Les limites de la démarche et des protocoles

À chaque taxon, ses protocoles d'inventaire, ainsi en compagnie des enseignants-chercheurs, membres du conseil scientifique et lors des sorties, des protocoles différents peuvent être mis en place suivant les espèces étudiées. La grande majorité des participants n'avaient que peu, voire pas de connaissances, sur les protocoles d'inventaire de la biodiversité au début de leur participation, comme pour de nombreux projets de sciences participatives (Charvolin, 2009).

La problématique relevée par plusieurs des participants est la trop grande diversité des méthodes de relevés utilisées et leur complexité. Par exemple, Antoine déclare : « à un moment, un des animateurs de la sortie a dit que nous allions faire des pièges Barber pour les insectes. Il n'a pas expliqué vraiment ce que c'était. Et je n'ai pas osé poser la question du pourquoi faire ça plutôt qu'autre chose ». Il semble donc y avoir une mauvaise compréhension des techniques et des outils d'inventaire. Par contre, de très nombreux participants nous expliquent qu'ils ont progressé sur la détermination de certains taxons. Célestine nous déclare même que « *moi ce que j'aime, c'est les plantes. Les bêtes qui courent dans l'herbe, je suis pas hyper fan mais pourtant lors de la dernière sortie insecte, j'ai trouvé génial les explications sur les interactions entre les pollinisateurs, les parasites et les plantes. Je les ai vus sous un autre angle* ». Il y a donc chez certains participants un changement de regard sur la biodiversité qui les entourent, malgré des représentations négatives à la base. Même si ces données demandent à être confirmées, il semble que les sorties dans le cadre du dispositif amènent à une meilleure connaissance des participants au niveau de la détermination de la faune et de la flore voir même à un changement au niveau des représentations sur les espèces. Toutefois, il faudrait simplifier les protocoles utilisés et en utiliser moins afin d'augmenter cette appropriation.

Un outil complémentaire aux formations

Un des retours majeurs que nous retrouvons pour les participants étudiants est que le dispositif Inventaire Fac' permet de réaliser des sorties complémentaires aux cours délivrés par les universités et les grandes Écoles. Comme d'autres projets de science participative, il semble être une opportunité de projets pratiques facilitant l'apprentissage pour les enseignants à l'université et dans les écoles d'ingénieur (Prévot, 2016). Jean-Baptiste déclare « *moi je suis en bio en L1 est pour le moment, c'est très théorique et je n'arrive pas à m'y retrouver. Mais lors d'une sortie, j'ai compris ce que voulait dire symbiose parce qu'on observait une mycorhize [...] ce serait génial d'avoir dans le cadre de la fac des sorties toutes les semaines, ça concrétiserait un peu les cours* ». Ainsi, le dispositif semble jouer un rôle intéressant puisqu'il est totalement complémentaire aux formations notamment en biologie (Ory, 2018). Cependant, il est aussi très intéressant pour d'autres formations car comme nous dit Célia « *étant en dernière année de licence en cinéma, je ne suis pas du tout une naturaliste mais les sorties, ça m'intéresse trop et ça me donne des idées pour mes projets perso de films* ». Il semble également intéressant pour des étudiants d'autres parcours afin d'amener à une prise de conscience sur l'importance de la préservation de la biodiversité. Cependant, à l'heure actuelle, le dispositif n'est pas reconnu par l'administration et ne rentre dans aucune formation. Certains enseignants chercheurs communiquent sur le projet à leurs étudiants, mais sans l'intégrer à leurs cours.

Conclusions

D'un projet local, ce projet s'est transformé en dispositif de science participative au niveau national porté par un réseau d'associations étudiantes, le REFEDD. Cinq campus à travers leurs associations étudiantes portent localement ce dispositif et vont chaque année réaliser des sorties naturalistes en compagnie d'experts scientifiques et de participants plus ou moins néophytes. Il n'y a jamais eu d'étude sur l'impact du dispositif sur l'appropriation des connaissances autour de la biodiversité et les changements de comportements. Pourtant, il est plus que nécessaire pour le bon développement du projet et son amélioration d'évaluer ces variables. Déjà des pistes semblent émerger tel que la simplification des protocoles et la nécessité de prendre contact avec les responsables de formation afin de créer plus de lien entre le dispositif et les différents parcours. Cette étude est une première qui devra être complétée par un projet de recherche de plus grande ampleur sur les différents campus portant le dispositif. L'engagement étudiant à

travers ce dispositif peut être important. Cependant, la valorisation par l'administration universitaire de l'engagement bénévole étudiant dans les associations est encore peu développée (Côme, 2009). Il nous semblerait intéressant de valoriser l'investissement bénévole dans le cadre du projet Inventaire Fac' à travers l'obtention de crédits dans le cadre de cours existants ou à construire.

Références bibliographiques

Bagnolini Guillaume. (2016). Inventaire fac' : un programme de science participative sur les campus étudiants. *Cahiers de l'action*, (N° 47), p. 47-53. URL : <https://www.cairn.info/revue-cahiers-de-l-action-2016-1-page-47.html>

Bagnolini Guillaume, Da Costa Georges, Gerino Magalie, Roth Mathias, Trân Cécile. (2017) Multidisciplinary for biodiversity management on campus through citizen sciences. *The 2nd IEEE Workshop on Smart and Sustainable City*

Charvolin Florian. (2009). « Comment penser les sciences naturalistes « à amateurs » à partir des passions cognitives », *Natures Sciences Sociétés, Volume 17*, p. 145-154. URL : <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2009-2-page-145.html>

Côme Thierry, Morder Roby. (2009). Les engagements des étudiants, formes collectives et organisées d'une identité étudiante. *Rapport de l'Observatoire de la Vie Etudiante (OVE)*.

Ory Jean-François, Petitjean Jean-Luc, Côme Thierry. (2018). La mise en œuvre d'un contrôle environnemental à l'université : freins et facteurs de réussite. *Revue de l'organisation responsable, Volume 13*, p. 60-73. URL : <https://www.cairn.info/revue-de-l-organisation-responsable-2018-2-page-60.html>

Prévot Anne-Caroline, Dozières Anne, Turpin Sébastien et Julliard Romain. (2016). Les réseaux volontaires d'observateurs de la biodiversité (Vigie-nature) : quelles opportunités d'apprentissage ? *Cahiers de l'action*, (N° 47), p. 35-40. URL : <https://www.cairn.info/revue-cahiers-de-l-action-2016-1-page-35.html>

REFEDD. (2016). *La biodiversité sur mon campus*. https://le-reses.org/wp-content/uploads/2021/05/GUIDE_BIODIVERSITE_OK.pdf

Calikanzaros Emma - Associations étudiantes : une voie d'apprentissage de la transition socio-écologique innovante dans les formations d'ingénieurs

Emma Calikanzaros, Présidente de l'association Biocampus

Résumé

Autrefois image d'une promesse prométhéenne, le progrès technique est aujourd'hui perçu comme une menace alimentant une « technophobicit  croissante »¹. En effet, les innovations sont souvent tenues responsables des multiples problématiques « polydisciplinaires, multidimensionnelles et globales »² auxquelles notre société fait face. Dans ce contexte, l'ingénieur est aujourd'hui confronté à un monde complexe appelant des capacités de problématisation élargies et de réflexion davantage systémiques ou holistiques³. Appréhender le concept de développement durable en école d'ingénieur est donc crucial afin d'étayer les questionnements présents dans l'esprit de plus en plus d'étudiants ingénieurs.es et leur permettre de positionner leurs pratiques au sein de ces problématiques complexes. Pour y parvenir, une réflexion pédagogique guidant l'émergence de pratiques innovantes à l'image de la nature complexe et évolutive de ce concept est requise.

À Sup'Biotech (école d'ingénieur en biotechnologies) s'est créée une association étudiante qui promeut le développement durable et questionne notre relation au vivant : Biocampus. Notre intervention décrirait ainsi à l'aide d'exemple concrets comment Biocampus, joue le rôle de « micro-milieu éducatif »⁵, où sont véhiculées des compétences en complément de savoirs académiques, permet notamment de construire la conscience écologique déjà naissante chez les étudiants, de les familiariser avec le milieu d'entreprises investies dans les problématiques de développement durable ainsi que de leur transmettre des pratiques écoresponsables. Grâce à la juxtaposition dynamique de pratiques d'autoapprentissage variées, cette association permet notamment de partager un éthos fondé sur les valeurs de la permaculture prédisposant la façon d'être au monde des étudiants⁶, de situer éthiquement leurs pratiques d'innovation biotechnologique ainsi que de créer du sens chez certains étudiants souvent en proie à certaines dissonances cognitives.

Mots clés : Formation d'ingénieurs, association étudiante, pédagogie non-institutionnelle, engagement, transition socio-écologique

¹ Bourg, D. (1997). Nature et technique. *Collection Optiques Philosophie*. Hatier, Paris.

² Morin, E. (1999). Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur. *Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture* 67p.

³ Sainsaulieu, I. et Vinck, D. (2015). Ingénieur aujourd'hui. *Collection Le Savoir Suisse*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

⁴ Lemaitre, D. (2019). Pédagogies de l'innovation dans les formations d'ingénieurs : les conditions d'une problématisation sociotechnique, colloque « Former à l'innovation ? ».

⁵ Portelli, P. (1993). L'autoformation en milieu associatif. *Revue française de pédagogie* 102 : 45-53.

⁶ Bédard, P. (2015). L'éthos en sociologie : perspectives de recherche sur un concept toujours fertile. *Cahiers de recherche sociologique* 59-60 : 259 – 276.

Associations étudiantes : une voie d'apprentissage de la transition socio-écologique innovante dans les formations d'ingénieurs

Le temps où le travail des ingénieurs relevait purement de la technique semble aujourd'hui bel et bien révolu tant leurs missions ont évolué. Depuis la seconde moitié du XX^{ème} siècle, une transformation profonde du métier d'ingénieur s'est enclenchée et continue de s'opérer. En effet, à l'interface entre la technique et la société, les ingénieurs ont étoffé leurs compétences d'un volet social éminemment lié aux enjeux politiques, stratégiques et éthiques auxquels nous sommes confrontés. Une convergence de différents phénomènes a ainsi contribué à l'émergence d'une responsabilité sociétale accrue de l'ingénieur.

À l'Ère de l'Anthropocène, où la course au progrès se traduit bien souvent par des sociétés ultra-technicisées, les ingénieurs se retrouvent dès lors au cœur de tous les domaines. Ils s'occupent aujourd'hui notamment d'informatique, de communication, de management, de logistique, d'énergie ou encore d'innovations de services et participent à l'organisation du monde dans son ensemble là où, par le passé, leurs missions se résumaient à l'aménagement et à la fortification du territoire⁷. Ainsi, l'essor de la science et de la technique engendrant des mutations complexes du monde, entraînent les ingénieurs vers toujours plus d'incertitudes et de complexité⁸. Ce pouvoir de transformation du monde risqué, n'impactant plus seulement nos modes de vie, mais engageant le futur de notre humanité dans son ensemble, soulève des risques et des interrogations éthiques majeures.

Cet appel à une ingénierie responsable est d'autant plus prégnant qu'au fil des crises environnementales, sociales, démocratiques et économiques, les ingénieurs sont souvent tenus coupables « des ratés du progrès et du déchaînement contre l'Homme de capacités technologiques qu'il échoue à maîtriser »⁹ au nom d'un productiviste sans limite. Face à l'évolution du rapport entre science et société, les ingénieurs, jadis héros prométhéens jouissant de l'autonomie comme valeur intrinsèque de la technique, sont désormais confrontés à une montée en puissance des questions éthiques vis-à-vis d'une notion de progrès désenchantée^{10,11} et de la conscience écologique grandissante des citoyens. À la croisée entre solution et cause du problème, les ingénieurs sont ainsi souvent en proie à des contradictions de conscience et en crise dans leur recherche de sens¹².

C'est dans ce contexte-là, où le progrès technique et le progrès moral ne sont plus liés et où les ingénieurs doivent retrouver leur valorisation sociale que la place de leur responsabilité socio-environnementale au sein de leur formation questionne. Nous verrons donc, depuis notre point de vue associatif, quelles postures d'engagement et d'auto-apprentissage adoptent de plus en plus d'étudiants face à ces crises.

⁷ Sainsaulieu, I. et Vinck, D. (2015). *Ingénieur aujourd'hui*. Collection *Le Savoir Suisse*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

⁸ Callon, M., Lascoumes, P., et Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Paris, Le Seuil.

⁹ Sainsaulieu, I. et Vinck, D. (2015). *Ingénieur aujourd'hui*. Collection *Le Savoir Suisse*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

¹⁰ Klein, E. (2019). *Sauvons le progrès*. Collection Mikros. L'aube.

¹¹ Besson, S. (2018, décembre). *La mort du progrès nous laisse vides et angoissés*. *Le temps*. <https://www.letemps.ch/culture/mort-progres-laisse-vides-angoisses> (consulté le 28/02/21).

¹² Miller, M. (2019, avril). « Une perte de sens totale » : le malaise grandissant des jeunes ingénieurs face au climat. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/04/16/une-perte-de-sens-totale-le-blues-des-jeunes-ingenieurs-face-au-climat_5450927_4401467.html (consulté le 28/02/21).

Une posture de fortes attentes vis-à-vis de leur carrière et de leur formation

Chaque année, une fraction grandissante d'étudiants ingénieurs se questionnent sur l'emploi auxquels ils se prédestinent. Ils se sentent étriqués, en contradiction avec leurs convictions et incapables de se reconnaître dans la promesse d'une vie de cadre supérieur en rouage essentiel d'un système en lequel ils ne croient plus ; un système de surconsommation capitaliste¹³ fonctionnant à « crédit de la planète, des autres peuples et des générations futures »¹⁴. Le Manifeste Étudiant pour un Réveil Écologique¹⁵ relevant que cela ne rime à rien de « se déplacer à vélo quand on travaille par ailleurs pour une entreprise dont l'activité contribue à l'accélération du changement climatique » et le discours de Clément Choisine⁷ dans lequel il appelle « les ingénieurs, géniteurs de l'obsolescence programmée » à retrouver de l'éthique pour ne pas « perpétuer les erreurs du passé et du sacré saint progrès » en sont les parlantes illustrations.

Les résultats de la Consultation Nationale Étudiante 2020 (CNE2020) portée par le Réseau Français Étudiant pour le Développement Durable (REFEDD)¹⁶ et sondant plus de 50 000 étudiants témoignent également que la majorité des étudiants ont de fortes attentes concernant leur avenir professionnel. Par exemple, 47% des étudiants pensent que les entreprises sont les premières responsables des dégâts environnementaux et 94% pensent que ceux-ci sont insuffisamment voire pas du tout pris en compte dans les décisions des dirigeants d'entreprises. Les résultats de la CNE2020 concordent avec certaines études antérieures¹⁷ révélant que de nombreux jeunes sont soucieux de concilier leurs convictions à un travail qui a du sens, quitte à être moins bien payés.

Il est donc crucial que le métier d'ingénieur se dote d'une véritable réflexion critique en commençant par intégrer de nouveaux enseignements dans sa formation.

En effet, la CNE, vient réaffirmer ce message puisqu'elle indique que 69% des étudiants veulent être mieux formés aux enjeux environnementaux. Or, malgré les appels répétés des étudiants, notamment lors de la journée « Make Our Lessons Great Again »¹⁸, les institutions peinent à prendre la mesure des enjeux. Cela alors même que l'enseignement supérieur est le moment où se construit la relation de l'individu avec le rôle qu'il occupera dans la société¹⁹, et où il est le plus à même de développer des capacités de problématisation élargies afin de saisir les

¹³ Clément Choisine. (4 dec. 2018). Discours Remise des Diplômes 2018 Centrale Nantes #OnEstPret. Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=3LvTgiWSAAE&t=5s>

¹⁴ WWF (2018). L'autre déficit de la France. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2018-05/180504_rapport_jour_du_depassement_france.pdf (consulté le 28/02/21).

¹⁵ Manifeste pour un réveil écologique : <https://manifeste.pour-un-reveil-ecologique.org/fr> (consulté le 28/02/21)

¹⁶ Le rapport détaillé de la CNE sur le site du REFEDD : <https://refedd.org/cne/> (consulté le 28/02/21)

¹⁷ Rodet, Diane. « Jeunes travailleuses et travailleurs de la production engagés : articuler activité professionnelle et conviction dans un engagement professionnalisé » In : *Les jeunes, le travail et l'engagement*, La revue de l'Ires, 2019/3 (n°99), 120p.

¹⁸ « Pour une intégration des enjeux environnementaux dans l'enseignement », La Terre au Carré, France Inter, 28/12/2019 sur : <https://www.franceinter.fr/emissions/la-terre-au-carre/la-terre-au-carre-18-decembre-2019> (consulté le 28/02/21). Des associations étudiantes se sont regroupées à l'ENS Ulm afin de soutenir la proposition de loi relative à l'intégration des enjeux environnementaux dans les formations du supérieur qui n'a pas été votée, qui a fait l'objet d'un groupe de travail présidé par Jean Jouzel au Ministère de la Transition Écologique mais dont le rendu n'a pas fait l'objet d'une réponse de la part de la Ministre à date.

¹⁹ The Shift Project (février 2021). Former l'Ingénieur du XIXème siècle. <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/02/Rapport-intermediaire-Former-lingenieur-du-XXIe-siecle-V2.pdf> (consulté le 28/02/21)

problématiques « polydisciplinaires, multidimensionnelles et globales »²⁰ auxquelles notre société fait face. Aujourd'hui, « les ingénieurs gèrent des petits bouts de problèmes sans prendre de la hauteur, sans considérer le projet dans sa globalité et ses conséquences sociétales », regrette Lola Guillot, polytechnicienne et membre de l'association Ingénieurs sans frontières²¹.

De plus, cette réflexion pourra se développer qu'à condition qu'un enseignement de l'éthique dans les écoles d'ingénieurs soit dispensé. Cela permettra « d'aider les futurs ingénieurs à prendre du recul par rapport aux valeurs et idéologies sous-jacentes aux différentes connaissances »²² en les équipant d'outils de réflexion étayant leurs pratiques. Par exemple, en réponse à la volonté des étudiants de ne plus travailler au service de « projets déconnectés de l'urgence écologique », des cours d'éthique pourraient fournir un cadre de réflexion aux futurs ingénieurs qui ne se satisfont plus de la simple recherche de solutions. Ils remettent désormais en cause l'énoncé du problème. Les innovations « high-techs » telles que le frigo connecté ou les écouteurs sans-fils ont-elles vraiment vocation à améliorer nos conditions de vie ? Comme l'écrivain Alain Damasio a l'habitude de questionner : en quoi ces prouesses technologiques nous mutilent-elles autant qu'elles nous servent ?

C'est donc à la lumière de cette « technophobie croissante » et d'un engagement écologique grandissant chez les jeunes, que la formation doit se renouveler. Cela permettra avant tout de former des ingénieurs conscients de la complexité croissante du monde afin qu'ils puissent jouer leur rôle dans la transition socio-écologique mais aussi afin de répondre à la demande de sens grandissante des étudiants tant dans leur formation que dans leur future carrière professionnelle.

Une posture de formation active et d'engagement, l'exemple de Bio Campus

L'évolution des contenus académiques étant plus lente que celles des convictions des étudiants confrontés à l'urgence de la crise écologique, nombre d'entre eux décident de s'investir dans le milieu associatif afin de combler les manques institutionnels et assouvir leur désir d'engagement. En effet, ils trouvent dans l'engagement associatif un véritable moyen de créer du sens entre leur formation, leur futur métier et leurs pratiques. Le bénévolat permet également de devenir acteur de sa propre formation et de se réappropriier ses études. En effet, les associations, ces « micro-milieus éducatifs »²³, jouent un rôle fondamental dans les processus d'auto-apprentissage collectifs de leurs bénévoles. Cette démarche d'autoapprentissage étant par ailleurs volontaire, elle en devient d'autant plus bienfaitrice car cette posture active fait que les étudiants deviennent plus motivés et enjoués.

À Sup'Biotech (école d'ingénieur en biotechnologies) s'est créée une association étudiante fondée sur la permaculture, promouvant de manière large l'écologie et questionnant notre relation au vivant nommée Bio Campus. C'est au travers de ce témoignage que nous tentons d'illustrer, en pratique, comment ce cadre associatif permet à ses bénévoles de co-construire un

²⁰ Morin, E. (1999). Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur. *Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture* 67p.

²¹ Nunès, E. (novembre 2017). Des élèves ingénieurs de plus en plus écoresponsables. *Le Monde* : https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/11/02/des-eleves-ingenieurs-de-plus-en-plus-ecoresponsables_5209322_4401467.html (consulté le 28/02/21)

²² Gondran, N., et Kammen, D. (2004). De la pluridisciplinarité pour des ingénieurs généralistes vers une interdisciplinarité à la mesure d'ingénieurs éco-citoyens. *Didaskalia*, 24, pp. 65-80.

²³ Portelli, P. (1993). L'autoformation en milieu associatif. *Revue française de pédagogie* 102 : 45-53.

éthos commun²⁴ fondé sur les valeurs de la permaculture, de situer éthiquement leurs pratiques d'innovation biotechnologique et de développer leurs connaissances en matière d'écologie hors des murs des salles de classe.

L'engagement associatif pour l'écologie est une activité profondément transformatrice : les nouveaux arrivants ont souvent une compréhension limitée des enjeux de la transition socio-écologique et une conscience écologique alors naissante. Néanmoins, c'est en évoluant aux côtés « d'anciens » qu'ils se sensibilisent, se positionne dans un champ particulier de l'écologie, voire parfois se politisent. A Bio Campus, notre sensibilisation à l'écologie s'effectue grâce à l'entretien de notre jardin de permaculture. Via celui-ci, nous inculquons de nouvelles valeurs et véhiculons de nouvelles façons « d'être au monde », plus en connexion avec la biosphère, l'ensemble des êtres vivants.

Notre jardin conçu et entretenu selon les principes de l'agroécologie se positionne à contre-courant de la tendance actuelle de l'artificialisation du vivant. Notre objectif est d'orienter de façon douce tous les processus naturels fonctionnant en autonomie de façon à créer des synergies entre eux, mais jamais de les commander. Ainsi, au sein de notre jardin où nous veillons à ce que les sols ne soient pas travaillés pour qu'ils puissent conserver toute leur richesse, où la conception du jardin permet que tous les cycles de matière et d'énergie naturels soient respectés, où les semences paysannes utilisées ne sont ni transformées génétiquement ni sélectionnées etc., nous apprenons aux futurs ingénieurs à « faire-avec »²⁵ la nature. En effet, contrairement à l'objectif d'extension de « l'empire de l'Homme » propre à l'idéologie capitaliste et basé sur la hiérarchisation et la domination des êtres vivants, l'entretien du jardin en agroécologie permet aux étudiants de développer une nouvelle façon de composer avec la nature. Cette fois-ci, la nature est considérée comme un partenaire que l'on respecte, sans vouloir à tout prix infléchir son fonctionnement naturel²⁶. Dans ce cadre, vouloir dominer la nature en allant à contre-courant de son fonctionnement naturel n'a pas de sens car ce pilotage, même manié avec la plus grande technique, serait au mieux synonyme d'une perte considérable d'énergie ou au pire un échec retentissant lorsque la nature se révèle incontrôlable. Nous faisons donc plutôt en sorte que le fonctionnement naturel de la nature nous soit le plus profitable possible en instaurant une relation de « collaboration » avec celle-ci. On tient compte de l'autre, « comme si l'on tendait à établir avec la nature et les êtres naturels que l'on manipule les rapports de sociabilité qui permettent aux Hommes de vivre ensemble dans les communautés qu'ils forment »²⁷.

D'autre part, un second principe fondamental de l'agroécologie est l'accroissement de la biodiversité. Via la poursuite de cette richesse, nous tentons de déconstruire l'habitude qui nous pousse, avec cécité et indifférence, à nommer « nature » tout décor naturel²⁸, sans pouvoir prendre la mesure de sa diversité, de nos interdépendances ni de sa complexité. Ces pratiques de « domestication douce du vivant » renvoient ainsi à de nouvelles conceptions de la vie où nous sommes forcés de reconstruire nos relations au vivant qui passe d'abord par une observation attentive de la biodiversité, une compréhension des mécanismes écologiques et enfin une coopération dans le cadre de la permaculture.

Par essence, l'agriculture relève d'une approche radicalement anthropocentrée : c'est une activité qui transforme la nature en un système finalisé vers la satisfaction des besoins humains.

²⁴ Bédard, P. (2015). L'éthos en sociologie : perspectives de recherche sur un concept toujours fertile. *Cahiers de recherche sociologique* 59-60 : 259 – 276.

²⁵ Larrère, C., et Larrère, R. (2015). Penser et agir avec la nature. Une enquête philosophique. *Edition La Découverte*, Paris.

²⁶ *Ibid*

²⁷ *Ibid*

²⁸ Morizot, B. (2020). Manières d'être vivant. *Actes Sud*.

Cependant, ce qui se joue dans le jardin de Bio Campus relève d'un changement de paradigme en faveur d'une conception bio ou éco-centrée du monde²⁹. En effet, dans le jardin, une éthique pour laquelle tout être vivant est digne de considération morale et est une forme de vie à égalité et fin en soi relevant du biocentrisme est mise en place. Cette considération conteste l'approche centrée sur les « services écosystémiques » impliquant que la nature serait réduite à un stock de ressources monétarisées par et pour l'Homme. En réparant cette crise de la sensibilité, cette crise de nos relations au vivant que Baptiste Morizot considère comme la cause de la crise écologique que nous connaissons, nous changeons de façon durable l'éthos de ces futurs ingénieurs qui inscriront leurs futures pratiques au sein de ce cadre de pensée.

D'un tout autre registre, Bio Campus organise souvent des conférences dont le but est d'appliquer les savoirs issus de la formation académique des étudiants (les biotechnologies) à des problématiques liées à la transition écologique (par exemple : Quelle adaptation des récifs coralliens face au changement climatique ? Comment le changement climatique et l'effondrement de la biodiversité favorisent-ils l'émergence de pandémies ? ...). Cela permet aux étudiants, non seulement de rencontrer des professionnels traitant des mêmes sujets qu'eux et engagés dans la transition socio-écologique, leur permettant ainsi de s'identifier et de se projeter, mais également de développer leurs connaissances fondamentales liées à ces enjeux.

Ainsi, au sein de Bio Campus, l'enseignement de l'écologie se diffuse au travers de nouvelles « manières d'être vivants », fondées sur les valeurs de la permaculture, mais également grâce à l'acquisition de nouvelles connaissances liées à l'écologie scientifique permettant aux étudiants de mieux comprendre le fonctionnement de la biosphère. Ceci prédispose grandement les valeurs et pratiques futures de ces ingénieurs en devenir.

Références bibliographiques

- Bédard, P. (2015). L'éthos en sociologie : perspectives de recherche sur un concept toujours fertile. *Cahiers de recherche sociologique* 59-60 : 259 – 276.
- Besson, S. (2018, décembre). *La mort du progrès nous laisse vides et angoissés*. Le temps. <https://www.letemps.ch/culture/mort-progres-laisse-vides-angoisses> (consulté le 28/02/21).
- Callon, M., Lascoumes, P., et Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Paris, Le Seuil.
- Clément Choisine. (4 dec. 2018). Discours Remise des Diplômes 2018 Centrale Nantes #OnEstPret. Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=3LvTgiWSAAE&t=5s>
- Flandrin, L. et Verrax, F. (2019). *Quelle éthique pour l'ingénieur ?* Editions Charles Leopold Mayer.
- Gondran, N., et Kammen, D. (2004). De la pluridisciplinarité pour des ingénieurs généralistes vers une interdisciplinarité à la mesure d'ingénieurs éco-citoyens. *Didaskalia*, 24, pp. 65-80.
- Klein, E. (2019). *Sauvons le progrès*. Collection Mikros. L'aube.
- Larrère, C., et Larrère, R. (2015). *Penser et agir avec la nature. Une enquête philosophique*. Edition La Découverte, Paris.
- Le rapport détaillé de la CNE sur le site du REFEDD : <https://refedd.org/cne/> (consulté le 28/02/21)

²⁹ Flandrin, L. et Verrax, F. (2019). *Quelle éthique pour l'ingénieur ?* Editions Charles Leopold Mayer.

Manifeste pour un réveil écologique : <https://manifeste.pour-un-reveil-ecologique.org/fr> (consulté le 28/02/21)

Miller, M. (2019, avril). « Une perte de sens totale » : le malaise grandissant des jeunes ingénieurs face au climat. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/04/16/une-perte-de-sens-totale-le-blues-des-jeunes-ingenieurs-face-au-climat_5450927_4401467.html (consulté le 28/02/21).

Morin, E. (1999). Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur. *Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture* 67p.

Morizot, B. (2020). Manières d'être vivant. *Actes Sud*.

Nunès, E. (novembre 2017). Des élèves ingénieurs de plus en plus écoresponsables. *Le Monde* : https://www.lemonde.fr/campus/article/2017/11/02/des-eleves-ingenieurs-de-plus-en-plus-ecoresponsables_5209322_4401467.html (consulté le 28/02/21)

« Pour une intégration des enjeux environnementaux dans l'enseignement », *La Terre au Carré*, France Inter, 28/12/2019 sur : <https://www.franceinter.fr/emissions/la-terre-au-carre/la-terre-au-carre-18-decembre-2019> (consulté le 28/02/21).

Portelli, P. (1993). L'autoformation en milieu associatif. *Revue française de pédagogie* 102 : 45-53.

Rapport détaillé de la CNE sur le site du REFEDD : <https://refedd.org/cne/> (consulté le 28/02/21)

Rodet, Diane. (2019). “Jeunes travailleuses et travailleurs de la production engagée : articuler activité professionnelle et convictions dans un engagement professionnalisé” *In : Les jeunes, le travail et l'engagement*, La revue de l'Ires, 2019/3 (n°99), 120p.

Sainsaulieu, I. et Vinck, D. (2015). Ingénieur aujourd'hui. *Collection Le Savoir Suisse*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

Sainsaulieu, I. et Vinck, D. (2015). *Ingénieur aujourd'hui*. Collection Le Savoir Suisse. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

The Shift Project (février 2021). Former l'Ingénieur du XIXème siècle. <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/02/Rapport-intermediaire-Former-ingenieur-du-XXIe-siecle-V2.pdf> (consulté le 28/02/21)

WWF (2018). L'autre déficit de la France. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2018-05/180504_rapport_jour_du_depassement_france.pdf (consulté le 28/02/21).

Atelier 8 - **Outils et méthodes pédagogiques** - Animatrice : Anya Soriya

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
16	FOGG-ROGERS Laura BAKTHAVATCHAALAM Venkat RICHARDSON David FOWLES-SWEET Wendy	Educating engineers to contribute to a regional goal of net zero carbon emissions by 2030
27	BOLDRINI Jean-Claude ELIE Mathilde	Former à la transition vers l'économie circulaire : Nouveaux modèles d'affaires et innovations pédagogiques
33	BOUTET-DIEYE Annabelle LANGLAIS Charlotte QUEMERAIS Philippe	Conception orientée utilisateur·rice, écoconception et débat de controverse : 3 méthodes pour que les élèves intègrent le développement durable dans la conception d'objets communicants
44	COURANT MENEHBI Amina	Enseigner le développement durable dans les formations en ingénierie par les projets tuteurés : méthodologie, résultats et retours d'expériences
46	TITE Caroline N J PONTIN David DACRE Nicholas	Embedding Sustainability in Engineering Projects through Project Management Teaching and Learning

Com. # 16

Fogg-Rogers Laura, Bakthavatchaalam Venkat, Richardson David & Fowles-Sweet Wendy - *Educating engineers to contribute to a regional goal of net zero carbon emissions by 2030*

Dr Laura Fogg-Rogers, laura.foggrogers@uwe.ac.uk

Dr Venkat Bakthavatchaalam,

Dr David Richardson,

Wendy Fowles-Sweet

Department of Engineering, Design and Mathematics, University of the West of England, Bristol, UK

Abstract

The environmental and health impacts of climate change and biodiversity loss are now apparent and yet cohesive policymaking to mitigate emissions is moving too slowly. The UK's target for carbon neutrality has been set for 2050, but this has been superseded by regional leadership in the West of England aiming for Net Zero by 2030. This has been incorporated within the University of the West of England (UWE Bristol) 2030 Strategy through the declaration of a Climate and Ecological Emergency, with direct (scope 1), indirect (scope 2), and implicated (scope 3) emissions included. In order to meet these goals, sustainability education is embedded through all levels of the Engineering Curriculum, aiming to support the regional goal of Net Zero 2030. Current modules incorporate education for Sustainable Development Goals alongside citizen engagement challenges, where engineers find solutions to real-life problems. All undergraduate engineers also take part in immersive project weeks to develop problem-based learning around the Engineers without Borders international challenges. A new Climate Action Hub aims to showcase staff and student sustainability projects and individual actions. Finally, the initiative for Digital Engineering Technology and Innovation aims to embed sustainability throughout the engineering lifecycle, with UWE Bristol providing skills development leadership for the region to enable the future transition.

Keywords:

Carbon emissions; climate emergency; city health citizen engagement; Net Zero.

1. The Climate and Ecological Emergency

The environmental and health impacts of climate change and biodiversity loss are now being felt around the world, from record high temperatures, drought, wildfires, extreme flooding, and even disease pandemics (Ripple, Wolf, Newsome, Barnard, & Moomaw, 2020). Concurrently, we are living through a sixth mass extinction event, with human activities destroying biodiversity at a rate significant enough for the current epoch to be named the Anthropocene (Pievani, 2014). In 2018, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indicated that humanity urgently needs to cut carbon emissions by 2030 in order to stay below 1.5C of global heating (IPCC, 2018). This led highly respected global institutions such as the United Nations (UN), and the European Parliament to declare a Climate and Ecological Emergency (European Parliament, 2019; UN Environment Programme, 2021).

The UK Government has pledged to reach net zero emissions by 2050, with a 78% drop in emissions by 2035 (UK Government, 2021). Following IPCC guidance, some regional councils such as Bristol City Council and the West of England Combined Authority, have pledged to reach Net Zero at an earlier date of 2030 (Bristol City Council, 2019). Many other regional institutions have therefore also pledged to become carbon neutral by 2030; the University of the West of England, Bristol (UWE Bristol) is a Higher Education Institution which has embedded this target within its strategic plan (UWE Bristol, 2019). Linked to this goal is UWE Bristol's leadership of the Environmental Association for Universities and Colleges (EAUC), an Alliance for Sustainability Leadership in Education (UWE Bristol, 2021c).

1.1. Engineering and the Sustainable Development Goals

In order to reach carbon neutrality, everything we make and do will need to be reimagined and re-engineered; engineering therefore has a huge role to play in the transition away from fossil fuels (DETI, 2021). It is therefore vitally important that future engineers are educated about climate change impacts, global sustainability, and developing technologies which are not harmful to the world's biosphere. The Sustainable Development Goals (SDGs) were developed to outline the social, environmental, and economic actions needed to ensure humanitarian development, whilst also staying within planetary boundaries to support life on earth (Ramirez-Mendoza et al., 2020).

UWE Bristol has pledged to embed the SDGs within all curricula, so that higher education degrees prepare graduates for working sustainably (Gough, 2021). This is particularly important for student engineers, as engineering is traditionally taught as an empirical subject isolated from social and environmental contexts, despite having so much impact on society (Lawlor, 2016; Ramirez-Mendoza et al., 2020). The UK Standard for Professional Engineering Competence (UK SPEC) (Engineering Council, 2021) requires engineers to gain an understanding of the ethical and environmental impacts of technology, in order to achieve professional certification. However, introducing social contexts into engineering curricula is viewed as a novel concept, with some resistance from traditional engineering educators.

1.2. Real-world problems and project-based learning

'Real-world' problems can inspire and motivate learners (Loyens, Jones, Mikkers, & van Gog, 2015), while the use of group projects is considered to facilitate collaborative learning (Kokotsaki, Menzies, & Wiggins, 2016). With terminology often used inter-changeably in engineering education, both problem-based learning and project-based learning share characteristics such as collaboration and group work, the integration of knowledge and practice,

and foregrounding problem analysis as the basis of the learning process (Du, de Graaff, & Kolmos, 2019). This experiential active learning can provide opportunities for students to consider sociological and environmental systems thinking in engineering, alongside the traditional scientific-engineering aspects (Frank, Lavy, & Elata, 2003). It also validates different skills and competencies other than technical knowledge, which is often constructed as more of a male domain, and is thus important for females developing an engineering identity (Du, 2006). This enables the development of communities of practice, which are useful for female students due to differentiation in technical experience (Du, 2006; Du & Kolmos, 2009). Furthermore, working with the community acts as service learning, which can enhance the employability of student engineers (Duffy, Moeller, Kazmer, & Barrington, 2008; Oakes et al., 2002).

Engineers without Borders are an international charity which have drawn on this evidence to develop a model of project-based learning, called the Engineering for People Design Challenge (Engineers without Borders, 2021a). The global scenarios enable university students to “work on real-world problems without real-world pressures and risks”, giving them “the opportunity to learn and practice the ethical, environmental, social and cultural aspects of engineering design”. The programme first ran in 2011, and is now operated by 30 universities across the UK, Ireland, South Africa, USA and Australia. The programme develops an awareness of the Climate and Ecological Emergency, alongside endorsing the ‘Engineers Declare’ movement (Engineers without Borders, 2021b). This international petition brings together all forms of the engineering profession to “declare their commitment to create engineering outcomes that more positive impact on the world around us” (Engineers Declare, 2021). This paper outlines UWE Bristol’s efforts to educate engineering students on the SDGs, alongside working towards the regional goal of Net Zero 2030.

2. Engineering Education for Net Zero Transition

2.1. SDGs in Curricula

The first aim for our curricula transformation was to assess where SDG relevant topics were already being taught in the engineering curricula. A departmental-wide mixed methods survey was designed to assess which SDGs were already incorporated, and which teaching methods were being utilized. The survey was emailed out to all staff in 2020, with 27 module leaders responding to highlight pedagogy in 60 modules, covering the engineering topics of: Aerospace; Mechanical and Automotive; Electrical, Electronic, and Robotics; Maths and Statistics; and Engineering Competency.

Two sub-themes were identified: ‘Direct’ and ‘Indirect’ embedding of SDGs; direct being where the engineering designs explicitly reference the SDGs as providing social or environmental solutions, and indirect being where the SDGs are achieved through the engineering education e.g. quality education and gender equality. Direct inclusion of the SDGs tended to focus on reducing energy consumption, and reducing weight and waste, such as through improving the efficiency of the machines/designs. Mitigating the impact of climate change through optimal use of energy was also mentioned. The usage of lifecycle analysis was implemented in several courses, especially for composite materials and their recycling. The full analysis of the spread of the SDGs and their incorporation within different degree programmes can be seen in Figure 1.

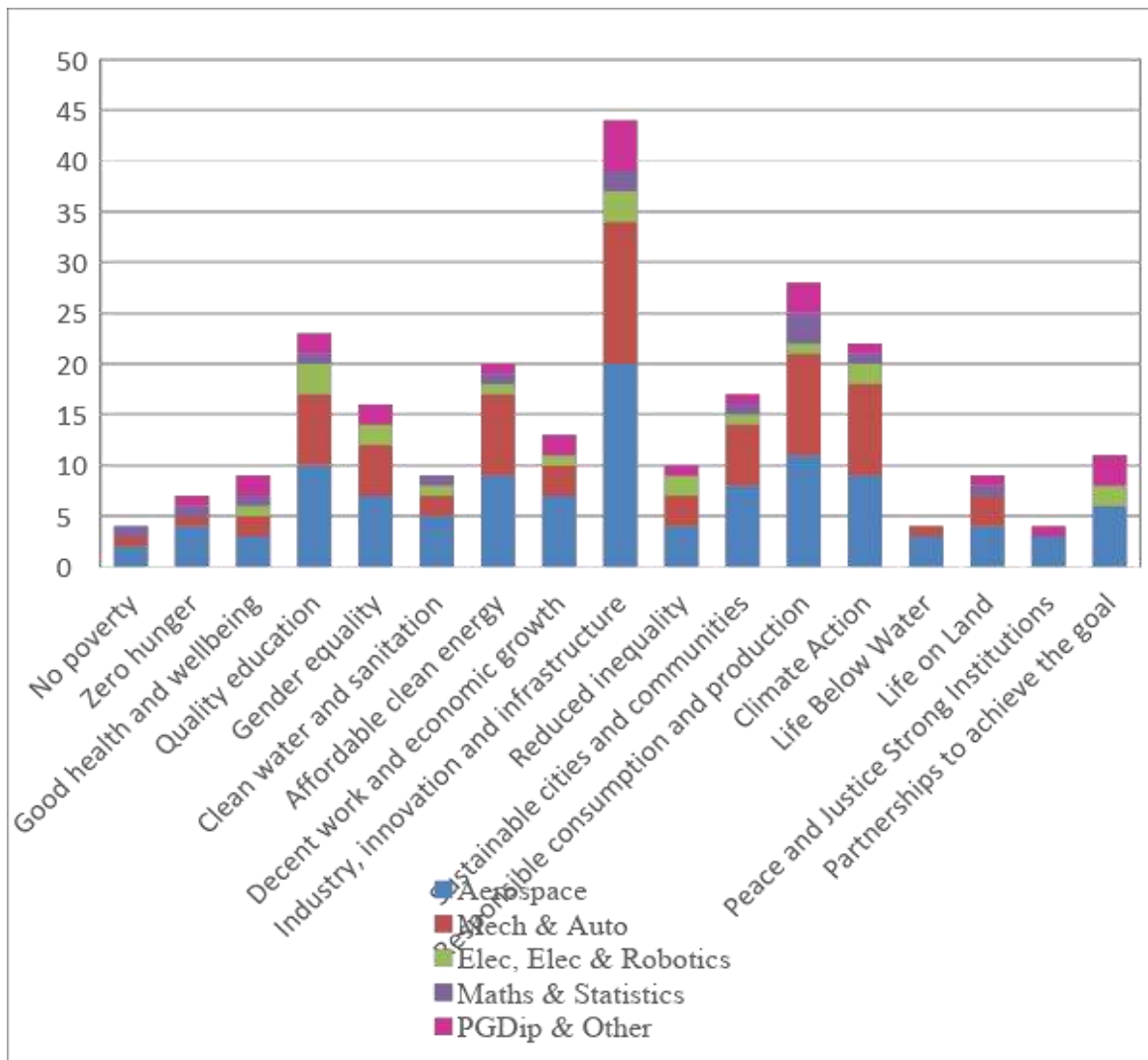


Figure 1 Number of Engineering Modules in which SDGs are Embedded

2.2. Community action

Universities occupy a vital role in the community; thus undergraduate education incorporating active service learning provides opportunities to influence communities now and in the future (Direito, Pereira, & Duarte, 2012). The Department for Engineering Design and Mathematics at UWE Bristol aims to develop socially engaged and aware graduate engineers, and so incorporated the Engineers without Borders challenge into its curricula in 2019. All undergraduate engineers now take part in immersive project weeks, where the students present their solutions to the design challenges (UWE Bristol, 2021a). Local speakers are brought onto campus to outline similar problems occurring in the region, and to showcase their environmentally conscious engineering career development.

Masters level engineers also take part in a service-learning module called 'Engineering in the Community' (UWE Bristol, 2020). Local community groups suggest real-life problems, and students then act as consultants to develop and implement solutions locally. This is being expanded into a Climate Action Hub in our new sustainably built School of Engineering building (UWE Bristol, 2021b), where communities can come for advice from the student and staff community. Students and staff taking individual or engineering climate action will also

showcase their projects, aiming to inspire momentum around the UN Climate Change Conference in 2021 (COP26, 2021).

Finally, UWE Bristol is leading the Skills programme in the initiative for Digital Engineering Technology and Innovation (DETI), which aims to embed sustainability throughout the engineering lifecycle through greater utilization of digital technologies (UWE Bristol, 2021d). We are taking a comprehensive approach to skills development, providing regional leadership on sustainability and STEM education for primary, secondary, further, higher, and lifelong learning. We aim to develop the awareness, skills and capacity for action for current and future engineers, to enable transition away from fossil fuels. This will be enhanced ahead of COP26 through holding a Youth Engagement with Engineering for Sustainability Summit (YEES) in October 2021, with young people discussing ideas for ‘How Might We Reach Net Zero emissions by 2030?’ (I’m an Engineer, 2021). The regional government for the West of England has responded to this work by citing DETI as key actor in its Climate Action plan for 2030 (WECA, 2020).

We believe that the engineering profession has a crucial role to play in climate education and action, and we hope that other engineering educators also act with urgency to speed up the global transition to carbon neutrality.

References

- Bristol City Council. (2019). *Bristol City Council Mayor’s Climate Emergency Action Plan 2019*.
- COP26. (2021). UN Climate Change Conference 2021. Retrieved June 21, 2021, from <https://ukcop26.org/>
- DETI. (2021). Initiative for Digital Engineering Technology and Innovation. Retrieved from <https://www.nccuk.com/deti/>
- Direito, I., Pereira, A., & Duarte, A. M. de O. (2012). Engineering Undergraduates’ Perceptions of Soft Skills: Relations with Self-Efficacy and Learning Styles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 843–851. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.571>
- Du, X. (2006). Gendered practices of constructing an engineering identity in a problem-based learning environment. *European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043790500430185>
- Du, X., de Graaff, E., & Kolmos, A. (2019). Problem-based Learning: Effectiveness, Drivers, and Implementation Challenges. In *Research on PBL Practice in Engineering Education*. https://doi.org/10.1163/9789087909321_005
- Du, X., & Kolmos, A. (2009). Increasing the diversity of engineering education - a gender analysis in a PBL context. *European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043790903137577>
- Duffy, J., Moeller, W., Kazmer, D., & Barrington, L. (2008). Service-Learning Projects in Core Undergraduate Engineering Courses. *International Journal for Service Learning in Engineering*, 3, 18–41.
- Engineering Council. (2021). UK SPEC. Retrieved from <https://www.engc.org.uk/standards-guidance/standards/uk-spec/>

- Engineers Declare. (2021). Engineers Declare Climate and Biodiversity Emergency. Retrieved June 21, 2021, from <https://www.engineersdeclare.com/>
- Engineers without Borders. (2021a). Engineering for People Design Challenge. Retrieved June 21, 2021, from <https://www.ewb-uk.org/upskill/design-challenges/engineering-for-people-design-challenge/>
- Engineers without Borders. (2021b). Engineers Declare Climate Emergency. Retrieved June 21, 2021, from <https://www.ewb-uk.org/engineers-declare-climate-emergency/>
- European Parliament. (2019). The European Parliament declares climate emergency. Retrieved May 6, 2021, from <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20191121IPR67110/the-european-parliament-declares-climate-emergency>
- Frank, M., Lavy, I., & Elata, D. (2003). Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1023/A:1026192113732>
- Gough, G. (2021). *UWE Bristol SDGs Programme Mapping Portfolio*.
- I'm an Engineer. (2021). Youth Engagement with Engineering for Sustainability Summit. Retrieved from <https://yeess.imanengineer.org.uk/>
- IPCC. (2018). IPCC Special Report 2018. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to Eradicate Poverty*.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Lawlor, R. (2016). *Engineering in Society - beyond the technical, what every engineering student should know*.
- Loyens, S. M. M., Jones, S. H., Mikkers, J., & van Gog, T. (2015). Problem-based learning as a facilitator of conceptual change. *Learning and Instruction*. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.03.002>
- Oakes, W., Duffy, J., Jacobius, T., Linos, P., Lord, S., Schultz, W. W., & Smith, A. (2002). Service-learning in engineering. *32nd Annual Frontiers in Education*, 2. <https://doi.org/10.1109/FIE.2002.1158178>
- Owen, D., & Hill, S. (2011). *Embedding Public Engagement in the Curriculum: A Framework for the Assessment of Student Learning from Public Engagement*.
- Pievani, T. (2014). The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on biodiversity. *Rendiconti Lincei*, 25(1), 85–93. <https://doi.org/10.1007/s12210-013-0258-9>
- Ramirez-Mendoza, R. A., Morales-Menendez, R., Melchor-Martinez, E. M., Iqbal, H. M. N., Parra-Arroyo, L., Vargas-Martínez, A., & Parra-Saldivar, R. (2020). Incorporating the sustainable development goals in engineering education. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00661-0>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., & Moomaw, W. R. (2020). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>
- UK Government. (2021). UK enshrines new target in law to slash emissions by 78% by 2035. Retrieved June 19, 2021, from <https://www.gov.uk/government/news/uk-enshrines-new-target-in-law-to-slash-emissions-by-78-by-2035>

UN Environment Programme. (2021). Facts about the Climate Emergency. Retrieved May 6, 2021, from <https://www.unep.org/explore-topics/climate-change/facts-about-climate-emergency>

UWE Bristol. (2019). Climate and Ecological Emergency Declaration. Retrieved from <https://www.uwe.ac.uk/about/values-vision-strategy/sustainability/climate-and-ecological-emergency-declaration>

UWE Bristol. (2020). Engineering in the Community. Retrieved from <https://blogs.uwe.ac.uk/engineering/category/engineering-in-the-community/>

UWE Bristol. (2021a). Engineering Solutions to Real World Problems. Retrieved June 21, 2021, from <https://blogs.uwe.ac.uk/engineering/engineering-solutions-to-real-world-problems-uwe-project-week-2020/>

UWE Bristol. (2021b). School of Engineering building awarded “Excellent” BREEAM rating for sustainability. Retrieved from <https://blogs.uwe.ac.uk/engineering/school-of-engineering-building-awarded-excellent-breeam-rating-for-sustainability/>

UWE Bristol. (2021c). Sustainability Strategy, Leadership and Plans. Retrieved from <https://www.uwe.ac.uk/about/values-vision-strategy/sustainability/strategy-leadership-and-plans>

UWE Bristol. (2021d). What is DETI? Retrieved from <https://www.uwe.ac.uk/about/values-vision-strategy/partnerships/department-partnerships/engineering-design-and-mathematics/deti>

WECA. (2020). Helping to tackle the climate emergency. Retrieved from <https://www.westofengland-ca.gov.uk/helping-to-tackle-the-climate-emergency/>

Com. # 27

Boldrini Jean-Claude et Elie Mathilde - *Former à la transition vers l'économie circulaire : Nouveaux modèles d'affaires et innovations pédagogiques*

Jean-Claude Boldrini (Université de Nantes) jean-claude.boldrini@univ-nantes.fr

Mathilde Elie (Latitude Créative) mathilde.elie@latitude-creative.fr

Résumé

La communication présente les résultats d'un projet de recherche – action – formation destiné à didactiser un nouveau modèle d'affaires circulaire. La démarche mise en œuvre vise à former des étudiants et des professionnels à la transition vers l'économie circulaire à partir de ce modèle d'affaires. L'objectif est, d'une part, d'outiller les étudiants et les porteurs de projets afin qu'ils puissent rendre plus écologiques les projets dans lesquels ils sont impliqués (savoir-faire) et, d'autre part, d'expérimenter l'intelligence collective et la collaboration à toutes les étapes d'un projet de transition écologique (savoir-être). Le modèle a été testé, depuis 2018, avec des étudiants nantais de l'IAE, de Polytech et de Centrale, lors de TD et de projets tutorés réalisés pour des entreprises. Les expérimentations pédagogiques comprennent, entre autres, des jeux sérieux ou des jeux de rôles qui favorisent la prise de conscience des enjeux de l'économie circulaire en rapprochant au maximum les participants de la complexité des situations réelles rencontrées (asymétries d'informations, blocages institutionnels, enjeux émotionnels). La communication présente la démarche et les livrables du projet, pensés pour être exploités facilement par des enseignants et des consultants.

Mots-clés : économie circulaire, modèles d'affaires circulaires, transition écologique

Introduction

Contrairement au rapport Meadows qui, en 1972, a essentiellement rencontré critiques et sarcasmes, le développement durable est parvenu, malgré les critiques qui lui ont également été adressées, à devenir une notion essentielle de sensibilisation aux limites de nos systèmes de production-consommation et à l'impossibilité de les poursuivre indéfiniment. Force est de constater, pourtant, que malgré l'impact planétaire du rapport Brundtland, en 1987, ou de la Conférence des Nations Unies de Rio de Janeiro sur l'Environnement et le Développement, en 1992, peu de progrès ont été réalisés pour tendre vers une plus grande soutenabilité. Depuis quelques années, le concept d'économie circulaire croît en notoriété et vise également cet objectif. Des auteurs estiment que l'économie circulaire peut être soit un substitut au développement durable, soit un moyen de l'opérationnaliser (Kirchherr et al., 2017 ; Merli et al., 2018). Si l'économie circulaire n'a pas encore de définition stabilisée et si ses concepts sont encore en débat, il existe malgré tout un consensus quant à ses principaux objectifs : 1) minimiser le prélèvement de ressources de matières premières vierges et d'énergies non renouvelables, 2) réduire les déchets et les émissions polluantes grâce aux flux cycliques de

produits, de matières et d'énergie dans des boucles fermées et 3) prolonger la durée de vie des produits et des matériaux par la réintroduction, dans le système de production-consommation, de ceux qui sont usagés mais qui ont encore une valeur économique (Geissdoerfer et al., 2017). Parmi les facteurs favorables à la transition vers l'économie circulaire, de nombreux travaux soulignent l'importance des modèles d'affaires (Lieder & Rashid, 2016 ; Nußholz, 2017 ; Merli et al., 2018).

Ces évolutions n'ont pas échappé aux universités et écoles qui les ont progressivement incluses dans leur cursus. Des travaux rendent compte des expérimentations menées en matière d'enseignement pour le développement durable (Brunstein & King, 2018 ; Kopnina, 2020), la soutenabilité (Stubbs & Cocklin, 2007 ; Carew & Mitchell, 2008), l'économie circulaire (Kirchherr & Piscicelli, 2019) ou les modèles d'affaires soutenables (Karlush et al., 2018).

Cette communication s'inscrit dans la lignée de ces travaux. Elle présente les résultats d'une recherche – action – formation destinée à former des étudiants de niveau master ou ingénieur à l'économie circulaire et à ses modèles d'affaires et à les outiller afin qu'ils puissent être des acteurs engagés et réflexifs pour accompagner les transitions sociotechniques soutenables (Audet, 2015).

Contexte

Les auteurs ont, dans le passé, éprouvé des difficultés avec les modèles d'affaires soutenables ou circulaires proposés dans la littérature lorsqu'ils ont tenté de les utiliser au cours de travaux de recherche ou pour accompagner des projets tutorés d'étudiants. La quasi-totalité des modèles d'affaires soutenables (Lewandowski, 2016 ; Joyce & Paquin, 2016) ou circulaires (Saffré & Butin, 2015 ; Antikainen & Valkokari, 2016 ; Lewandowski, 2016) sont des extensions du célèbre *Canvas* d'Osterwalder et Pigneur (2011).

Ces modèles présentent des lacunes dont nous ne mentionnerons ici que les deux principales. Tout d'abord, ils modélisent uniquement le fonctionnement d'une seule organisation. Or, bien qu'aucune organisation ne puisse faire d'économie circulaire toute seule, aucun des modèles d'affaires circulaires existants ne représentait leurs incontournables interconnexions. Ensuite, leurs auteurs ont complété le *Canvas* en ajoutant des blocs complémentaires aux neuf déjà présents. L'inconvénient est que, pour circulariser les modèles d'affaires de N organisations, plus le nombre de blocs est important et plus le nombre d'organisations concernées est important, plus il est difficile et laborieux de relier l'ensemble. Faute d'outils permettant de concevoir, de connecter et d'aligner les modèles d'affaires de plusieurs organisations, des enseignants-chercheurs de l'IAE Nantes ont décidé de forger leur propre outil (Boldrini & Antheaume, 2019, 2021) à partir du modèle RCOV de Demil et Lecocq (2010).

Le modèle RCOV possède deux propriétés intéressantes en économie circulaire. Tout d'abord, il est parcimonieux car constitué de trois blocs principaux seulement ce qui facilite la connexion de plusieurs modèles d'affaires. Ensuite, il insiste sur la cohérence dynamique qui est la capacité à faire évoluer un modèle d'affaires en maintenant durablement les performances d'une entreprise, la notion étant généralisable à la performance économique, environnementale et sociale d'un ensemble d'organisations en économie circulaire.

Le modèle de Boldrini et Antheaume (2019, 2021) a été expérimenté par les auteurs et d'autres partenaires, depuis 2018, dans deux contextes. Tout d'abord, au cours de TD d'étudiants de M1 et M2 double compétence de l'IAE Nantes dont l'effectif contient une part significative d'élèves-ingénieurs, principalement de Polytech Nantes. Ensuite, lors de l'encadrement de projets tutorés réalisés conjointement par des étudiants du M2 « Economie de l'environnement, de l'énergie et des transports » de l'IAE Nantes et par des étudiants de 3^e année de Centrale

Nantes qui suivent l'option « Ingénierie de la transition écologique ». En 2020 et 2021, des expérimentations ont également été réalisées avec des apprentis en 3^e année d'ingénieur à l'ENSAM Chambéry.

En 2019, les auteurs ont répondu et ont été sélectionnés à un appel à projet de l'Université de Nantes intitulé « Fonds d'Initiatives Pédagogiques » (FIP)¹. Grâce au soutien financier apporté, la poursuite de la recherche – action – formation a permis : 1) de tester le modèle d'affaires sur de nouveaux cas réels, 2) d'améliorer le modèle qui a été nommé BM³C² (*Business Model Multi-actor, Multi-level, Circular, and Collaborative*), 3) de produire les livrables présentés ci-dessous et 4) de diffuser les résultats du projet.

Les résultats du projet FIP

Les livrables du projet FIP s'articulent autour d'une *plateforme internet*². Cette plateforme présente succinctement les principes de l'économie circulaire et des modèles d'affaires soutenables et circulaires ainsi que les cas pédagogiques issus des expérimentations. Elle permet, par ailleurs, d'accéder à un certain nombre de ressources et de télécharger les fichiers numériques de tous les livrables du projet. Les *trames vierges du modèle BM³C²* constituent le cœur du projet et son principal livrable (Cf. annexe 1).

Un jeu de trames est constitué de 3 planches format A2. Deux trames identiques permettent d'élaborer les modèles d'affaires soutenables de deux organisations engagées ensemble dans une transition vers l'économie circulaire. La troisième trame représente les flux physiques, directs et inverses, les flux monétaires et d'informations ainsi que l'organisation à mettre en place entre les deux organisations pour circulariser les modèles d'affaires. Ces trames sont le support du travail collectif de groupes d'étudiants ou de professionnels dont la mission est de connecter et d'aligner plusieurs modèles d'affaires.

La *figure en annexe 1* représente un jeu de deux trames « Organisation » et d'une trame « Connexions » dans le cas de deux organisations. Si les organisations engagées dans le processus sont plus nombreuses, il suffit d'ajouter des jeux de trames.

Un *tutoriel* propose un mode d'emploi pour le remplissage des trames vierges et la mise en œuvre du modèle BM³C².

Un *guide d'animation* énonce quelques principes pédagogiques de formation aux modèles d'affaires circulaires et propose quatre scénarios d'animation de TD (séance de créativité, jeu de rôle, étudiants-consultants, co-développement). Le guide expose, pour chaque scénario, le principe d'animation, les pré-requis des étudiants, les contextes d'utilisation, l'intérêt et les limites du scénario. Des suggestions sont également fournies quant à la posture de l'animateur et des points de vigilance sont soulignés. Une durée de séance conseillée et un exemple de déroulé sont proposés.

Une *bibliothèque de cas* illustre la mise en œuvre du modèle BM³C² au cours de projets passés. Chaque cas comprend une fiche présentant le contexte du projet, des ressources dédiées (fiches de rôle, lien vers des articles, vidéos...) et le modèle d'affaires circulaire du cas. Les cas illustrent la variété des secteurs dans lesquels l'économie circulaire peut être déployée : secteurs primaire et secondaire, industries créatives et culturelles, économie sociale et solidaire (tableau 1).

¹ https://cdp.univ-nantes.fr/developpement-pedagogique/open-universite-de-nantes-2537898.kjsp?RH=INSTITUTIONNEL_FR

² <http://www.bm3c2.fr/>

Tableau 1. Trois des cas pédagogiques disponibles.

Cas	Secteur	Objectif du cas
AgriPlast	Primaire (maraîchage) & secondaire (plasturgie)	« Isocycler » des films plastiques maraîchers usagés
Recyclerie Services – Les artistes upcycleurs	Industries créatives et culturelles	Créer des synergies et pérenniser deux associations <i>via</i> la revente de matières premières secondaires destinées à fabriquer des objets d’art « upcyclés »
Bathô	Economie sociale et solidaire	Convertir des bateaux de plaisance en fin de vie pour les réemployer en tant qu’habitats insolites

L’ensemble des ressources disponibles sur la *plateforme internet* vise à développer une pédagogie active d’apprentissage des modèles d’affaires circulaires afin de former les étudiants de l’enseignement supérieur à la transition écologique (Boldrini & Elie, 2021).

Références

Antikainen, M., Valkokari, M. (2016). A framework for sustainable circular business model innovation, *Technology Innovation Management Review*, 6(7), 1-12.

Audet, R. (2015). Le champ des *sustainability transitions* : origines, analyses et pratiques de recherche, *Cahiers de recherche sociologique*, n° 58, 73-93.

Boldrini, J.-C., Antheaume, N. (2019). Visualizing the connection and the alignment between business models in a circular economy. A circular framework based on the RCOV model, *XXVIII^e Conférence Internationale de Management Stratégique*, Dakar, 11-14 juin.

Boldrini, J.-C., Antheaume, N. (2021). Designing and testing a new Sustainable Business Model tool for Multi-actor, Multi-level, Circular, and Collaborative contexts, *Journal of Cleaner Production*, 309, 127209.

Boldrini, J.-C., Elie, M. (2021). Former à la transition écologique dans l’enseignement supérieur. L’exemple d’une pédagogie active d’apprentissage des modèles d’affaires circulaires, *XXX^{ème} conférence de l’AIMS*, En ligne, 1-4 juin 2021.

Brunstein, J., King, J. (2018). Organizing reflection to address collective dilemmas: Engaging students and professors with sustainable development in higher education, *Journal of Cleaner Production*, 203, 153-163.

Carew, A. L., Mitchell, C. A. (2008). Teaching sustainability as a contested concept: capitalizing on variation in engineering educators' conceptions of environmental, social and economic sustainability, *Journal of Cleaner Production*, 16(1), 105-115.

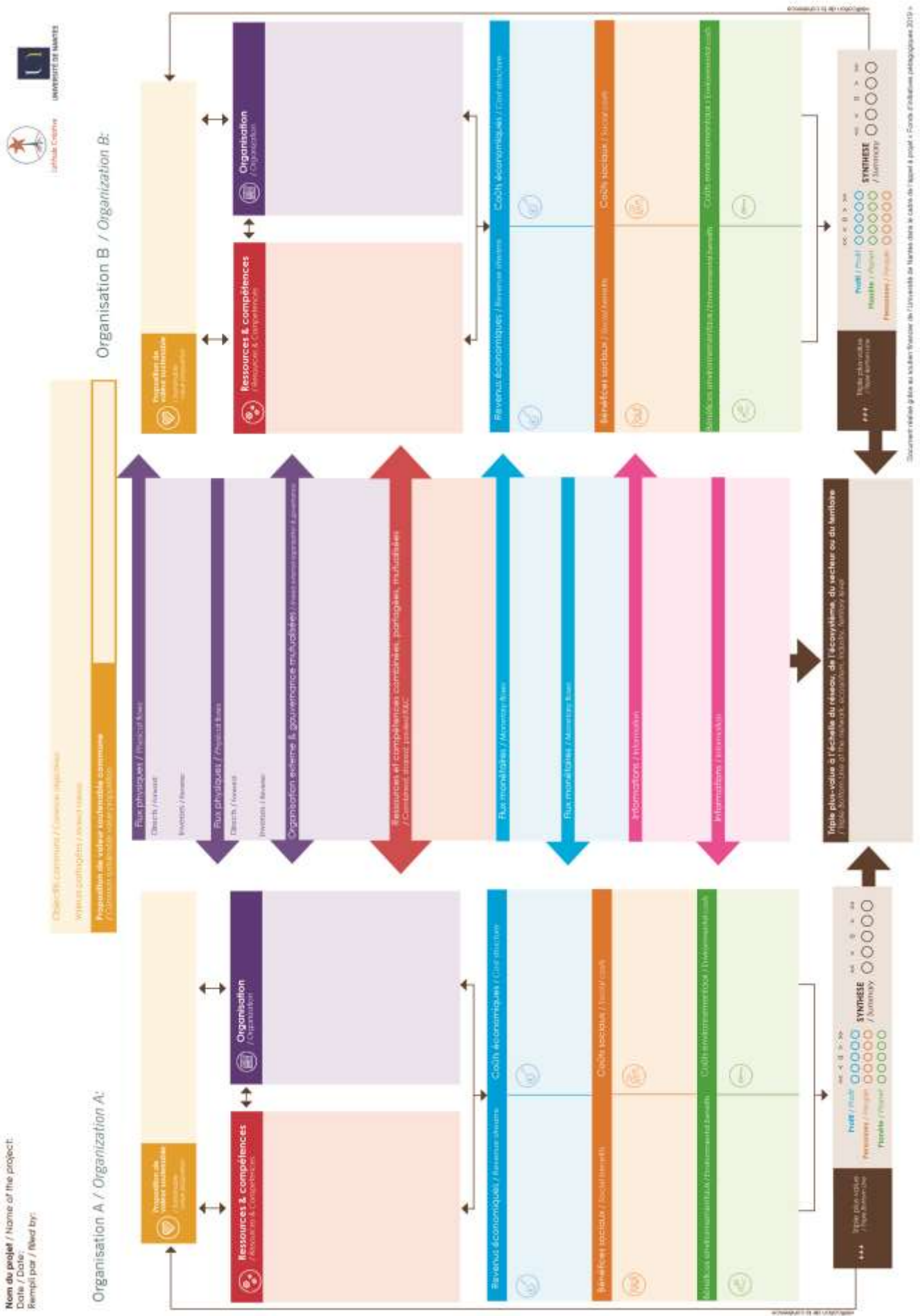
Demil, B., Lecocq, X. (2010). Business model evolution: in search of dynamic consistency, *Long range planning*, 43(2-3), 227-246.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143(1), 757-768.

Joyce, A., Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models, *Journal of Cleaner Production*, 135, 1474-1486.

- Karlusch, A., Sachsenhofer, W., Reinsberger, K. (2018). Educating for the development of sustainable business models: Designing and delivering a course to foster creativity, *Journal of Cleaner Production*, 179, 169-179.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
- Kirchherr, J., Piscicelli, L. (2019). Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study, *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104406.
- Kopnina, H. (2020). Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals, *The Journal of Environmental Education*, 1-12.
- Lewandowski, M. (2016). Designing the business models for circular economy—Towards the conceptual framework, *Sustainability*, 8(1), 43.
- Lieder, M., Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry, *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- Merli, R., Preziosi, M., Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review, *Journal of Cleaner Production*, 178, 703-722.
- Nußholz, J. (2017). Circular business models: Defining a concept and framing an emerging research field, *Sustainability*, 9(10), 1810.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2011). *Business model Nouvelle Génération. Un guide pour visionnaires, révolutionnaires et challengers*, Paris, Pearson Education.
- Saffré, B., Buttin, N. (2015). *Activer l'économie circulaire : comment réconcilier l'économie et la nature*, Paris, Eyrolles.
- Stubbs, W., Cocklin, C. (2008). Teaching sustainability to business students: shifting mindsets, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3), 206-221.

Annexe 1. Un jeu de trames BM³C² pour connecter les modèles d'affaires de deux organisations.



Com. # 33

Boutet-Diéye Annabelle, Langlais Charlotte et Quémerais Philippe - Conception orientée utilisateur-riche, écoconception et débat de controverse : trois méthodes pour que les élèves intègrent le développement durable dans la conception d'objets communicants

Annabelle Boutet-Diéye (IMT Atlantique)

Charlotte Langlais (IMT Atlantique)

Philippe Quémerais (Université de Rennes 1-ENSSAT)

Résumé

En deuxième et troisième année de cycle ingénieur, nous proposons un enseignement dédié à la conception d'objets communicants adossée à des méthodologies de prototypage rapide et de développement agile. En plus de ces enseignements technologiques, nous avons pris le parti d'introduire des méthodes et des outils à même de sensibiliser les étudiant.es aux problématiques sociétales que soulèvent le développement durable. A ce titre, nous considérons le développement durable d'un point de vue de ses quatre composantes principales : environnement, société, économie et gouvernance.

C'est pourquoi, les trois méthodes que nous présenterons sont la conception orientée utilisateurs, l'éco-conception et le débat de controverse.

La conception orientée utilisateurs est un des piliers de notre enseignement. Cette approche est résolument ancrée dans la gouvernance du développement durable puisqu'il s'agit d'intégrer les futurs utilisateurs dans le processus de conception des objets communicants.

L'enseignement en éco-conception fournit aux élèves les bases méthodologiques pour analyser l'impact environnemental d'un bien ou d'un service sur l'ensemble de son cycle de vie. Dans le cadre d'un mini projet s'appuyant sur des outils d'éco-conception de l'industrie, les étudiants acquièrent un premier niveau de compétence pour être, plus tard, acteurs de la mise en œuvre d'une stratégie d'éco-conception.

Dans le débat de controverse nous abordons des problématiques sociétales posées par la digitalisation de la société. Il y a là une double pertinence : d'une part, c'est un outil de démocratie participative ; d'autre part, la construction du débat installe des échanges permanents aux cours desquels les élèves deviennent acteurs et construisent leur propre réflexion sur les problématiques sociétales abordées.

Mots-clés : éco-conception, controverse, conception orientée utilisateurs.

Introduction

L'enseignement que nous présentons dans cette communication s'appelle, selon le vocabulaire de l'IMT Atlantique, Thématique d'Approfondissement (TAF) pour la Conception d'Objets Communicants (CoOC)¹. Cet enseignement, proposé en deuxième et troisième année du cycle ingénieur, est dédié à la conception d'objets communicants. Outre les enseignements

¹ Dans la suite de notre article, nous utiliserons l'abréviation TAF CoOC.

technologiques, nous introduisons des méthodes destinées à initier les étudiant.es aux problématiques sociétales et environnementales que soulèvent la conception et du déploiement des technologies numériques : consommation énergétique des *data centers*, exploitation des ressources naturelles et empreinte environnementale du secteur numérique, enjeux de la 5G, enjeux des données ouvertes, par exemple. A ce titre, nous considérons le développement durable d'un point de vue de ses quatre dimensions : environnement, société, économie et gouvernance (World commission on environment and development, 1987).

En octobre 2020, François Taddéi, fondateur du Centre de Recherche Interdisciplinaire, déclarait « *Je faisais de la recherche interdisciplinaire en tant qu'ingénieur de formation... Je me posais de nombreuses questions et la pluridisciplinarité était une manière d'y répondre. (...) Je me rendais compte qu'elle était très fructueuse, en particulier pour aborder des sujets complexes.* » (Fiorina, 2020). Comme lui, nous pensons que la formation des élèves doit s'inscrire dans la pluridisciplinarité et mélanger les approches théoriques et méthodologiques.

Selon nous, le propre de la pluridisciplinarité est de promouvoir la bienveillance et la modestie en prônant l'égalité des disciplines, des savoirs et des méthodes. À ce titre, les trois démarches pédagogiques que nous présentons sont la conception orientée utilisateur·rices, l'écoconception et le débat de controverse.

La conception orientée utilisateur·rices est un pilier de notre enseignement. Cette démarche est résolument ancrée dans les principes de la gouvernance puisqu'elle considère les futur.es utilisateur·rices comme des partenaires à part entière de l'innovation qu'il faut intégrer dans le processus de conception. Il s'agit d'enseigner aux élèves la manière de concevoir avec et non pour.

L'enseignement en écoconception fournit aux élèves les bases méthodologiques pour analyser l'impact environnemental d'un bien ou d'un service tout au long de son cycle de vie.

Dans le débat de controverse nous abordons des problématiques sociétales posées par la digitalisation de la société. Il y a là une double pertinence : d'une part, c'est un outil de démocratie participative ; d'autre part, le processus qui mène au débat installe des échanges permanents entre les élèves qui construisent leur propre réflexion en se confrontant aux avis des autres.

La conception orientée utilisateur·rice

Depuis les années 1980, la sociologie des usages, qui étudie la diffusion des technologies de l'information et de la communication, défend la théorie selon laquelle l'utilisateur·rice doit être considéré.e comme une partie-prenante à part entière du processus d'innovation. Ainsi, dans ses travaux, Madeleine Akrich a distingué deux types de comportement qui devraient être considérés au moment de la conception :

Le premier type est celui de l'utilisation active au cours de laquelle on « *fait subir aux dispositifs un certain nombre d'actions qui les transforment et les décalent par rapport à la définition qu'en auraient donné les concepteurs* ». Madeleine Akrich (1998) en propose une typologie : le déplacement d'usages, l'adaptation à un usage spécifique, l'extension d'un dispositif pour l'adapter à un nouvel usage et le détournement du dispositif. Le second type de comportements est celui de l'utilisation innovatrice : moins courante, elle répond à des besoins très spécifiques et demandent un engagement technologique et cognitif extra-ordinaire. (Akrich, 1998).

Par ailleurs, les pratiques et les recherches dans le *design thinking* et l'ergonomie cognitive postulent qu'un produit et/ou un service aura toutes les chances d'être adopté s'il répond aux besoins, envies et caractéristiques des utilisateur·rices possibles. C'est pourquoi, la conception

centrée utilisateur·rice doit résulter d'un travail d'idéation, de recherches documentaires et empiriques portant sur les besoins des utilisateurs·rices et non sur les caractéristiques technologiques d'une solution.

En nous appuyant sur ces approches, nous avons décidé d'engager les élèves de la TAF CoOC dans une démarche de conception qui prend, effectivement et durablement en compte, les caractéristiques, les attentes et les pratiques des utilisateur·rices potentiel·les.

Le travail qui est attendu est l'expression d'un besoin d'utilisateur·rices potentiel·les avant d'arriver à l'élaboration de la solution qu'ils/elles souhaitent prototyper. En mode projet, ils/elles doivent mener un travail d'investigation, aller à la rencontre de ces utilisateur·rices potentiel·les, en établir le profil, sous la forme de *persona*, et élaborer un cahier des charges en adéquation. Pour cela, dès les premières heures de la TAF, les élèves reçoivent un enseignement en sociologie des usages, y compris les méthodes d'entretiens, et participent à deux séances de créativité au cours desquelles ils/elles doivent définir le problème qu'ils/elles souhaitent traiter – la séance est intitulée « C'est quoi ton problème ? » – et réfléchir aux personnes parties-prenantes de ce problème.

Plus de la moitié de l'unité d'enseignement est consacrée au maquetage et à la mise en place d'interactions avec les utilisateur·rices potentiel·les du produit. Très rapidement, après la période d'idéation, les étudiant.es fabriquent une première représentation tangible de leur objet, sous la forme d'une maquette *no code*, afin de se focaliser sur l'expérience utilisateur·rice et de tester au plus vite des hypothèses en termes d'usages, d'ergonomie et d'interactions humain-machine, auprès de leurs utilisateur·rices.

La phase se termine par la transcription du besoin en spécifications fonctionnelles en vue du prototypage, réalisé au FabLab de l'école et selon les principes de la méthode Agile, qui accompagne parfaitement cette démarche. Les différentes versions du prototype, issues des itérations, servent également de dispositif d'interaction avec les utilisateur·rices.

L'enseignement de l'écoconception

L'ambition que nous portons, avec l'introduction de cours dédiés à l'écoconception, est de former les élèves pour qu'ils/elles soient capables, lorsqu'ils/elles seront en position d'arbitrer des solutions, d'analyser avec méthode, à un niveau adéquat, les impacts environnementaux et sociétaux d'un bien et/ou d'un service. Pour cela, le cours est partagé en deux temps.

Un premier temps durant lequel, tout en présentant la notion de cycle de vie, l'enseignant brosse un état des lieux des incidences environnementales et sociétales de la multiplication des usages du numérique et des équipements matériels ; ainsi que celles du logiciel qui peut être très dimensionnant pour les infrastructures matérielles et cause d'obsolescence. À l'issue de cette présentation, les élèves participent à un atelier au cours duquel ils/elles doivent effectuer l'analyse qualitative d'un équipement. L'objectif d'apprentissage est de les familiariser avec le découpage en étapes de cycle de vie, mais aussi avec les notions d'impact environnemental et de critères de pollution.

Un deuxième temps au cours duquel les élèves sont initiés aux méthodologies utilisées dans le monde de l'entreprise : fiches de bonnes pratiques, méthode d'analyse qualitative dite Analyse Simplifiée Qualitative du Cycle de Vie (ASQCV), logiciel d'analyse quantitative s'appuyant sur des bases de données d'impacts. Par cette démarche nous apportons un premier niveau de compétence et des connaissances nécessaires à l'analyse des impacts environnementaux d'un bien ou d'un service tout au long de son cycle de vie.

Considérant qu'il est important que les élèves soient rapidement autonomes, le choix de la méthode pédagogique s'est porté vers des mises en pratique, individuelles ou par équipe. Lors d'un mini projet d'écoconception, les élèves sont défiés et doivent éco-concevoir un produit de leur choix, contenant de l'électronique. Pour cela, ils/elles utilisent un logiciel professionnel d'ACV quantitative fournissant toutes les fonctionnalités. La séance se termine par une mise en commun des travaux et un temps de discussion.

Lorsque l'on s'interroge sur les impacts des produits et des services que l'on conçoit, les critères qui s'imposent sont la durabilité et la soutenabilité. Ces critères s'évaluent en analysant le produit et/ou le service tout au long de sa vie : on retrouve l'extraction des matières premières, la fabrication, le transport, l'utilisation et la fin de vie. C'est pourquoi, la représentation sous la forme d'un cercle illustrant l'enchaînement des étapes d'un cycle s'est imposée. Ainsi, l'ACV est à la base de la démarche d'écoconception. Le processus, souvent itératif, vise à diminuer l'impact de l'objet par affinages successifs.

A travers le projet, les élèves sont amenés à se familiariser avec ce processus et des notions spécifiques à l'écoconception comme les transferts d'impacts entre phases du cycle de vie.

Le domaine des objets communicants est singulier en terme de développement durable. En effet, ces technologies peuvent être préconisées pour optimiser les impacts environnementaux de services – par exemple, les smartgrid – ; mais leur multiplication peut créer un effet rebond tel qu'une augmentation des consommations de matières premières et d'énergie par exemple. Les procédés de fabrication peuvent être particulièrement impactants : la dissémination de matériaux comme les terres rares peut rendre le concept d'économie circulaire en partie inefficace.

En formant les élèves d'écoles d'ingénieurs à l'ACV, et donc à l'écoconception, notre souhait est de leur fournir les outils leur permettant de faire des choix éclairés, en tenant compte des impacts globaux, et de mesurer les conséquences, environnementales et sociétales, de leurs décisions. C'est-à-dire de faire des choix assurant la rentabilité d'un produit et/ou d'un service, tout en favorisant sa durabilité, en limitant ses impacts sur l'environnement, en garantissant la sécurité à long terme de l'ensemble des utilisateur·rices.

Les débats de controverse

En école d'ingénieur, il n'est pas toujours aisé de transmettre des savoirs et des savoir-faire issus des sciences humaines et sociales, certains peuvent paraître trop triviaux, inutiles ou trop théoriques. À l'IMT Atlantique, nous cherchons des méthodes alternatives pour enseigner les sciences sociales, mais aussi permettre aux élèves de comprendre, d'analyser et de se construire un point de vue à propos de questions sociétales auxquelles ils/elles pourront prendre part comme citoyen·nes et/ou comme professionnel·les. En effet, suivant la théorie de la sociologie de l'innovation (Barthe, Callon et Lascoumes, 2001), nous considérons que les objets socio-techniques ne peuvent et ne doivent être conçus et diffusés dans l'ignorance de leurs incidences sociales. A ce titre, depuis plus de 10 ans, nous avons mis en place des cours dont la méthode s'inspire des débats de controverse, qui présente 4 principes intéressants sur le plan pédagogique :

- Le premier attribut du débat de controverse est le fait qu'il nécessite, de la part des parties-prenantes, de se mettre d'accord sur la définition du problème qui fait débat. Or, nous avons constaté que très souvent, les élèves ont tendance à raisonner en termes de solutions et non de problématisation. C'est pourquoi nous demandons aux élèves de mener des recherches documentaires et de proposer des pistes de réflexion. Ensuite ils

doivent se mettre d'accord sur la problématique pour qu'elle permette à l'ensemble des parties-prenantes de participer au débat.

- Par ailleurs, le débat de controverse permet l'apprentissage de l'argumentation et de la contre-argumentation dans le cadre de systèmes socio-techniques complexes. C'est pourquoi le débat final est conçu comme un vrai jeu de rôle au cours duquel les étudiant.es doivent incarner la partie prenante qu'ils/elles ont choisie. À la fin, ils/elles doivent également énoncer les parties prenantes avec lesquelles ils/elles pourraient faire alliance et celles qui sont définitivement des adversaires.
- En outre, la montée en compétence est le fruit des recherches menées par les élèves, mais elle est aussi le résultat des échanges : on peut donc apprendre de ses adversaires ou de ses concurrent.es. Mais ce qui est aussi important est que le débat de controverse pose, dès le début, le postulat que tous les savoirs sont équivalents et que l'expérience empirique d'un.e utilisateur.rice n'est pas moins légitime à s'exprimer que le savoir d'un.e ingénieur.e ou d'un.e chercheur.e. Dès lors, cette montée en compétence peut aussi faire bouger les convictions des un.es et des autres.
- Enfin, lors d'un débat de controverse, on vise l'adhésion consensuelle du plus grand nombre des parties prenantes. Or, ce qui caractérise bien le débat de controverse est le fait que des parties prenantes peuvent entrer ou sortir à tout moment, en fonction des évolutions de la définition du problème et des solutions envisagées, c'est le principe de la démocratie technique ou ouverte (Barthe, Callon et Lascoumes, 2001). C'est pourquoi les premières séances sont consacrées au travail de problématisation et d'identification des parties-prenantes, servi par des recherches documentaires.

Dans le cadre de la TAF CoOC les sujets choisis sont liés à l'actualité, aux innovations numériques et notamment aux objets communicants, et ouvrent sur des problématiques qui font sens dans la TAF. Au cours des deux promotions formées, nous avons traité la question des enjeux des données ouvertes publiques (2019-2020) et celle du déploiement de la 5G (2020-2021).

Conclusion

Comme pour faire écho aux principes énoncés au cours de cette communication, la TAF CoOC a dans son ADN de mettre les élèves au cœur de l'enseignement sur la conception d'objets communicants. C'est pourquoi la priorité a été donnée aux travaux pratiques autour de la réalisation, de l'idéation à la preuve de concept, d'un objet communicant. Un de nos outils majeurs est le FabLab de l'école.

Références bibliographiques

Akrich M. (1998), « Les utilisateurs, acteurs de l'innovation », *Education permanente*, n°134, pp.79-89.

Barthe Y., Callon M. et Lascoumes P. (2001), *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Seuil.

Fiorina J-F. (2020, 15 octobre), « Interview de François Taddéi », Blog EducPros, <http://blog.educpros.fr/fiorina/2020/10/15/aucun-dentre-nous-nest-plus-intelligent-que-lensemble-dentre-nous/>

World commission on environment and development (1987), *Our common future*, UNO. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Com. # 44

Courant Menebhi Amina - Enseigner le développement durable dans les formations en ingénierie par les projets tuteurés : méthodologie, résultats et retours d'expériences

Amina COURANT MENEBHI - Docteur en Géographie sociale

Résumé

Le Master MIDEDEC (Management en Ingénierie des Déchets et Economie Circulaire) accueille des étudiants de profil large et varié (géographes, aménageurs, biologistes, écologues, juristes, économistes, architectes, etc...) passionnés par la gestion des déchets et l'économie circulaire. La formation que nous proposons s'appuie à la fois sur des cours théoriques, des stages et des projets en entreprises et collectivités du territoire. Le projet tuteuré « *Développement de la vente en vrac sur le Pays du Mans* » que nous avons mené avec une équipe de professionnels et de chercheurs, a été conduit par les 17 étudiants du Master 2 MIDEDEC de septembre 2019 à février 2020. Ce projet a émergé suite à une commande de l'Association « UFC-Que Choisir » et du syndicat mixte du Pays du Mans. L'objectif était d'effectuer un état des lieux de la vente en vrac sur le territoire, de rencontrer différents acteurs et de communiquer sur cette pratique et ses enjeux, qu'ils soient économiques et environnementaux. Nous souhaitons à travers ce colloque présenter les résultats de ce projet mais surtout montrer en quoi les projets collectifs permettent d'aborder différemment le développement durable en mettant en commun des expertises multiples. Il s'agit aussi d'expliquer les apports de cette méthodologie du cycle de projet pour aborder les questions de durabilité. Enfin, nous analyserons la démarche utilisée par les étudiants pour mener à bien ce projet ainsi que de partager leurs retours d'expériences. Nous pouvons également, en marge de ce projet, apporter notre expertise et nos pratiques sur l'enseignement de l'éducation au développement durable à travers divers modules enseignés essentiellement aux étudiants de Licence Géographie et Aménagement.

Mots-clés : Développement durable, Economie circulaire, Gestion des déchets, Pays du Mans, Pédagogie par projet, Vente en Vrac.

Introduction

De l'inspiration communément associée au canonique rapport Brundtland jusqu'aux initiatives promues ensuite par de larges gammes d'acteurs publics et privés, la thématique du « développement durable » est restée installée sur une idée structurante : celle d'une réunion des volontés devenue nécessaire pour orienter les trajectoires socio-économiques de manière non dommageables pour l'environnement ou les populations (Rumpala, 2010). Bien qu'ils soient multiples, les apports nourrissant cette thématique ont ainsi pu donner les bases pour un récit commun, et c'est grâce à ce dernier qu'une action commune a pu être rendue envisageable. Ce récit paraît même installé de telle sorte qu'il devient de plus en plus difficile de ne pas s'y référer à un moment ou à un autre lorsque sont concernées des activités touchant des enjeux collectifs.

En ce début de 21^{ème} siècle, le développement durable est bien entendu au cœur de toutes les politiques publiques nationales ou internationales. D'une façon plus globale, la crise sanitaire a révélé l'extraordinaire fragilité de la société mondialisée. Aujourd'hui et plus que jamais, la transition écologique incite à des changements de compétences importants dans de nombreux

secteurs. De ce fait, le périmètre des métiers concernés par les problématiques du développement durable est plus vaste car il englobe les professions affectées dans leurs évolutions et leurs pratiques par la montée en particulier des exigences environnementales. Ces problématiques font désormais pleinement partie des cahiers des charges de la rénovation et de la création des diplômes. Les universités françaises, riches de ses personnels et étudiants ont vocation à affirmer ou réaffirmer leur engagement dans la protection de l'environnement et plus généralement dans le développement durable. Une des spécificités du Master « Ville et environnements urbains » parcours « Management Ingénierie des Déchets et Economie Circulaire », enseigné à l'Université du Mans, est de former des spécialistes de la gestion des déchets et des pollutions, capables de prendre en compte les dimensions sociales, économiques, spatiales, environnementales et administratives dans leurs analyses et recommandations.

Dans le cadre de l'Unité d'enseignement « Projets tuteurés en entreprise » du Master 2 MIDEDEC, les enseignants ont pour volonté de confronter les étudiants au monde de l'entreprise. Ces derniers doivent répondre à une commande émise par une entreprise, une collectivité ou une association du territoire manœuvre ayant trait à la gestion des déchets. Rappelons tout de même qu'au cours des dernières années, les enjeux de gestion des déchets ont soulevé d'importantes controverses sociales concernant, entre autres, une remise en question des pratiques et des attitudes des producteurs, des consommateurs et des principaux centres et agents de décision sociopolitique et économique. L'aménagement de site d'enfouissement ou la construction d'incinérateurs deviennent de plus en plus difficiles. Nous observons un nombre croissant de mobilisations sociales impliquant un nouveau genre d'intervenants politiques contre ce genre d'infrastructures. Il s'agit de controverses où l'on retrouve non seulement des élites politiques traditionnelles, mais également des individus et des groupes issus de structures politiques non institutionnelles comme les groupes communautaires et les groupes environnementaux (Vaillancourt, Séguin, Maheu et al, 1994).

Face à cette situation, plusieurs gouvernements sont amenés à forger de nouvelles politiques et de nouvelles réglementations touchant la gestion des déchets et les procédés de production des entreprises. Ces nouvelles préoccupations relatives à la problématique de la gestion des déchets continueront à entraîner des changements économiques et sociopolitiques majeurs au cours des années à venir. Dans un tel contexte, comment arriver à intégrer la viabilité économique et les nouvelles préoccupations sociales et environnementales ? Soulignons aussi que les acteurs se sont multipliés, on retrouve comme intervenants influents les entreprises, qui représentent le marché, les autorités publiques ainsi que les associations et autres organisations non gouvernementales (société civile). Leur objectif est d'assurer la pérennité des sociétés, au travers des écosystèmes, de l'économie, etc., en utilisant le développement durable comme un levier d'innovation. Cette pérennité fait écho à plusieurs notions comme la cohésion sociale, l'épanouissement de chacun, la solidarité, la biodiversité ou encore les ressources.

Néanmoins, le développement doit ainsi se faire en tenant compte des aspects économiques, en respectant l'environnement, avec des conditions équitables, afin d'assurer un équilibre entre les hommes et la nature : c'est la notion d'entrepreneuriat social. Différentes actions sont mises en place pour maintenir le développement sur la durée, comme la réduction de la consommation d'énergie et des déchets, la priorité donnée aux transports en commun ou au covoiturage, le choix des partenaires et prestataires, etc. On trouve désormais très souvent la notion de RSE (Responsabilité Sociale de l'Entreprise) au sein des entreprises, avec l'émergence de nouveaux profils, issus de formations sur le développement durable proposées pour répondre à ces nouveaux besoins. De nouveaux métiers liés au développement durable sont apparus pour soutenir cet effort.

La mise en œuvre du développement durable à l'Université du Mans

Dans ce contexte international et national, appuyé par des incitations locales et la demande croissante des étudiants souhaitant s'inscrire dans une université impliquée dans une politique développement durable, l'Université du Mans intègre toujours davantage les problématiques de développement durable dans les programmes et enseignements proposés et accompagne le développement des compétences de ses étudiants et de ses personnels en la matière depuis maintenant de nombreuses années. En effet, depuis 2010, l'Université du Mans fait partie des 4 premières universités à recevoir le label Développement Durable & Responsabilité Sociétale (DD&RS) pour son implication dans la démarche initiée par la loi Grenelle 1 de 2009. Plus récemment, l'Université et ses partenaires (CROUS Pays de la Loire, ESGT, ISMANS-Cesi, INSPE Académie de Nantes - Site du Mans, Le Mans Métropole) ont également reçu fin 2019 le label « Agir Ensemble 2019-2020 ». Soulignons également que pour réussir ce défi, de nombreuses actions ont été mis en place et continuent d'être régulièrement améliorées comme par exemple :

- **La réduction de la consommation des ressources** : développement de la cogénération et revente d'électricité, nouvelles robinetteries et équipements sanitaires économiques, éclairages à détection de présence.
- **La prévention et réduction des atteintes à l'environnement** : pratiques écologiques pour le désherbage - zéro phytosanitaires depuis 2015
- **La tonte responsable des pelouses** confiée à un ESAT (Etablissement et service d'aide par le travail) qui a recours à un procédé de mulching (auparavant, les tontes engendraient 65 tonnes de déchets par an)
- **L'Éco-construction et réhabilitation des bâtiments** : Faculté des Lettres, Langues et Sciences Humaines (isolation par l'extérieur), Maison des Sciences de l'Homme et de la Société (évaluée A - normes RT 2012), bâtiment d'informatique à Laval (extensions HQE)
- **L'élaboration d'une charte des achats durables** permettant près de 30% d'achats responsables avec prise en compte de critères sociaux (10%) et environnementaux (20%)
- **La valorisation des déchets** : collaboration avec une association d'insertion sociale qui permet la collecte de 20 tonnes/an de papiers et de cartons et déchetterie interne permettant de capter 25% de nos déchets (soit 80 tonnes par an) avec 4 filières de tri.

Parmi les formations consacrées au développement durable à l'Université du Mans, nous retrouvons diverses filières classiques et professionnelles. En 2018, 58 % des formations dispensées à l'Université intègrent au moins 1 unité d'enseignement consacrée au développement durable et/ou à la responsabilité sociétale. Ce chiffre est en nette amélioration puisqu'en 2016, il était de 34%. L'objectif pour les années à venir serait d'atteindre 100%.

Celles qui nous intéressent et dans lesquelles notre département est engagé sont représentées en rouge dans la figure 1 ci-dessous. Il s'agit essentiellement de la **Licence Géographie et Aménagement**, du **Master Ville et Environnements Urbains** avec 2 parcours (Management et ingénierie des déchets, économie circulaire ainsi que le parcours Management de la transition, urbanisme et e-gouvernance) et enfin du **Master gestion des territoires et développement local** organisé autour de 4 parcours (Politiques territoriales de développement durable ; Gestion des patrimoines naturel, culturel et immatériel et tourisme durable ; Transition énergétique et développement ; Management des territoires en transition écologique)

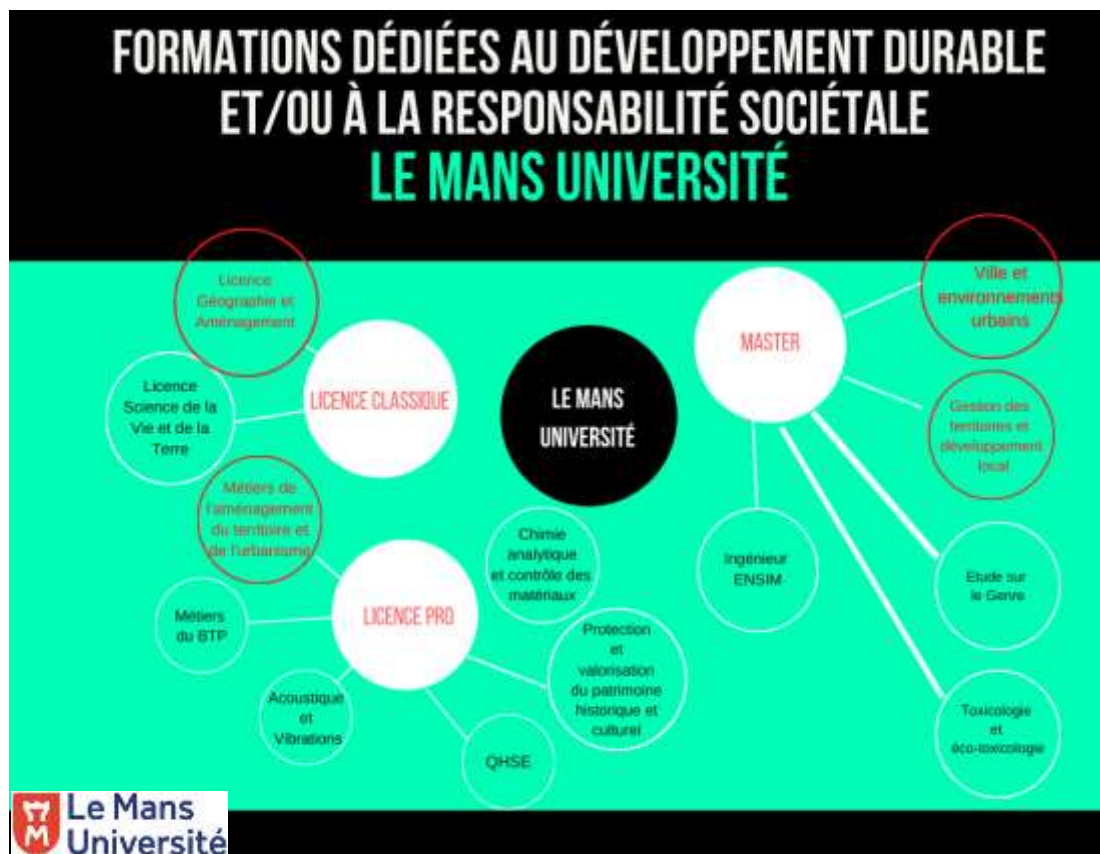


Figure 1 : Les formations consacrées au DD et/ou à la responsabilité sociale, A. Courant

L'exemple des projets tuteurés du Master 2 MIDECA (Management en Ingénierie des Déchets et Economie Circulaire)

Le Master 2 Ville et Environnements urbains, parcours MIDECA, accueille des étudiants de profils larges et variés (géographes, aménageurs, biologistes, écologues, juristes, économistes, architectes, etc....) passionnés par la gestion des déchets et l'économie circulaire. La formation que nous proposons s'appuie à la fois sur des cours théoriques, des stages et des projets en entreprises et collectivités du territoire. Le projet tuteuré fait partie aussi de la formation et s'inscrit pleinement dans la professionnalisation des étudiants. Il permet en effet de s'engager sur un temps long dans un travail collaboratif de groupe qui œuvre à la réalisation d'un projet en réponse à une commande réelle retenue à la fois par le commanditaire et les encadrants universitaires. Plus précisément, à travers ce dispositif pédagogique, plusieurs objectifs et compétences sont visés : développer des capacités d'autonomie dans la conduite d'une mission, mener un projet du cahier des charges à la réalisation, connaître les techniques de conduite de réunion, de démarche participative (information, consultation, concertation, co-construction), d'animation de projet, élaborer des études de territoire (diagnostic, techniques d'enquêtes, échantillonnage, analyse statistique et cartographique, etc.), apprendre à gérer un projet de communication de manière autonome dans le cadre imposé par le commanditaire (compréhension/traduction de la commande, gestion du travail de groupe, du calendrier, spécificités des institutions publiques et semi publiques), développer des capacités d'analyse, d'enquête et de recommandations, appréhender la gestion de la relation avec un commanditaire.

Le projet tuteuré « Développement de la vente en vrac sur le Pays du Mans » que nous avons mené avec une équipe de professionnels et de chercheurs a été conduit par les 17 étudiants du Master 2 MIDECA de septembre 2019 à février 2020. Ce projet a émergé suite à une commande de l'Association « UFC-Que Choisir » et du Pays du Mans. L'objectif était d'effectuer un état

des lieux de la vente en vrac sur le territoire, de rencontrer différents acteurs et de communiquer sur cette pratique et ses enjeux, qu'ils soient économiques et environnementaux. Nous souhaitons présenter des éléments de résultats de ce projet mais surtout montrer en quoi les projets collectifs permettent d'aborder différemment le développement durable en mettant en commun des expertises multiples. Il s'agit aussi d'expliquer les apports de cette méthodologie du cycle de projet pour aborder les questions de durabilité. Enfin, nous analyserons la démarche utilisée par les étudiants pour mener à bien ce projet ainsi que de partager leurs retours d'expériences.

Méthodologie déployée pour le projet de vente en vrac sur le Pays du Mans.

L'étude s'est déroulée sur le territoire du Pays du Mans. Le projet se divise en quatre axes suivant des objectifs ciblés : le dimensionnement du vrac et les coûts associés, les enquêtes auprès des commerçants, les questionnaires auprès des consommateurs et une phase de benchmarking. Concernant le premier axe, les étudiants ont évalué l'ampleur de la vente en vrac de produits alimentaires dans les commerces du Pays du Mans et les différentiels de coûts avec les produits emballés. Pour le deuxième axe, ils ont analysé le positionnement des commerçants et apporté des pistes pour élaborer un argumentaire à destination de ces derniers afin de développer la vente en vrac. Ensuite, ils ont évalué les motivations, les réticences, les pratiques et les attentes des acheteurs et des « non » acheteurs de produits en vrac, puis apporté des pistes pour élaborer un argumentaire à destination de ceux-ci. Enfin, pour le dernier axe, ils ont travaillé sur les actions développées sur d'autres territoires en réalisant un benchmark. Malgré les axes distincts, un fil conducteur a été suivi tout au long du projet afin d'homogénéiser leur travail. Aussi, une fois les données mises en commun, des croisements de données ont pu être effectués afin d'enrichir l'étude et de répondre à la problématique globale. Suite à ce travail, des fiches de synthèse ont été réalisées à destination des commerçants et des consommateurs.

Résultats

Suite à leurs recherches et leur travail de terrain pour récolter les données et informations, les étudiants ont pu faire ressortir des résultats permettant d'établir l'état des lieux du vrac sur le Pays du Mans. Il s'agit notamment des différents entretiens et enquêtes concernant le prix au sein de 19 magasins du territoire.

La vente en vrac s'est d'abord développée au cœur de Le Mans Métropole avec le magasin Auchan de la Chapelle-Saint-Aubin, au nord de la ville du Mans en 2000. Dans un premier temps, ce sont les grandes enseignes qui ont suivi ce mouvement, en ouvrant progressivement un rayon vrac dans leurs magasins. Puis dans un second temps, les enseignes spécialisées type Biocoop, se sont implantées (en 2008 pour les premières). Selon leurs enquêtes, les premiers magasins à s'être ouverts en dehors de Le Mans Métropole sont arrivés en 2017. Nous voyons alors aisément que le développement de la vente en vrac redevient une tendance mais avant tout une nécessité au vu de la production de déchets alarmante. L'offre en vrac sur le Pays du Mans tend à augmenter d'année en année sur Le Mans Métropole, mais aussi dans les autres communautés de communes, afin de satisfaire l'ensemble de la population.

C'est notamment grâce aux magasins spécialisés que de nombreux magasins ont décidé de développer un rayon vrac, la demande étant de plus en plus forte. En effet, selon leurs enquêtes auprès des consommateurs, il est ressorti que ces derniers achètent en vrac pour, en premier lieu, diminuer leurs emballages et en second lieu, pour réduire leur gaspillage alimentaire en achetant seulement la quantité souhaitée. Ces deux volontés prouvent une véritable sensibilité

des consommateurs face aux problématiques environnementales actuelles, les divers commerçants du Pays du Mans ont suivi cette tendance.

De plus, il a été remarqué que les magasins proposant du vrac se situent essentiellement sur Le Mans Métropole. A savoir que 13 des 19 magasins répertoriés ont été enquêtés pour le listing des références. En plus de cela, les 6 magasins spécialisés sont également situés sur le territoire de Le Mans Métropole, sachant que ces enseignes proposent une offre large et diversifiée de produit en vrac. Également, 12 des 19 magasins sont accessibles par transports en commun avec le bus et/ou le tramway. L'accès est donc globalement facilité pour les consommateurs.

Une des idées reçues concernant le vrac est la limitation de la production d'emballages. Grâce à leurs recherches, ils ont découvert que ce n'est pas forcément le cas. Effectivement, le conditionnement en amont de la mise en vente en magasin entre les produits en vrac et les produits emballés est fait de la même façon, c'est au niveau de la mise en rayon que les choses vont différer. Le produit emballé est déjà conditionné pour être mis en rayon alors que pour les produits en vrac, un emballage est nécessaire pour son conditionnement. Les sachets kraft sont un surplus dans la mise en place du vrac. Cependant, tout commerçant se doit d'en proposer par obligation réglementaire. La meilleure manière d'éviter ce déchet est donc d'apporter son propre contenant, tel qu'un sac en tissu ou en bocal en verre. Le réemploi des sachets kraft peut être envisageable, mais ces derniers se dégradent rapidement. De plus, dans les magasins spécialisés, une tare peut être effectuée afin d'éviter de faire payer un surplus du poids au consommateur. La consommation en vrac est donc moins consommatrice d'emballages, notamment du plastique, si et seulement si, les consommateurs apportent leur propre contenant réutilisable et que les commerçants les acceptent.

Enfin, pour une enquête plus exhaustive, les étudiants ont voulu comparer grâce à différents benchmarks ce qui pouvait se réaliser en dehors du Pays du Mans, voir même de la France, en mettant en avant les pratiques les plus inspirantes. Nous remarquons que des similitudes se retrouvent en France. Tout d'abord, nous retrouvons des épiceries ainsi que de grandes enseignes au cœur des villes proposant du vrac, mais aussi, des camions itinérants dans les zones plus rurales, qui peuvent rejoindre les marchés et des drives en périphérie, pour alimenter les déplacements pendulaires. Certaines initiatives sont très intéressantes et originales, néanmoins, elles sont adaptées à un contexte géographique précis ou sont peu soutenues par les politiques publiques. Enfin, nous pouvons souligner l'exemple de Capannori en Italie, qui est une initiative innovante et encouragée par les politiques publiques italiennes.

Enfin, malgré l'ouverture de plus en plus de magasins, l'offre n'arrive pas à suivre la demande des consommateurs, toujours plus désireux d'acheter des produits en vrac, mais contraints par le manque de magasins et de diversité des produits. Les politiques publiques locales pourraient alors aider au développement de ces commerces, en mettant en avant les nombreux avantages de ce mode de consommation. Cependant, la promotion du vrac devra mettre en lumière la seule solution pour diminuer la production de ses déchets : l'apport de ses propres contenants réutilisables sur le long terme.

Conclusion

Ainsi, à travers l'exemple de cas du projet Vrac, nous voyons que nos étudiants sont au cœur du dispositif et ont une exigence légitime : ils veulent que leur métier soit en accord avec leur idéal. Ils veulent être les acteurs d'un monde meilleur. Notre mission en tant qu'enseignant est de les préparer à ce projet de vie en leur donnant les moyens de le mener efficacement. Construire un monde meilleur, ce n'est pas quelque chose qui relève du rêve ou de l'utopie. Cela impose, avant de les infléchir, de maîtriser les réalités économiques, sociales,

environnementales, d'être performant dans tous les contextes, dans les PME et les grands groupes, comme au sein des ONG, des associations ou des institutions internationales. Il faut souligner aussi que les métiers du Développement Durable (DD) sont en expansion car la réglementation française en particulier pousse les entreprises à faire plus de développement durable. Ces dernières ont un fort impact environnemental, de par leur fonctionnement mais aussi par les conditions de travail. Elles sont aujourd'hui de plus en plus nombreuses à s'engager vers le développement durable, d'une part pour valoriser la valeur de leur marque, mais aussi pour réduire les coûts, prévenir les risques, et faire preuve d'innovations différenciatrices. Dans les entreprises, des cellules, des entités sont dédiées exclusivement à la RSE et au DD. La plupart de nos étudiants vont aujourd'hui principalement dans des cabinets d'expertise en DD, dans des cabinets de conseil, dans des entreprises, des collectivités territoriales ou bien encore dans le secteur associatif en tant que chargés de mission ou consultants, afin de cartographier et d'évaluer l'impact sur l'environnement d'un produit le long de son cycle de vie, d'établir des pistes ainsi que des recommandations pour améliorer la performance d'un produit d'un point de vue environnemental par exemple, participer à la réalisation d'études dans le cadre de politiques publiques. Aujourd'hui, le fait de les former et de les confronter à la réalité du terrain par rapport à des problématiques et enjeux liés au développement durable conforte leur adéquation avec les nouveaux besoins des entreprises dans un contexte économique, environnemental et sociétal en pleine mutation.

Références bibliographiques

Ademe. (2012). La vente en vrac : pratiques et perspectives. Étude réalisée avec le soutien financier de l'ADEME par Mes Courses pour la Planète, 61 p.

Audigier, H. (2012). Construire un monde équitable pour demain : constats et solutions. Paris : Sang de la Terre.

Bayle, N. (2019). L'achat en vrac séduit de plus en plus de Français. Le Monde. Disponible sur : https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/12/22/l-achat-en-frac-seduit-de-plus-en-plus-de-francais_6023800_3234.html.

De Perthuis, C. (2019). Le tic-tac de l'horloge climatique. Paris : De boeck supérieur.

Etudiants du Master 2 MIDECE, Université du Mans. (2020). Le développement de la vente en vrac sur le Pays du Mans. Rapport de Master 2.134 p.

Prevost, P., Jouffray, A. (2013). Le développement durable dans les formations d'ingénieur en France : comment se situer entre formation professionnelle et « éducation à... ». Éducation et socialisation [En ligne], 33 | 2013, mis en ligne le 01 septembre 2013, consulté le 16 février 2021. URL : <http://journals.openedition.org/edso/104> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/edso.104>

Rumpala, Y. (2010). Développement durable : du récit d'un projet commun à une nouvelle forme de futurisme ?. A contrario, 2(2), 111-132. <https://doi.org/10.3917/aco.102.0111>

Tirard, C., Abbadie, L., Laloi, D., Koubbi, P. (2016). Ecologie : Licence, Master, Capes. Paris: Dunod.

Site de l'ADEME : www.ademe.fr

Site de l'UNESCO : www.unesco.fr

Site de l'UNIVERSITE DU MANS : www.univ-lemans.fr

Site de RESEAU VRAC : <https://reseauvrac.org/>

Site de ZERO WASTE FRANCE: <https://www.zerowastefrance.org/>

Tite Caroline N J, Pontin David & Dacre Nicholas - *Embedding Sustainability in Engineering Projects through Project Management Teaching and Learning*

Caroline N J Tite University of Portsmouth

David Pontin University of Warwick

Nicholas Dacre University of Southampton

Abstract

Sustainability is focussed on avoiding the long-term depletion of natural resources. Under the terms of a government plan to tackle climate change, a driver for improved sustainability is the cut of greenhouse gas emissions in the UK to almost zero by 2050. With this type of change, new themes are continuously being developed which drive engineering projects, such as the development of new cars and new power generation methods, which encompass challenging lead times and demanding requirements. Consideration of the implementation of strategies and key concepts, which may engender sustainability within engineering and engineering projects therefore presents an opportunity for further critical debate, review, and application through a project management lens. Sustainability incorporation in project management has been documented in academic literature (Økland, 2015), with this emerging field providing new challenges. For example, project management education can provide a holistic base for the inculcation of sustainability factors to a range of industries, including engineering project management. Likewise practitioner interest and approaches to sustainability in project management are being driven by the recently Chartered profession of Project Management. Whilst this body makes a significant contribution to the UK economy across many sectors, it also addresses ongoing sustainability challenges. Therefore, by drawing on research and practitioner developments, the authors argue that by connecting with the next generation through solution based approaches, and embedding sustainability issues within project management tools and methods, improved focus on sustainability in engineering project management may be achieved.

Keywords: Sustainability; project management; engineering project management; education; teaching and learning

Introduction

There is widespread agreement that sustainability is an area of focus which needs to be considered and addressed within the management of engineering projects. Many authors address this subject area and consider methods for embedding sustainability within the engineering project management curriculum. For example, the Association for Project Management (APM) recognise the need for embedding sustainability at the project management level, although there is a wider global organisational perspective which also merits a high degree of consideration.

In considering an approach towards this aim, it should be underpinned by a clear definition of what is meant by sustainability in engineering education, with an agreed framework which can be implemented as a reference point in formalising the context in providing a robust and rigorous syllabus. For example, Glasser and Hirsh (2016) argue for a set of sustainability core competencies, in order to develop robust learning for Sustainability. Further research is required

in order to identify these competencies, towards developing a framework for implementation which can be embedded in higher education.

Thürer et al. (2018) notes that there is general, but not complete agreement on three dimensions to sustainability and sustainable development, which include: social, economic and environmental. Segalàs et al. (2010) wrote of a fourth dimension, being the institutional dimension, which encompasses the role of education and external stakeholders. While Watson et al. (2013, p. 106) argue that there has been a “rapid increase on the number of engineering schools in higher education institutions that have incorporated sustainability into their teaching”, Lambrechts et al. (2013) note that sustainability appears to be integrated in a piecemeal fashion. From their review of the literature Thürer et al. (2018, p. 616) found what appeared to be “a lack of studies on implementations in developing economies”, and they called for more studies of how to grow and engender sustainable development in Europe and the US in particular. Therefore, a set of core competencies in sustainability needs to be identified, analysed, and developed in order to guide degree course and curriculum development (Dacre et al., 2019; Reynolds & Dacre, 2019), which may also guide changes in approach to sustainability education within academic institutions. Engineering project management may be best placed as a basis for determination of relevant concepts forming the basis of this set of competencies. This research paper thus focuses on framing the concept of sustainability by drawing on project management and engineering literature, ensued by a practice-based vignette stemming from extensive academic insights across three UK universities.

Framing Sustainability

Experts in engineering education for sustainable development consider that institutional and social aspects are generally more relevant to sustainability than environmental aspects (Segalàs et al., 2012). This is in clear contrast to students and potentially the wider public, which mostly perceive the environmental aspect to be at the centre of sustainability and sustainable development. For example, Kagawa (2007) survey among students at Plymouth University found that almost half of the respondents related sustainability and sustainable development primarily with the environment while social, economic, political, and cultural dimensions of sustainability were less represented and remained marginal in the understanding of most students.

Redressing this balance in the favour of social and institutional aspects is consequently seen by many researchers as a key task of education for sustainable development (Boks & Diehl, 2006; Kagawa, 2007; Segalàs et al., 2010; Segalàs et al., 2012). Thürer et al. (2018, p. 609) asked “what is the current state-of-the-art on integrating sustainability and sustainable development into engineering curricula?” The degree of change in the curricula ranges from new material on sustainability in an existing module, to a new module on sustainability in an existing program, to an entirely new program of study on sustainability. Based upon this systematic review, twelve important future research questions emerged. This includes the exploration of the knowledge and value frameworks of students and teachers, the exploration of stakeholder influences, including accreditation institutions, industry partners, parents and society, and the use of competencies for the evaluation of implementations.

There is no doubt that there is a strong political will and commitment towards sustainability and sustainable development (Thürer et al., 2018). University leaders and educators have begun to recognise the importance of sustainability and sustainable development. There is a growing body of literature on the integration of sustainability and sustainable development into engineering curricula at universities around the globe. However, to the question – What should engineers learn on sustainable development? – Svanström et al. (2012) answer was: (i) what are

the problems; and (ii) how should they be solved. During this review, it was felt that most of the cases focused on creating environmental awareness and system thinking when identifying problems and solving them.

There is a plethora of approaches to embedding sustainability within the higher education context. Haney et al. (2020) reported that developing sustainability leaders requires not just new knowledge and skills but also new ways of thinking and ultimately an underlying motivation to act. Making sustainability personal for individual leaders is a key aspect for embedding sustainability and this can be achieved through learning outcomes. A framework creates a foundation for individual leaders to gain personal understanding, a feeling of being committed to the required change and through these, empowerment to act in embedding sustainability in their organisations. Personal dimensions and a softer, more individual dimension of sustainability competencies have been previously illustrated as being particularly salient. Thus, framing sustainability and sustainable development is key to understanding the core concepts which are required in the engineering project management curriculum. Figure 1 outlines a conceptual summary to frame sustainability across social, economic, environmental, and organisational dimensions. The latter including practice and educational elements. As such, in this research the authors also include sustainability core competencies specific to this area.

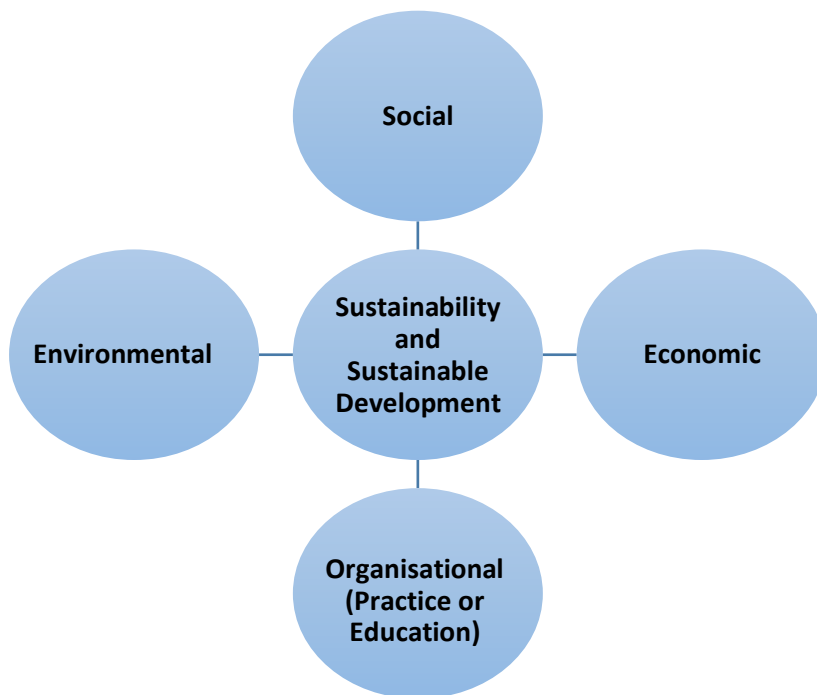


Figure 1. Framing Sustainability

Bringing these ideas and influences together within engineering project management area are important, and leadership aspects are key in understanding at a personal level. It is also important in relation to the area of Engineering Project Management because of the area of leadership which brings a range of disciplines together in order to achieve successful project outcomes.

Simulating Practice

The authors' experience of teaching students across different UK universities suggests that many students are well informed and highly motivated towards projects with a strong sustainability element. When students are presented with choice over projects to research, many

select projects with sustainability elements or associated ethical elements, such as green buildings, renewable energy, electric vehicles and associated infrastructure, CSR projects, healthcare in developing countries, and charity sector projects. This suggests that rather than only just raising awareness of sustainability within projects effort should also be made on defining the particular skills required for effective sustainable project delivery and developing business simulation exercises where these can be reviewed, developed and crafted.

Business or project simulation exercises have become a popular teaching approach in project management courses and create a conducive learning environment where students can apply theory and current practice (Dacre et al., 2019; Pontin & Adigun, 2019; Yao & Tite, 2019). They provide an opportunity to combine hard or technical project management skills such as scope definition and work de-construction using Work Breakdown Structure (WBS), planning, scheduling and cost estimating with soft or interpersonal skills such as effective communication, leadership, motivation, influencing and problem solving within a multi-disciplinary team setting (Dacre et al., 2019). A carefully developed exercise can simulate not only the planning phase but also the execution phase and can introduce students to the dynamic and often disordered nature of real-life projects (Pontin & Adigun, 2019; Yao & Tite, 2019). The ability to effectively communicate, motivate and influence others, have difficult conversations, work across different cultures, reflect and be self-aware are some of qualities business leaders claim they need in graduates but do not always get to the level they desire (CMI, 2018). Project simulations exercises provide an environment where these skills can be tested and developed (Pontin & Adigun, 2019; Yao & Tite, 2019) but without the commercial consequences if errors are made in the learning journey.

Researchers support the role of “play-based approach” as part of an innovative learning environment in Higher Education (Dacre et al., 2019; Smith, 2019). However, there are gaps. Many of the simulation exercises cover the planning phase but less so the execution phase and often risk management is not included (Zwikael & Gonen, 2007). Where the execution phase and the possibility of risk events occurring are introduced, the simulation becomes closer to real life and a richer educational experience. Such exercises enjoy excellent student engagement, positive student feedback and do help develop those skills the employers say they need for the workplace (Pontin & Adigun, 2019). However further research is required to assess the transference of these skills and further whether there is evidence that the skills do transfer to the workplace (Romero et al., 2015).

TEDI-London is a new engineering school that is taking the concept of project-based learning to a greater level with up to 55% of the learning based on project or scenario based learning. Founded by 3 universities with strong research credentials the pedagogy is described as “disruptive” and aims to transform engineering education providing new qualifications at graduate and post graduate level in Global Design Engineering (Raper, 2019). The authors are also developing new research informed teaching materials with a heavier emphasis on project management application. A new module aims to provide students with a systematic understanding of knowledge of how to apply project management tools and methods within a range of different industry sectors. Students will gain a critical awareness of challenges of application of a range of PM tools and methods in the areas including business change project management, engineering project management, IT project management and construction project management. They will be able to consider and establish new insights in application of project management methods, being mindful of advances in this area of both academic study and related professional practice related to established PM Methodologies. Sustainability issues can be added to this list.

Assessment for this new module will focus on the quality of the proposed project management application solution and students will need to demonstrate that the particular constraints and peculiarity or the requirements of the industry or sector chosen have been understood. Originality, creativity, innovation or problem solution (new solution or transference of a solution from another industry or sector) will be valued and assessed along with the reasoning and justification behind the proposed solution. Effective communication of the proposed solution to a simulated executive audience will also test and allow development of this important skill for engineers and managers alike as is expected in the workplace. All these skills are equally important for effective sustainable project delivery. This type of module design where new sectors, application or project management development can be added easily and progressively within the module and curriculum design lends itself to sustainability themes to be included.

Stakeholder management or more recently stakeholder engagement is a recognised knowledge area within project management professional association's body of knowledge and the interest and evolution of thought over the last 10 years has developed in line with thinking on front ending (project selection techniques) and back ending (benefits realisation). Closely linked with the soft or interpersonal skill set effective stakeholder engagement draws on deep listening and communication skills, strong leadership coupled with hard or technical stakeholder analysis skills. In a world where attitudes are in transition such a skill set is particularly relevant for successful project delivery where an enhanced sustainability element exists. Adding then a stakeholder engagement element to the project management simulation exercise could then enrich the learning experience further and test, assess and allow learning related to this important emerging knowledge area.

Within such developments in engineering and project management teaching and learning community elements of sustainability could be incorporated. A balanced curriculum including case study examples covering both successful and failed projects with strong sustainability elements, teaching around the particular skill set required and an opportunity to apply, practice and develop through project simulation exercises could be a way forward to embed sustainability into our teaching and learning. In essence, it is not that the authors claim to have achieved all this but rather explain how the thinking is developing. This paper therefore invites other ideas and potential collaboration as the engineering and project management teaching and learning community seek to embed sustainability into the programmes and see the benefit for our students and society as a whole.

Discussion

For students, the definition of sustainability and their understanding of aspects of sustainability are important. Rampasso et al. (2019) found that according to the students' perception, the reason for the eliminations of Concern With Employees (CWE); Support for Local Communities (SLC); is related to the students' perceptions. In this case, the students from our sample did not consider these issues when they are analysing sustainability. That is, for them, the parameters related to employees and local communities are not included in their sustainability analysis. The reason for this is due to the fact that the students have low correlation with the overall sustainability grade, i.e. when students evaluate sustainability, they are not considering those parameters. So, what is sustainability for these students in the context of their learning?

There are many examples of researches that point out the excessive focus on environmental sustainability as a problem in engineering education (Björnberg et al., 2015; Guerra et al., 2017; Yuan & Zuo, 2013). In this research, the students do not consider this as a primary. This means

that students consider its parameters as the least important. Another argument for the Engineering Project Manager to bring a personal understanding and thereby impetus to the embedding of sustainability in engineering projects. There is evidence of a divergence in the approach to embedding sustainability in different countries, cultures and courses. (Dagiliūtė et al., 2018) conducted research in two universities from Lithuania and the results pointed out that the students consider that social sustainability is the most important aspect of a sustainable university. In their research, engineering respondents were a small part of their sample. It is clear that students from the sample are better prepared in relation to social aspects of sustainability, especially the concerns regarding employees and local communities. This is particularly important when it is considered the role of engineers in the development and improvement of production systems (Rampasso et al., 2019). The link between sustainability concerns and the development of new products and services is important but it is not sufficient. Engineers must present reasonable levels of concern regarding environmental issues, such as a proper use of water and energy, emission of polluting gases, legislations, as well as they must be aware that they are responsible for what they produce and that the disposal they produce is their responsibility and of their companies. Although it is an exploratory research, the findings here can be useful for researchers as starting point for others studies and for professors and program coordinators from higher education institutions who can use these findings to analyse their own engineering programs and evaluate what they need to prioritize in the improvements they perform. As a future research, it is recommended the replication of this methodological procedure in undergraduate engineering programs from other higher education institutions in order to broaden the debate about students' perception regarding sustainability issues.

References

- Björnberg, K. E., Skogh, I.-B., & Strömberg, E. (2015). Integrating social sustainability in engineering education at the KTH Royal Institute of Technology. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Boks, C., & Diehl, J. C. (2006). Integration of sustainability in regular courses: experiences in industrial design engineering. *Journal of Cleaner Production*, 14(9-11), 932-939.
- CMI. (2018). *21st Century Leaders: Building Employability Through Higher Education*. Chartered Management Institute. https://www.managers.org.uk/wp-content/uploads/2020/03/21st_Century_Leaders_CMI_Feb2018.pdf
- Dacre, N., Senyo, P., & Reynolds, D. (2019). *Is an Engineering Project Management Degree Worth it? Developing Agile Digital Skills for Future Practice* EERN, Warwick, UK.
- Dagiliūtė, R., Liobikienė, G., & Minelgaitė, A. (2018). Sustainability at universities: Students' perceptions from Green and Non-Green universities. *Journal of Cleaner Production*, 181, 473-482.
- Glasser, H., & Hirsh, J. (2016). Toward the development of robust learning for sustainability core competencies. *Sustainability: The Journal of Record*, 9(3), 121-134.
- Guerra, A., Ulseth, R., Jonhson, B., & Kolmos, A. (2017). Engineering grand challenges and the attributes of the global engineer: a literature review. 45TH SEFI ANNUAL CONFERENCE European Society for Engineering Education. Annual Conference proceedings,
- Haney, A. B., Pope, J., & Arden, Z. (2020). Making It Personal: Developing Sustainability Leaders in Business. *Organization & Environment*, 33(2), 155-174. <https://doi.org/10.1177/1086026618806201>

- Kagawa, F. (2007). Dissonance in students' perceptions of sustainable development and sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Lambrechts, W., Mulà, I., Ceulemans, K., Molderez, I., & Gaeremynck, V. (2013). The integration of competences for sustainable development in higher education: an analysis of bachelor programs in management. *Journal of Cleaner Production*, 48, 65-73.
- Økland, A. (2015). Gap analysis for incorporating sustainability in project management. *Procedia Computer Science*, 64, 103-109.
- Pontin, D., & Adigun, L. (2019). *The value of business simulation games to enable students to acquire the key skills employers require* EERN, Warwick, UK.
- Rampasso, I. S., Anholon, R., Silva, D., Ordóñez, R. E. C., Quelhas, O. L. G., & De Santa-Eulalia, L. A. (2019). Developing in engineering students a critical analysis about sustainability in productive systems. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Raper, J. (2019). *Project-Based Learning: add-on or the core of an engineering programme?* EERN, Warwick, UK.
- Reynolds, D., & Dacre, N. (2019). *Interdisciplinary Research Methodologies in Engineering Education Research* EERN, Warwick, UK.
- Romero, M., Usart, M., & Ott, M. (2015). Can serious games contribute to developing and sustaining 21st century skills? *Games and culture*, 10(2), 148-177.
- Segalàs, J., Ferrer-Balas, D., & Mulder, K. F. (2010). What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 275-284.
- Segalàs, J., Mulder, K. F., & Ferrer-Balas, D. (2012). What do EESD. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(3), 293-304.
- Smith, S. (2019). Exploration: Play in Practice—Innovation Through Play in the Postgraduate Curriculum. In *The Power of Play in Higher Education* (pp. 57-66). Springer.
- Svanström, M., Gröndahl, F., Mulder, K. F., Segalàs, J., & Ferrer-Balas, D. (2012). How to educate engineers for/in sustainable development? *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Thürer, M., Tomašević, I., Stevenson, M., Qu, T., & Huisinigh, D. (2018). A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula. *Journal of Cleaner Production*, 181, 608-617.
- Watson, M. K., Lozano, R., Noyes, C., & Rodgers, M. (2013). Assessing curricula contribution to sustainability more holistically: Experiences from the integration of curricula assessment and students' perceptions at the Georgia Institute of Technology. *Journal of Cleaner Production*, 61, 106-116.
- Yao, T., & Tite, C. (2019). *An evaluation of student learning and reflection through the use of an engineering project management serious game* EERN, Warwick, UK.
- Yuan, X., & Zuo, J. (2013). A critical assessment of the Higher Education For Sustainable Development from students' perspectives—a Chinese study. *Journal of Cleaner Production*, 48, 108-115.
- Zwikaël, O., & Gonen, A. (2007). Project execution game (PEG): training towards managing unexpected events. *Journal of European Industrial Training*.

Atelier 9 - **Curricula et vues d'ensemble** - Animateur : Loïc Sauvée

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
20	BENGUIGUI Jean-Marc	L'enseignement de l'écologie à petits pas dans les écoles d'ingénieurs
24	GISONDI Véronique BELANGER Eric MILLETTE Louise	Ingénieuse transition
25	FAGNEN Shirley MILLETTE Louise RONDEAU Audrey CIGANA Patrick	Formation des ingénieurs : une transition nécessaire

Benguigui Jean-Marc - *L'enseignement de l'écologie à petits pas dans les écoles d'ingénieurs : Des disciplines à rendre indispensables*

Jean-Marc Benguigui, Centrale Nantes

Résumé

La démission de Nicolas Hulot, notre ancien ministre de l'écologie, en août 2018, a été un électrochoc, notamment chez nos élèves-ingénieurs. Son constat est sans équivoque : notre modèle économique est la cause des désordres climatiques. Trois mois plus tard, à la cérémonie des remises de diplômes de Centrale Nantes, le discours de l'étudiant Clément Choisine aura un écho retentissant dans la presse. Selon lui, la formation des ingénieurs n'est pas à la hauteur des enjeux climatiques. Son intervention va libérer la parole de ses camarades. Aujourd'hui, ceux-ci osent revendiquer leurs attentes jusqu'à rédiger une lettre ouverte « Pour un directeur·rice engagé·e » en février 2020 pour peser dans le recrutement de leur nouveau chef d'établissement. Les écoles d'ingénieurs ne doivent plus se contenter de petits pas face à l'urgence écologique. Quels sont les enseignements indispensables pour former un ingénieur afin de relever ce défi ? Une réflexion sera menée au travers des enseignements mis en pratique dans l'option Ingénierie de la transition écologique à Centrale Nantes. Des disciplines telles que les impacts environnementaux, l'économie circulaire, l'écoconception, l'analyse du cycle de vie y sont dispensées. La sobriété et les basses technologies seront des connaissances clés du futur ingénieur.

Mots clés : école d'ingénieurs, enseignement, économie circulaire, écoconception, sobriété

Introduction

La démission de Nicolas Hulot, notre ancien ministre de l'écologie, en août 2018, a été un électrochoc, notamment chez nos élèves-ingénieurs. Son constat est sans équivoque : notre modèle économique est la cause des désordres climatiques. Trois mois plus tard, à la cérémonie des remises de diplômes de l'École Centrale de Nantes, le discours de l'étudiant Clément Choisine aura un écho retentissant dans la presse¹. Selon lui, la formation des ingénieurs n'est pas à la hauteur des enjeux climatiques. Son intervention va libérer la parole de ses camarades. Aujourd'hui, ceux-ci osent revendiquer leurs attentes jusqu'à rédiger une lettre ouverte « Pour un directeur·rice engagé·e » en février 2020 pour peser dans le recrutement de leur nouveau chef d'établissement. Les écoles d'ingénieurs ne doivent plus se contenter de petits pas face à

¹ Miller, M. (2019, 16 avril). « Une perte de sens totale » : le malaise grandissant des jeunes ingénieurs face au climat. *Le Monde*.

l'urgence écologique². Face à ce constat, **quels sont les enseignements indispensables pour transmettre à un ingénieur les connaissances nécessaires à ce défi ?** Pour apporter des réponses, une réflexion sera menée à partir d'un retour d'expérience sur les enseignements mis en pratique au sein de Centrale Nantes, notamment dans l'option Ingénierie de la transition écologique.

L'ingénieur face à la finitude des ressources et aux limites planétaires

Avant d'énumérer les enseignements qui devraient être obligatoires, il faut tout d'abord identifier quelles sont les urgences écologiques que devra traiter l'ingénieur de demain ? De nombreux intellectuels de profil ingénieur (P. Bihouix, 2014 ; J. P. Dupuy, 2009 ; J. Ellul, 1988 ; P. Servigne & Stevens, 2015) s'interrogent sur nos capacités à maintenir l'accélération du progrès technique et du rythme de nos vies.

Les « stocks » d'hydrocarbures et de minerais s'épuisent et deviennent moins accessibles. L'ingénieur sera très vite confronté aux limites des ressources non renouvelables. Celles-ci nécessiteront de plus en plus d'énergie avec des procédés toujours plus complexes pour les extraire jusqu'au jour où il n'y aura plus de carburant pour les faire fonctionner. L'ingénieur devra aussi faire face à l'appauvrissement de ressources renouvelables tels que l'eau ou le bois que nous épuisons trop vite et qui n'auront pas eu le temps de se régénérer. Il ne devra pas franchir certaines frontières. Ce sont des seuils pour lesquels le climat, les écosystèmes ou les cycles biochimiques se dérèglent. Neuf indicateurs ont été caractérisés par des équipes de recherche (J. Rockström et al., 2009 ; W. Steffen et al., 2015). Parmi eux, quatre auraient déjà dépassés les limites tolérables. Nous retrouvons bien sûr le changement climatique et l'érosion de la biodiversité. Les deux autres sont l'occupation des sols avec le déclin des zones forestières et les perturbations des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore. Les cinq indicateurs restants respectent encore les frontières ou bien n'ont pas été quantifiés à ce jour. Ce sont la consommation d'eau douce, l'acidification des océans, la diminution de la couche d'ozone stratosphérique, les émissions d'aérosols dans l'atmosphère et la pollution chimique.

Ce constat alarmant nous amène à redéfinir le rôle de l'ingénieur. Responsable et éclairé, il devra apprendre à gérer une future pénurie d'énergie et de ressources. Il veillera à respecter des seuils pour ne pas mettre nos vies en péril.

Les limites du techno-solutionnisme

L'ingénieur de demain découvrira rapidement les limites de la technique qui ne pourra plus entretenir un modèle économique énergivore et gourmand en ressources. Les discours techno-solutionnistes des grandes écoles lui seront inaudibles à juste raison. Intelligence artificielle, villes et objets connectés, énergies renouvelables, véhicules propres ou électriques, captation du CO₂, géo-ingénierie, Organisme Génétiquement Modifié, etc... Utopique d'imaginer leur essor dans un monde où l'énergie et les ressources viendront à manquer. Illusoire d'affirmer que les progrès associés à ces techniques n'auront aucun impact sur l'environnement et la santé des humains. Certains scientifiques vous diront qu'il ne faut pas opposer le techno-solutionnisme aux basses technologies. Ils vous affirmeront que les deux visions sont

² Le titre de ce texte s'inspire d'un article qui présente la demande forte des élèves-ingénieurs pour avoir des cours sur le climat et sur l'impact technique et sociétal des politiques industrielles : Miller, M. (2019, 3 novembre). Le réchauffement climatique timidement enseigné dans les écoles d'ingénieurs. *Le Monde*.

compatibles. D'accord ! Alors demandons aux écoles d'ingénieurs de laisser une place aussi importante à l'enseignement des basses technologies et de la sobriété ! Bien sûr, il ne s'agit pas d'abandonner la recherche et de refuser tout progrès technique qui peuvent améliorer la condition humaine. Il s'agit surtout d'éclairer l'ingénieur sur ces applications, ces risques et ces dérives. Une étude du Shift Project³ montre qu'en 2018 le numérique pollue autant que le secteur aérien. Cela représente 4% des émissions de CO₂ mondiales et devrait doubler en 2025. Les flux vidéos cinématographiques, pornographiques ou sur les réseaux sociaux ont émis 300 millions de tonnes de CO₂, soit 1 % des émissions mondiales. Cet exemple, parmi tant d'autres, montre bien que le progrès technique n'est pas au service de l'humanité mais d'entrepreneurs peu scrupuleux et avides d'argent. Il devient urgent de ne plus être futile, de stopper cette consommation de masse mortifère et de passer à une société plus sobre.

Des disciplines indispensables

Une fois défini les enjeux environnementaux, nous pouvons mentionner les enseignements minimums à connaître (Figure 1). L'action d'un ingénieur éclairé et responsable pourrait se décomposer en trois étapes : Comprendre, Évaluer et Agir.

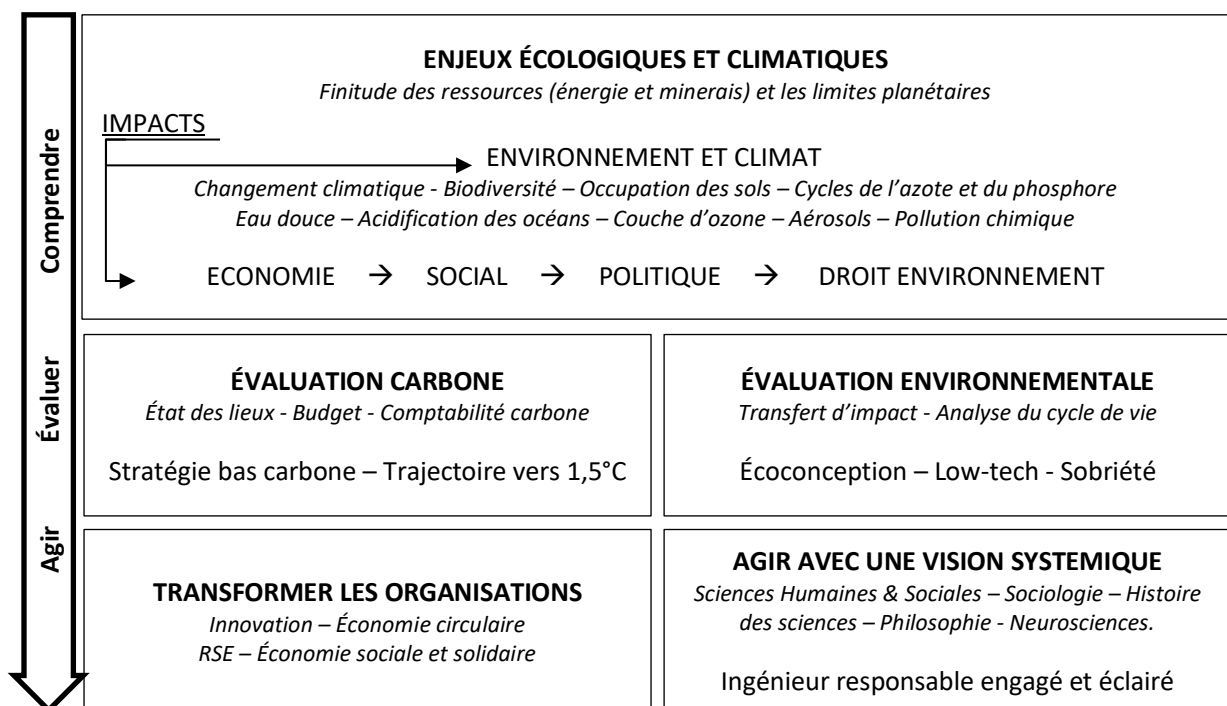


Figure 1 - Des disciplines à rendre indispensables et obligatoires !

Pour **comprendre** les enjeux planétaires et appréhender la complexité de notre civilisation industrielle, il est nécessaire d'acquérir :

Certaines explications sur les **impacts environnementaux** afin de saisir les mécanismes physiques qui modifient notre écosystème comme le réchauffement climatique, la perte de biodiversité, l'acidification des océans, la pollution chimique, etc. L'ingénieur doit être éclairé sur les conséquences qu'il peut provoquer sur la planète par ses actes.

³ The Shift Project (2018). *Lean ICT – Pour une sobriété numérique.*

Quelques notions sur les sciences **économiques** afin de mieux comprendre les effets possibles sur l'environnement. L'ingénieur doit pouvoir confronter différentes pensées économiques : néo-classique ou post-keynésienne, croissance ou décroissance, locale ou globale, ...

Être un ingénieur engagé et éclairé, c'est aussi s'intéresser aux **sciences politiques** pour comprendre les choix de nos dirigeants et les conséquences de leurs décisions. C'est une chose trop sérieuse pour être laissée aux mains des gouvernants politiques ou économiques. Je répète souvent à mes étudiants : « Pour résoudre la crise climatique, les solutions techniques existent. Mais cela doit passer par une nouvelle organisation de la société et de nos modes de vie. C'est à la fois indispensable, souhaitable et possible. Pour les mettre en place, nous devons absolument changer de modèle économique qui passe forcément par un choix politique. »

L'initiation au **droit de l'environnement** est la traduction des décisions politiques qui passe par les lois, les règlements ou les normes. L'ingénieur sera obligé de respecter un ensemble de règles techniques et des critères qui définissent un type d'objet ou procédé. Pour concevoir des solutions sobres, il devra imposer de nouvelles règles juridiques respectueuses de notre écosystème.

Après avoir compris les nombreuses interactions environnementales, sociales et économiques, l'ingénieur doit pouvoir **évaluer** et identifier les impacts négatifs engendrés par l'homme. Les solutions qu'il imaginera devront également être évaluées et validées par des calculs. Deux outils d'ingénierie pour analyser les impacts semblent incontournables :

La **comptabilité carbone** doit permettre d'évaluer les émissions des gaz à effet de serre émises à l'échelle d'un pays, d'un territoire ou d'une entreprise afin de définir la trajectoire pour stabiliser le réchauffement climatique à 1,5° C. C'est un outil de calcul monocritère.

L'**analyse du cycle de vie**, quant à lui, évalue plusieurs impacts environnementaux d'un territoire, d'un produit, d'un procédé ou d'un service sur les différentes étapes du processus que l'on étudie : l'extraction des matières premières, la fabrication, la distribution, l'usage et la fin de vie. C'est une méthode d'évaluation multicritère qui calcule par exemple : le changement climatique, la santé humaine, la diminution des ressources, l'acidification des océans ou des sols, la toxicité, l'usage des terres, etc. Un des points fondamentaux que doit maîtriser l'ingénieur, c'est **le transfert d'impact** d'un critère vers un autre ou d'une étape du cycle de vie vers une autre. Prenons un exemple dans les technologies soit disant vertes ! Un véhicule électrique est-il moins impactant que celui à essence ? Non ! Des recherches démontrent qu'il est très hasardeux de l'affirmer (G. Pitron, 2018, p. 72). La fabrication d'une voiture électrique requiert trois à quatre fois plus d'énergie qu'un véhicule classique. C'est notamment la production des batteries lithium-ion composés de métaux rares qui est en cause. Au niveau du cycle de vie complet, il semblerait que les batteries de voiture électrique d'une autonomie de 120 km émettent deux fois moins de carbone qu'un véhicule conventionnel. Aujourd'hui, plus puissantes, elles permettent de parcourir 500 km et leur fabrication fait tripler les émissions de CO₂. Un véhicule électrique n'est pas aussi intéressant qu'un véhicule thermique. De plus, il émettra davantage de CO₂ dans des pays qui utilisent des centrales à charbon.

Ainsi, un ingénieur éclairé et averti qui maîtrise des outils d'évaluation ne se laissera plus influencer par les politiques ou les industriels.

Après avoir compris et évalué les conséquences de notre modèle économique basé sur un processus dit linéaire, l'ingénieur doit **agir** pour changer de paradigme ! Pour y parvenir, l'**économie circulaire** est un concept intéressant à condition d'éviter de nombreux pièges. Il faut réduire le gaspillage des ressources et l'impact environnemental en augmentant l'efficacité

à toutes les étapes du cycle de vie des biens ou des services. Il ne doit pas servir d'alibi aux défenseurs de la croissance verte. Cet enseignement peut se diviser en sept piliers⁴ :

La **gestion** de nos déchets **et le recyclage** ne répondront pas à la finitude de nos ressources. Cette solution temporaire aura toujours des conséquences sur la santé des hommes. Recycler à l'infini pour boucler la boucle restera un vœu pieux.

Si on s'intéresse aux acteurs de l'offre, c'est-à-dire aux producteurs, nous devons encourager :

Les **achats responsables**, car il faut sortir du sacro-saint dogme « qualité, coût, délai » et ne plus acheter nos composants moins chers à l'autre bout du monde. Relocaliser, circuit-court, payer le juste prix, etc. ... seront les nouveaux termes à employer.

L'**écologie industrielle** qui repose sur le principe que les déchets des uns peuvent servir de ressources aux autres. Même si sa mise en place semble difficilement réalisable, le concept « où rien ne se perd » est un précepte à inculquer.

L'**économie de fonctionnalité ou collaborative** qui favorise l'usage plutôt que la possession ou privilégie le partage ou la mutualisation des biens, des connaissances ou des espaces. Un concept qui peut radicalement changer notre modèle économique.

L'**écoconception**, un des enseignements fondamentaux qui n'est malheureusement pas obligatoire dans les écoles d'ingénieurs. Elle consiste dès le développement d'un produit à intégrer l'environnement à toutes les étapes de son cycle de vie.

Pour réduire les impacts, il faut également agir sur le comportement des acteurs de la demande, c'est-à-dire nous les consommateurs.

L'**allongement de la durée d'usage** de nos biens est réclamé par de plus en plus d'utilisateurs qui pousseront les producteurs à se tourner vers le réemploi, la réparation ou la réutilisation. Ces nouvelles activités nécessiteront les compétences des ingénieurs.

La **consommation responsable** sera un des critères primordiaux. L'ingénieur devra être un acteur incontournable pour changer le comportement du consommateur en lui proposant des produits éthiques et non futiles.

Pour lutter contre le réchauffement climatique, posséder des bases en écoconception ou sur les différentes composantes de l'économie circulaire permettra à l'ingénieur de développer à l'avenir les basses technologies et prôner la sobriété.

Encore un long chemin

Un ingénieur responsable, engagé et éclairé doit incarner « l'Ingenium » pour comprendre, évaluer et ensuite agir. C'est-à-dire avoir cette aptitude à connecter de manière rapide et adéquate des disciplines séparées pour répondre à la complexité de notre monde malade. Face au risque d'un effondrement de notre civilisation industrielle, l'écoconception, l'analyse du cycle de vie, le bilan carbone, l'économie circulaire et les impacts environnementaux ne doivent plus être des enseignements facultatifs. Ces disciplines proposées doivent être le socle à la formation d'un ingénieur. Cette liste d'enseignements n'est pas forcément exhaustive. Si plus

⁴ ADEME (2013). *Économie circulaire : Notions*.

de temps était accordé aux matières non techniques, d'autres disciplines mériteraient d'être mises en avant telles que la sociologie, l'histoire des sciences, la philosophie ou les neurosciences. L'enseignement de l'écologie avance à petits pas dans les écoles d'ingénieurs car la prise de conscience est lente, les enseignants sont mal formés et les temps dédiés insuffisants.

Références bibliographiques

Bihouix, P. (2014). *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Le Seuil.

Dupuy, J. P. (2009). *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*. Le Seuil.

Ellul, J. (1988). *Le bluff technologique*. Hachette.

Pitron, G. (2018). *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*. Éditions Les Liens qui libèrent.

Servigne, P., & Stevens, R. (2015). *Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Le Seuil.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Folke, C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347 (6223).

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

Gisondi Véronique, Millette Louise et Bélanger Eric - Ingénieuse Transition

Véronique Gisondi ing. jr M.Sc.A.

Louise Millette ing. Ph.D. (co-auteure et directrice du département)

Éric Bélanger ing. M.Sc.A. (co-enseignant des cours CIV3220 et ING8971)

Polytechnique Montréal, Département des génies civil, géologique et des mines

Résumé

L'atteinte de la carboneutralité mondiale d'ici 2040 est l'œuvre d'aujourd'hui. Chaque ingénieur mieux formé, chaque décision mieux orientée et chaque activité mieux adaptée compte et mènera à une plus forte probabilité de limiter le réchauffement planétaire à 1,5°C par rapport aux niveaux pré-industriels. Former au développement durable à Polytechnique Montréal passe par des innovations pédagogiques, incite à une conscience professionnelle élargie de l'ingénieur, transcende la vision enviro-centrée et développe des compétences interdisciplinaires. Le cours CIV3220 est un éveil aux rôles de l'ingénieur, mais également à son implication citoyenne face aux enjeux de préservation des ressources et d'équité sociale. La classe inversée et la pédagogie active favorisent des processus cognitifs d'apprentissage plus élevés, durables et profonds. Le projet ING8971 est l'opportunité d'intégrer concrètement les notions techniques selon une perspective de développement durable. Le processus de conception intégrée déloge de leur zone de confort les futurs diplômés ingénieurs et architectes unis au sein d'une même équipe de travail. La lutte climatique, les problématiques sociales et la perte de biodiversité présentent autant de défis que d'adaptations pour la formation de l'ingénieur. Les prochaines formules pédagogiques pourraient offrir un modèle éclaté en ligne ou en présentiel, modulable selon le rythme et l'intérêt de l'étudiant.

Mots-clés : formation, classe inversée, pédagogie active, multidisciplinarité, conception intégrée

Introduction

Contexte

L'atteinte de la carboneutralité mondiale d'ici 2040 est l'œuvre d'aujourd'hui. Chaque ingénieur mieux formé, chaque décision mieux orientée et chaque activité mieux adaptée compte et mènera à une plus forte probabilité de limiter le réchauffement planétaire à 1,5°C par rapport aux niveaux pré-industriels (GIEC, 2019).

Rôle de l'ingénieur en lien avec le développement durable

L'ingénieur peut avoir une influence importante dans les médias, les décisions politiques et le développement ou le virage que prendra une société. Au-delà de ses compétences cognitives, techniques ou même technologiques, il se doit d'avoir une vision holistique et une sensibilité au contexte de chaque situation où il sera amené à élaborer des solutions réfléchies. Face à la transition mondiale nécessaire, l'ingénieur est responsable d'innover et d'utiliser sa capacité créative de façon à ce que son travail contribue directement ou indirectement à : (i) préserver

la biodiversité ; (ii) réduire les inégalités sociales, (iii) promouvoir l'accès de qualité aux besoins essentiels tels que l'eau, l'alimentation, les infrastructures décentes et sanitaires, le transport sécuritaire ; (iv) concevoir des systèmes, des machines, des bâtiments et des outils numériques tout en diminuant l'utilisation d'énergie et l'extraction des matières premières.

Défis à relever

Le développement durable dans la formation et les activités d'ingénieur appelle à des améliorations. D'abord, les innovations pédagogiques permettant la réflexion profonde des étudiants et l'appropriation d'une conscience professionnelle et politique doivent être prioritaires. Ensuite, il est nécessaire que le développement durable fasse partie intégrante de la formation des ingénieurs via le renforcement des compétences transversales et d'une approche multidisciplinaire. Enfin, un travail de concertation avec les différents programmes de l'université ainsi que le déploiement d'un réseau d'entraide et d'accompagnement du corps professoral sont essentiels. Ces stratégies de formation au développement durable visent une adaptation rapide, mais modulable et fluide, au rythme des changements actuels et à venir.

Former au développement durable pour s'engager dans la transition

Favoriser l'apprentissage profond

L'enseignement des notions de développement durable qui sont, intrinsèquement, de nature complexe et multidisciplinaire, est favorisé par des approches pédagogiques permettant des apprentissages plus élevés, durables et profonds. D'après les études de Freeman et al., les approches pédagogiques où les étudiants sont actifs et qu'ils collaborent entre eux favorisent la rétention des connaissances. À titre d'exemple interpellant, des études quantitatives menées au premier cycle universitaire sur la façon dont les méthodes constructivistes (approche amenant les étudiants à construire leur propre compréhension, en opposition à l'approche traditionnelle théorique axée sur l'enseignement « en racontant ») ont un impact sur la performance des étudiants dans les domaines des Sciences, de la Technologie, de l'Ingénierie et des Mathématiques [STIM] (Freeman et al., 2014).

À Polytechnique Montréal, le cours CIV3220 « Impacts sur l'environnement et développement durable » met en œuvre la pédagogie active et la méthode de la classe inversée. Ce cours de premier cycle du cursus des génies civil, géologique et des mines est un éveil aux rôles de l'ingénieur, mais également à son implication citoyenne face aux enjeux de préservation des ressources et d'équité sociale. Dans un premier temps, chaque semaine, les étudiants acquièrent une portion de la théorie en dehors du cours, sous forme de lectures, vidéos et quiz sur la plateforme web du cours. Dans un second temps, les étudiants se présentent en classe pour faire de l'apprentissage actif sous forme d'exercices individuels et en groupe, d'études de cas, d'apprentissage par problèmes et de résolution de quiz. L'idée générale est de centrer l'enseignement sur l'apprenant et de réduire la portion allouée à l'exposé magistral afin de libérer du temps pour approfondir la matière avec des compléments et de l'accompagnement par l'enseignant ou par les pairs. Il s'agit donc d'un changement de posture, d'un co-enseignement et d'une co-construction avec les étudiants.

Les aspects socio-économiques, légaux et biophysiques des projets d'ingénierie, de la planification jusqu'au démantèlement, sont examinés via les processus provincial et fédéral d'études d'impacts sur l'environnement. De plus, les enjeux des risques technologiques, des évaluations environnementales et de la place de la participation publique sont étudiés pour l'ensemble du territoire et des citoyens du Québec, notamment au Nord québécois avec la valorisation des communautés des peuples racines.

Encourager une vision transversale

L'ingénierie durable est une pratique de l'ingénierie qui, dans toutes ses actions, adopte une responsabilité élargie sur les plans environnemental, social et économique. Ainsi, le développement durable doit faire partie intégrante de la formation globale de tout ingénieur et transcender la vision compartimentée parfois représentée par une spécialité ou par une couche de finition optionnelle.

Le cours ING8971 « Projet intégrateur en développement durable » est offert aux étudiants de fin de premier cycle de tous les génies de Polytechnique Montréal ainsi qu'à ceux en architecture de l'Université de Montréal. L'objectif est de former des équipes multidisciplinaires, mixtes, encourageant la diversité des points de vue, l'autonomie et l'innovation. Ce cours-projet est l'opportunité d'intégrer concrètement les notions techniques selon une perspective de développement durable. Le processus de conception intégrée déloge de leur zone de confort les futurs diplômés ingénieurs et architectes. Les notions d'ingénierie liées au bâtiment se déclinent en plusieurs mandats : analyse du cycle de vie, aménagement et mobilité, conception architecturale et systèmes structuraux, mécanique du bâtiment, énergies renouvelables, gestion des eaux pluviales, études de sols et contamination, en plus de mandats originaux créés par les équipes. Les étudiants bénéficient de l'encadrement de plusieurs professionnels tels que des ingénieurs, architectes et spécialistes.

Le développement durable relève de compétences multiples, unies entre elles par des frontières perméables. Voici quelques-uns des concepts clés du développement durable et leur intégration concrète dans le cours.

- Pensée systémique : analyse de cycle de vie et interrelations entre les différents choix de conception.
- Anticipation et gestion des risques : prise en compte de l'impact des changements climatiques, proactivité vis-à-vis des lois et règlements.
- Multidisciplinarité : équipes de travail formées de différents ingénieurs et architectes.
- Implication des parties prenantes : besoins du client, accessibilité universelle, inclusion sociale.
- Communication proactive et dialogue : compréhension des autres disciplines, outils de gestion de travail d'équipe (habiletés personnelles et relationnelles), encadrement des enseignants et intervenants.

Accompagner et soutenir dans la stratégie d'intégration du développement durable

La vision parfois réductrice du développement durable, ou tout simplement le manque de présence et de connaissances du sujet auprès des étudiants ou du corps professoral, sont des lacunes à travailler en priorité. Deux sondages indépendants, mais portant sur la même préoccupation, soit sur l'intégration du développement durable à Polytechnique, ont été réalisés en 2020. Le premier, préparé par le Bureau du Développement Durable de Polytechnique [BDD] était à l'intention des enseignants alors que le deuxième, préparé par l'Association des Étudiants de Polytechnique [AEP], était destiné aux étudiants du premier cycle universitaire, plus précisément du baccalauréat. Le sondage des enseignants a été répondu par 126 professeurs, chargés de cours et maîtres d'enseignement, ce qui représente environ 18 % du corps professoral de toute l'université, et concernait l'évaluation de 216 de leurs cours, soit 21 % de tous les cours enseignés à Polytechnique. Quant au sondage des étudiants, 662 répondants ont participé, ce qui correspond à un taux d'environ 12 % de la population étudiante du baccalauréat tous génies confondus.

Le sondage réalisé auprès des étudiants relève que 97 % des répondants (641 sur 662 étudiants) considèrent que le développement durable s'applique à leur discipline ou domaine d'étude. Les étudiants veulent suivre les cours de spécialisation en développement durable majoritairement parce qu'ils désirent en apprendre plus sur le sujet. Toutefois, près de la moitié des étudiants (307 sur 662 étudiants) souhaitent que le développement durable soit intégré à travers des exemples dans leurs cours réguliers actuels, suivi d'environ du tiers (207 sur 662 étudiants) qui aimerait avoir un nouveau cours obligatoire entièrement dédié au développement durable, mais spécifique à leur programme plutôt que général et commun à tous les génies.

Du côté du sondage réalisé auprès du corps professoral, il est intéressant de noter qu'il semble y avoir un point de bascule quant à l'intérêt au développement durable. Le développement durable attire maintenant l'attention de ceux qui se sentaient initialement moins concernés par le sujet. Les résultats démontrent que la majorité des enseignants ayant répondu au sondage sont ceux issus de spécialités dont les cours intègrent moins aisément le développement durable. La place du développement durable est absente ou peu présente dans 53 % des cours du sondage (115 sur 216 cours). Dans 81 % des cas (93 sur 115 cours), ceci est expliqué par le fait que les enseignants de ces cours ne voient pas les liens ou les enjeux de développement durable à faire avec les notions enseignées. Les applications du développement durable sont pourtant nombreuses, mais leur portée n'est pas immédiatement perçue. Ainsi, 16 % des enseignants répondants au sondage (20 sur 126 enseignants) répondants du sondage ont demandé d'être contacté par le BDD afin de leur proposer des ressources pour aborder le sujet du développement durable dans 14 % des cours (31 sur 216 cours). Ainsi, un travail de soutien et d'accompagnement du corps professoral pour l'intégration du développement durable a été entamé en automne 2020. Depuis, des échanges courriels et des rencontres virtuelles ont donné lieu à des discussions enrichissantes sur les différents aspects du développement durable et les liens parfois insoupçonnés avec des cours qui, de prime abord, semblaient bien loin du sujet. À d'autres moments, la communication établie avec des enseignants déjà bien renseignés et interpellés par le sujet a permis d'approfondir l'intégration du développement durable dans la formation d'ingénieur et de découvrir des alliés avec lesquels il y a eu échange d'idées, de ressources et de matériel. En somme, il a été possible de proposer de l'information, des outils et des idées d'activités ; de revoir le matériel de présentation de certains cours ; d'offrir des déclinaisons de matériel pédagogique pour les programmes où, pour l'instant, peu de matériel existe. De façon anecdotique, les échanges se sont avérés cordiaux et le corps professoral se déclarait satisfait.

Conclusion

Former au développement durable à Polytechnique Montréal passe par des innovations pédagogiques, incite à une conscience professionnelle élargie de l'ingénieur, transcende la vision enviro-centrée ou cloisonnée dans une unique discipline et développe la vision transversale. Les prochaines formules pédagogiques pourraient offrir un modèle éclaté en ligne ou en présentiel, modulables selon le rythme et l'intérêt de l'étudiant.

D'après les résultats des sondages réalisés, les étudiants aimeraient en apprendre davantage sur le développement durable, mais de manière à ce qu'ils puissent créer des liens concrets avec leur discipline. Un cours d'introduction aux notions fondamentales du développement durable spécifique à chaque programme et ajouté en début de cursus des études du premier cycle est une autre option proposée par les étudiants. La réflexion à ce sujet mérite examen, mais les implications sur les programmes et les spécificités de chacun d'eux imposent une co-construction des meilleures approches de mise en œuvre de développement durable dans la formation. Puis, les cours réguliers de chaque génie doivent pouvoir aborder concrètement le

développement durable. Afin de concrétiser les solutions, il est nécessaire de travailler en concertation avec tout le corps professoral et de fournir un réseau d'entraide, d'accompagnement et de soutien dans l'intégration du développement durable dans les cours.

La lutte climatique, les problématiques sociales et la perte de biodiversité présentent autant de défis que d'adaptations pour la formation de l'ingénieur. La transition devra être ingénieuse et, pour ce faire, nous devons travailler ensemble !

Références Bibliographiques

CIV3220 – *Impacts sur l'environnement et développement durable*. Département des génies civils, géologiques et des mines. Montréal, Qc: Polytechnique Montréal

Freeman, S., L. Eddy, S., McDonough, M., K. Smith, M., Okoroafor, N., Jordt, H., & Pat Wenderoth, M. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *PNAS*, *111*(23), 8410–8415. doi :<https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

GIEC. (2019). Réchauffement planétaire de 1,5 °C - Résumé à l'intention des décideurs. Tiré de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

ING8971 – *Projet intégrateur en développement durable*. Projet interdisciplinaire en collaboration avec l'École d'architecture d'aménagement du paysage. Montréal, Qc : Polytechnique Montréal et Université de Montréal

Com. # 25

Fagnen Shirley, Millette Louise, Rondeau Audrey et Cigana Patrick - *Formation des ingénieurs : une transition nécessaire*

Bureau du développement durable, Polytechnique Montréal (Canada)

Résumé

Polytechnique Montréal place le développement durable (DD) au premier rang de sa mission¹. Son engagement est reconnu, comme en témoignent les prix obtenus, dont l'accréditation internationale STARS de niveau Or².

Au Canada, la profession d'ingénieur est réglementée et le Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG) s'assure de la conformité des formations³. Le BCAPG considère *la capacité d'analyser l'impact du génie sur la société et l'environnement* comme une qualité incontournable⁴. Polytechnique Montréal répond à cette exigence et va au-delà des standards établis. Les initiatives en soutien à l'intégration du DD sont multiples : modules de formation de trois heures, cours disciplinaires et orientation thématique au 1^{er} cycle. À cette offre s'ajoute un projet intégrateur multidisciplinaire, unique en son genre, qui attire les meilleurs étudiants.

Depuis 2016, les 11 éditions du MOOC « L'ingénieur, source de solutions durables »⁵ ont eu une portée internationale. Polytechnique Montréal a par ailleurs donné une deuxième vie à ce MOOC en le transformant en une trousse à outils de DD pour les enseignants et étudiants.

Mots clefs : Formation, intégration, approche, outils, pratique

¹ <https://www.polymtl.ca/enseignements-generaux/tout-sur-polytechnique#plan-strategique>

² <https://reports.aashe.org/institutions/polytechnique-montreal-qc/report/2019-06-03/>

³ <https://engineerscanada.ca/fr/agrement/a-propos-de-l-agrement>

⁴ <https://www.polymtl.ca/etudes/programmes/qualites-developper-pour-les-etudiants-en-ingenierie>

⁵ <https://catalogue.edulib.org/fr/cours/PolyMtl-DDI101/>

Formation des ingénieurs : une transition nécessaire

La durabilité fait partie intégrante de l'ensemble des activités de Polytechnique Montréal. Elle s'imprègne tant dans la recherche, les opérations, le dialogue avec la société et le rayonnement. Or, c'est au cœur de la formation qu'elle ancre ses racines pour ensuite s'étendre organiquement dans la culture interne de l'institution.

Proactive et fermement engagée en faveur du développement durable, l'université d'ingénierie, avec la collaboration du corps professoral, mène plusieurs projets complémentaires pour continuellement augmenter la part du DD dans le curriculum. Nous vous décrivons ci-dessous quelques initiatives porteuses.

Bureau du développement durable

En 2013, le Bureau du développement durable (BDD) est créé et devient un véritable propulseur de la durabilité à l'échelle de tout le campus. Avec désormais trois conseillers dans son équipe, le BDD agit comme centre de référence, de soutien et de conseil auprès des étudiants, employés et professeurs. Cette entité encourage et accompagne les initiatives individuelles et collectives visant à enrichir le cadre universitaire et à préparer les futurs diplômés à un avenir professionnel engagé et responsable. Enfin, le BDD incite à l'amélioration continue en mesurant et en diffusant les résultats des efforts voués à la durabilité sur le campus.

Au chapitre de la formation, le BDD concentre ses efforts à collaborer avec d'autres universités et des partenaires externes pour mettre en commun des expertises et mener des actions conjointes en développement durable. L'équipe du Bureau est en contact étroit avec les professeurs, de même qu'avec le Bureau d'appui pédagogique, pour constamment bonifier la place du DD dans les cours et améliorer les approches pour sensibiliser la communauté étudiante au rôle social que doit endosser un ingénieur tout au long de sa carrière.

Projet intégrateur

Le projet intégrateur en développement durable est un projet unique en son genre. Ce cours multidisciplinaire est ouvert à tous les programmes de génie, en dernière année, et permet d'explorer la notion de développement durable et de la relier concrètement à la profession d'ingénieur. De multiples projets de conception d'infrastructures en milieu urbain ont été menés avec l'administration municipale de Montréal (Maison de la culture Plateau-Mont-Royal, Centre aquatique de Verdun, Logement étudiant abordable, etc.)

Orientation thématique

Une orientation thématique en développement durable de 12 crédits (4 cours) est offerte en quatrième année du parcours de baccalauréat. Cette orientation traite des grands enjeux transversaux que soulève le développement durable, en particulier la responsabilité sociale de l'ingénieur et le travail dans un contexte multidisciplinaire. Non diplômante, l'orientation est inscrite au bulletin de l'étudiant en guise d'attestation de son intérêt pour le développement durable et de sa préparation à une pratique d'ingénierie durable. Des cours de différentes disciplines de génie sont proposés. Le cours DDI8001 « Développement durable pour ingénieurs » constitue la base de l'orientation. En plus de définir le développement durable, ce cours passe en revue différentes pratiques, normes et outils qui seront utiles aux ingénieurs. Il est accompagné du cours DDI8002 « Études de cas en développement durable pour

ingénieurs » qui se veut une mise en pratique des concepts théoriques. Le reste des crédits est pour les cours à option. L'étudiant peut ainsi moduler son parcours et choisir parmi une liste de sujets variés, notamment l'analyse de cycle de vie, la planification durable des transports ou encore l'énergie. Ces cours, de niveaux cycles supérieurs, sont également offerts aux étudiants se spécialisant dans ces domaines.

BCAPG

Le Bureau canadien des programmes de génie (BCAPG) sert de levier pour encourager l'intégration du DD dans la formation des ingénieurs au Canada. L'organisme conçoit, à juste titre, *la capacité d'analyser l'impact du génie sur la société et l'environnement* comme une qualité incontournable de tout diplômé du génie. Lors des audits réalisés par tous Ingénieurs Canada, tous les programmes doivent démontrer que cette qualité est bien enseignée, obligatoirement dans les cours classiques du curriculum et non uniquement dans les cours optionnels. Ce requis a donné une impulsion positive pour innover dans le cadre du cursus obligatoire, et ce, tout particulièrement pour les programmes de génie chimique, de génie civil et de génie industriel.

Pour d'autres programmes, dont le génie physique, la stratégie est différente. Dans certains cas, ce sont des interventions d'experts externes qui viennent assurer que les étudiants du programme s'initient aux notions de base de DD et d'ingénierie durable, adaptées à leur discipline. Dans d'autres, ce sont des modules d'une durée de trois heures qui sont donnés avec l'aide de l'équipe du Bureau du développement durable. Ce module de trois heures commence par une présentation générale de faits et de données sur les problématiques mondiales environnementales et sociales. S'ensuivent une définition des concepts de développement durable et d'ingénierie durable et une réflexion faite avec le groupe sur l'importance d'aborder ce sujet dans des cours de génie. Après une présentation d'outils pouvant être utiles à leur future pratique (analyse du cycle de vie, notions d'économies circulaires, certaines réglementations) des exemples adaptés à la discipline de génie dans laquelle le module est présenté sont amenés pour discussion.

Le Bureau du développement durable intervient également dans des cours en environnement de certains programmes, pour présenter des outils pratiques ainsi que la position de Polytechnique quant à l'importance accordée à l'ingénierie comme moteur de changement sociétal.

Définition polytechnicienne de l'ingénierie durable

Polytechnique s'est dotée d'une définition de l'ingénierie durable. C'est « une pratique de l'ingénierie qui, dans toutes ses actions, assume une responsabilité élargie sur les plans environnemental, social et économique ». Polytechnique a retenu sept principes qui selon l'institution couvrent les grands aspects qui doivent être pris en compte par l'ingénierie durable : l'innovation et la créativité ; le respect de la capacité de support des écosystèmes ; la pensée systémique et de cycle de vie ; la multidisciplinarité ; l'écoute des parties prenantes ; l'anticipation et la gestion des risques ; la communication proactive.

Quiz Moodle

Depuis 2018, un quiz MOODLE de 15 questions permettant de tester les connaissances initiales sur le DD des étudiants est administré en amont des interventions du Bureau du développement durable dans les cours. Il est également utilisé par certains professeurs qui souhaitent évaluer le

niveau de la classe avant d'entreprendre certaines activités. Il s'agit d'un outil apprécié de plusieurs maîtres d'enseignement qui en font usage de façon récurrente lors de chaque début de session.

Consultation de la communauté polytechnicienne

Bien sûr, le nouveau plan d'action en développement durable 2020-2024 de Polytechnique accorde une place importante à la formation. Parmi les cibles entérinées par la haute direction, notons celle d'atteindre, d'ici 2024, un taux de 40 % des cours qui abordent des notions de développement durable. L'un des objectifs est d'identifier formellement ces cours dans le répertoire, de façon à mettre en valeur les classes ayant une composante DD.

Une vaste consultation a été menée auprès de l'ensemble de la communauté afin de bâtir ce plan. Parmi les propositions les plus populaires, celle de diffuser des faits au sujet des changements climatiques auprès de tous les nouveaux étudiants est apparue comme essentielle. Ainsi, un travail est en cours afin d'adapter un atelier de réflexion dans les cours HPR de travail en équipe collaborative. Aborder ce sujet permettrait une sensibilisation à grande échelle, dans un cours non spécialisé dans le domaine, tout en développant les compétences et les apprentissages du cours, tel que voulu dans les objectifs pédagogiques du cours. Cet atelier est en cours d'élaboration avec les équipes de cours.

En plus des rencontres et forums ouverts tenus pour discuter ouvertement de plan, l'un des outils de consultation fut la diffusion d'un sondage sur le développement durable. Fait intéressant, 91 % des répondants à ce sondage ont dit être en accord avec l'affirmation suivante : *Il est important que Polytechnique s'engage fermement en faveur du DD*. Au total, 1728 personnes ont complété ce sondage, 78 % des répondants étant des étudiants et 22 % des membres du personnel et des professeurs.

Parmi 17 propositions d'actions à mettre en place, celle ayant remporté le plus haut taux d'adhésion concernait la formation : Inclure un cours spécialisé sur les impacts environnementaux adapté à chaque programme. Ce sont 79 % des répondants qui ont exprimé clairement être en faveur de cette initiative.

MOOC

Parmi les objectifs de Polytechnique, celui d'encourager les ingénieurs à prendre plus en compte les dimensions sociales dans leur projet en est un à la base de multiples projets. Notons par exemple les MOOC (massive open online course), qui se sont avérés des véhicules parfaits pour partager largement du contenu en ce sens.

En 2016, un premier cours en ligne gratuit de 18 heures « L'ingénieur, source de solutions durables » a été lancé. Il a connu un succès monstre avec toutes ses éditions : plus de 10 000 inscriptions, de 65 pays. **Il s'agit là d'une initiative ayant permis de faire voyager le concept d'ingénierie durable sur la planète. À l'origine de ce projet ayant requis plusieurs mois de travail**, Polytechnique Montréal désire partager son expertise en recherche et illustrer à l'international que l'ingénierie peut apporter des solutions durables aux problématiques sociétales complexes actuelles. En plus de présenter une définition de l'ingénierie durable et l'historique du développement durable, ce MOOC très complet aborde cinq grandes thématiques que sont l'énergie durable, la mobilité durable, la valorisation des ressources, la production durable et la résilience. Voulu inspirant, le MOOC présente des actions positives en donnant la parole à des experts de Polytechnique qui exposent de quelle manière leurs recherches contribuent à résoudre des problématiques environnementales et sociales.

Grâce à ce succès, plusieurs partenaires ont approché Polytechnique pour la conception de nouveaux cours, dont des partenaires africains et Ingénieurs Canada.

D'ailleurs, le MOOC « Ingénieurs Canada - L'ingénierie durable » a vu le jour dans les deux langues officielles du Canada. Cette formation en ligne propose de découvrir les 10 directives du Guide national sur le développement durable et la gérance environnementale d'Ingénieurs Canada, à l'aide d'études de cas réels.

Le cours est conçu pour toute personne pratiquant le génie au Canada, quels que soient sa discipline ou son rôle. Il peut servir de formation continue pour des thèmes comme la planification et la gestion du risque dans un monde en transformation.

Page Moodle

Afin de rendre plus facilement accessible le matériel du MOOC « L'ingénieur, source de solutions durables » à la communauté interne de Polytechnique (enseignants et étudiants), les capsules vidéos et les références bibliographiques ont été intégrées à une page web Moodle en février 2017 : *L'ingénierie et le développement durable*. Cette page est disponible à toute personne ayant un compte Moodle et apparaît automatiquement dans le « portefeuille » de pages des nouveaux étudiants. Cette page est continuellement alimentée avec des nouvelles ressources, des liens vers des bases de données climatiques par exemple, des présentations utilisables ou encore sert de références pour trouver des sites officiels de normes internationales.

Amélioration continue

Bien que nous observions une progression de la place du DD dans la formation, la communauté reconnaît un besoin de pousser plus loin le sujet.

Voulant poursuivre son engagement à renforcer la place du DD dans la formation et d'avoir une approche co-constructive avec les enseignants et étudiants, le Bureau du développement durable a entrepris en 2020 de sonder les enseignants afin de mieux comprendre leur réalité en classe. Pour certains, le sujet est déjà abordé, pour d'autres juste survolé mais convient aux besoins du cours enseigné. D'autres encore aimeraient, mais ne peuvent dégager du temps, ou recherchent des conseils sur l'intégration du DD dans des cours déjà bien chargés. Afin d'obtenir un bon portrait et de répondre aux attentes des deux côtés enseignants/étudiants, le BDD travaille en collaboration avec l'Association étudiante de Polytechnique, qui, elle, veut évaluer la perception et l'expérience des étudiants, en matière d'éducation au développement durable.

Enfin, Polytechnique participe également au projet Construire l'avenir durablement (CLAD) regroupant l'Université de Montréal, HEC Montréal et Polytechnique Montréal. Dans le cadre de ce projet, Polytechnique s'est jointe à plusieurs groupes de travail qui ont pour mission de renforcer la place du DD dans la formation.

Atelier 10 - **Curricula et vues d'ensemble** - Animateur : Yann Serreau

N° Com	AUTEUR(S)	Titre
18	HUET Frédéric CHOPLIN Hugues LE GOFF Anne	L'ingénierie soutenable : est-ce plus « grand que nous » ?
26	PERPIGNAN Catherine ROBIN Vincent EYNARD Benoit	Model of a competency framework to achieve sustainable engineering
47	FREUD Nicolas DUPONT Laurianne ESCUDIE Marie-Pierre FREGONESE Marion GOUTALAND Carine OLAGNON Christian PARIS Hugo TADIER Solène	Développement durable et responsabilité sociétale, un axe de formation devenu incontournable à l'INSA Lyon : analyse d'un chantier en cours
48	BELHENNICH Geoffroy CIKANOKOWITZ Anne RICORDEL Catherine	Former à former au développement durable : vulgariser pour mieux comprendre et faire agir

Com. # 18

Huet Frédéric, Choplin Hugues et Le Goff Anne - *L'ingénierie soutenable : est-ce « plus grand que nous » ?*

Frédéric Huet Laboratoire Costech, Université de Technologie de Compiègne.
frederic.huet@utc.fr

Hugues Choplin Laboratoire Costech, Université de Technologie de Compiègne.
hugues.choplin@utc.fr

Anne Le Goff, Laboratoire BMBI, Centre de recherche – Rue Personne de Roberval, CS 60319
- 60203 Compiègne cedex. anne.le-goff@utc.fr

Résumé

Notre proposition vise à questionner la difficulté à s'emparer et à traduire l'exigence / l'épreuve du développement durable dans une formation d'ingénieur, et ce malgré des incitations et volontés multiples, à l'UTC comme probablement ailleurs.

En 2016, les associations de la CPU et de la CGE explicitent un nouveau socle de compétences pour l'ingénieur [1]. Or, cette vision renouvelée de l'ingénieur implique selon nous des déplacements pour le moins significatifs et complexes par rapport au « centre de gravité » des formations actuelles.

Alors que l'ingénierie reste principalement ancrée dans un paradigme mécaniste / machiniste, celui de la biologie / du vivant, moins mathématisé, n'est-il pas plus à même de refonder les problèmes contemporains de durabilité ? Fondamentalement, comment déployer une « pensée écologique » affranchie des dualités portées par nos épistémologies / philosophies dominantes : homme / environnement ; nature / culture... [2 ; 3] ?

Alors que l'ingénieur agit principalement au niveau local / micro, la durabilité n'impose-t-elle pas d'articuler ce niveau d'intervention avec un niveau plus global / macro, pour par exemple saisir de manière critique les pratiques telles que l'écoconception ou les modèles d'économie circulaire ou de fonctionnalité [4] ?

Alors que les sciences expérimentales véhiculent une logique d'action contrôlée, la durabilité n'implique-t-elle pas de penser cette logique d'action dans des situations incertaines, tant ses effets peuvent rester invisibles et/ou imprévisibles, comme en témoigne par exemple la notion d'« effet rebond » ?

Opérer ces déplacements implique alors d'explorer et d'expérimenter les contenus et modalités d'une formation d'ingénieur. Comment, par exemple, développer une pensée critique, par la philosophie, de ces couplages socio-techniques supposés « vertueux » que sont l'économie de fonctionnalité et l'éco-conception ? Nous présenterons ainsi les initiatives à l'œuvre actuellement à l'UTC.

Mots clés : Formation d'ingénieur ; Pensée écologique ; Changement paradigmatique ; Expérimentation UTC

L'ingénierie soutenable : est-ce « plus grand que nous » ?

Comme nombre d'établissements de formation à l'ingénierie, l'Université de Technologie de Compiègne est particulièrement sensible et attentive aux divers signaux concernant la problématique de la durabilité / soutenabilité dans les pratiques d'ingénierie. Depuis 2019, nombre d'initiatives ont ainsi été portées et promues pour intégrer cette nouvelle exigence dans la formation d'ingénieur.

L'hypothèse que nous étayerons dans cette contribution est que l'intégration de la soutenabilité dans une formation d'ingénieur relève d'un renouvellement d'un autre ordre que la seule intégration de nouveaux contenus ou de nouvelles compétences. Elle engage un changement de posture des ingénieurs pour se saisir de ce colossal enjeu. Cette « ingénierie soutenable » sera clarifiée dans une première partie.

Les enseignants, indépendamment de leur niveau d'expertise, doivent ainsi prendre la mesure de ce qu'implique une problématique qui, à bien des égards, se révèle « plus grande qu'eux ». Nous le verrons à partir des procédés de bioremédiation¹ pour la dépollution des sols (présenté dans la partie 2) et du retour d'expérience qui peut en être fait en confrontant ces contenus aux exigences de la soutenabilité (partie 3).

D'une ingénierie durable à une Ingénierie Soutenable (IS)

Diverses initiatives ont pu voir le jour à l'UTC depuis plusieurs années sur la thématique du développement durable. 2019 est un jalon important dans la diffusion de cette nouvelle « atmosphère de soutenabilité »² avec la constitution d'un collectif original : le Collectif Ingénierie Durable. Les actions / réflexions du CID se structurent autour de deux axes principaux³ :

- Prospecter et enquêter pour qualifier précisément ce que serait une IS, telle qu'elle pourrait être portée par l'UTC
- Identifier et travailler à des « lieux » et modalités de déploiement de cette IS dans l'établissement.

Le premier signe tangible des apports de ce collectif se cristallise sans doute dans sa requalification en CIS : Collectif d'Ingénierie Soutenable. Les réflexions collectives conduisent à promouvoir la soutenabilité plutôt que la durabilité. Cette dernière engage une finalité de durée assez « étroite » alors que la soutenabilité renvoie à la fois à ce que nos écosystèmes peuvent supporter de nos activités, mais également à ce que nos activités et notre ingénierie veulent soutenir et défendre. Autrement dit, les dispositifs techniques et leur développement soutiennent ou traduisent des projets ou « valeurs » de dimensions hétérogènes (techniques, sociétales, économiques, éthiques...). Cette soutenabilité engage ainsi, plus que la durabilité, une nouvelle posture de l'ingénieur.

¹ Nous tenons à remercier Antoine Fayeulle et Olivier Schoefs, enseignants-chercheurs à l'UTC, pour toutes les informations transmises sur la bioremédiation, ainsi que pour nos échanges dans le cadre du retour d'expérience présenté ici.

² Qui pourrait se substituer ou se conjuguer à une « atmosphère industrielle », pour reprendre A. Marshall, prévalant couramment dans une école d'ingénieur.

³ Nous remercions Valérie Moreau, Garance Régimbeau, Pierre Kidzié, Solène Brasseur et Yacine Baouch, animateurs de ces activités.

Adopter une vision systémique

La vision systémique⁴ (vs analytique) apparaît indispensable pour permettre à l'éco-ingénieur d'appréhender, dans toute leur complexité, les problèmes écologiques posés aujourd'hui par les dispositifs techniques qu'il conçoit et contrôle. Trois éléments nous semblent constitutifs de cette complexité :

- L'hétérogénéité des grandeurs à intégrer et à manipuler
- Le primat des relations sur les grandeurs elles-mêmes
- L'irréductible incertitude relative aux résultats obtenus et aux choix effectués

Ces « ingrédients » invitent à un renouvellement des modélisations pour ne pas réduire de manière illusoire la complexité de phénomènes qui engagent des conséquences sur des temporalités différentes, sur des étendues géographiques diverses et sur des critères de performances multi-factorielles. L'incertitude apparaît comme la rupture la plus significative par rapport aux logiques habituelles.

Questionner le degré de technicisation

L'éco-ingénieur se doit aujourd'hui de savoir critiquer les « hightech » au regard du poids très important qu'elles font peser sur les écosystèmes. Muni d'une vision systémique, conscient des ressources finies de notre planète, l'éco-ingénieur sait que le déploiement de ces technologies, aussi performantes et « vertes » soient-elles, ne fait bien souvent que déplacer les problèmes (effets rebonds) (Arnsperger & Bourg, 2016).

Dès lors, au-delà d'une « sensibilité » socio-technique de l'ingénierie déjà diffusée dans les pratiques, c'est en intégrant un questionnement critique, fort de nos besoins ou de nos attentes, qu'elle se transforme.

L'ingénieur dépasse la seule exigence d'articulation des usages et des techniques, pour se prononcer sur les usages et expériences ouverts par la technologie.

Reconsidérer la « culture » ou le mode de pensée de l'ingénieur

Les pensées écologiques critiquent, en deçà du capitalisme, un mode de pensée qui, de leur point de vue, légitime la maîtrise et la domination – à la fois théoriques et techniques – de la nature par l'homme (Bourg et Fragnière, 2014 ; Affeissa 2009).

Ce mode de pensée anthropocentré semble néanmoins tout particulièrement à l'œuvre dans la formation et la pratique des ingénieurs... Aussi important soit-il, probablement inséparable de l'humanisme (et de nos démocraties libérales), il semble aujourd'hui devoir s'articuler avec d'autres visions du monde, avec d'autres rapports à la nature, davantage centrés sur notre coopération avec le vivant (et la biodiversité) (Passet 1979).

Ces trois exigences que nous associons à une ingénierie soutenable ne prétendent aucunement « fermer » la discussion des possibles sur sa définition, ni la saisir dans son exhaustivité. Elles représentent plutôt une boussole pour mieux saisir ce qu'engage la soutenabilité dans un changement de posture de l'ingénieur.

⁴ Le rapport CPU et CGE (2016) a fourni un point de départ à cette réflexion. *Guide compétence : développement durable et responsabilité sociale*. <https://www.iddlab.org/data/sources/users/1215/docs/guide-de-compences-ddrs092016.pdf>

La bioremédiation : une technologie soutenable ?

L'enseignement de la bioremédiation à l'UTC est antérieur à la réflexion menée au sein du CIS, et n'a initialement pas été orienté par la soutenabilité telle que proposée par le CIS. Enseignement de la bioremédiation et réflexion sur la soutenabilité ont donc suivi deux trajectoires plutôt parallèles et indépendantes, mais qui offrent une opportunité intéressante de dialogue. Avant de croiser et confronter les apports issus de ces deux trajectoires, il semble nécessaire de décrire brièvement cette solution soutenable que serait la bioremédiation.

L'activité humaine est à l'origine de la pollution de certains sites, pour lesquels des traitements de dépollution doivent être envisagés. Les possibilités sont multiples, à partir de trois grandes technologies : les procédés thermiques, les procédés physico-chimiques et les procédés biologiques. Ces technologies génériques se déclinent elles-mêmes en différentes solutions.

Les bioprocédés ou la bioremédiation apparaissent intuitivement comme la solution la plus soutenable ou sobre. Le principe générique est de dégrader les polluants présents dans les sols en molécules moins nocives pour l'environnement et la santé humaine. Cette dégradation résulte de l'action d'organismes vivants - notamment microorganismes ou plantes - dans le sol pollué, directement sur site ou hors site (par excavation).

Les modalités ou techniques de bioremédiation sont multiples⁵ – on pourrait par ailleurs y associer les procédés de phytoremédiation - et opérer un « choix soutenable » ne revient pas à identifier et mettre en œuvre une solution optimale, mais plutôt une solution satisfaisante, relevant d'un nécessaire compromis. Et ce compromis n'est malgré tout pas simple à établir⁶ :

- Les exigences de performance (économique, environnementale, sociétale) sont en partie incommensurables
- L'évaluation des critères de performance pris séparément reste difficilement objectivable/mesurable, devant assumer une certaine incertitude
- L'expertise de l'ingénieur doit dialoguer avec d'autres expertises, pour sortir d'une appréciation initiale du problème partielle et locale d'un problème plus vaste et complexe.

Ainsi, prétendre à un choix soutenable relève d'une approche multicritère, et pensée sur un cycle de vie, qui transforme profondément le rapport de l'ingénieur à son expertise : en prise avec des indéterminations qu'il ne peut lever seul, concrétisée peut-être plus par une capacité à adresser les « bonnes » questions qu'à déployer les « meilleures » solutions... Ce qui ne peut que déstabiliser des étudiants s'attendant fréquemment à ce que « chaque problème ait sa solution ».

La déprise de l'ingénieur

La section précédente laisse entrevoir une nouvelle complexité qui s'invite dans les choix technologiques. Pour saisir plus précisément les manifestations de cette complexité (et plus

⁵ Pour une présentation plus précise des technologies biologiques de dépollution des sols, on pourra consulter l'étude de l'Ademe (2006) : « traitement biologique des sols pollués : recherche et innovation ». https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/43479_etude_adit_sols.pdf

⁶ Ces éléments ont été présentés par deux experts de la bioremédiation lors d'un atelier de sensibilisation à la soutenabilité, le 04-02-2021.

globalement les exigences de cette soutenabilité), nous pouvons tenter de « lire » cet exemple de la bioremédiation à partir des trois axes structurants précédemment présentés.

Le choix collectif en réponse à l'incertitude

Les manifestations de la complexité, dans l'exemple de la bioremédiation, se retrouvent dans l'approche multicritères évoquée. Parler d'approches multicritères souligne que la performance d'une technologie ne peut s'apprécier à l'aune d'une performance unique. La multiplicité des facteurs de performance à intégrer dans le choix technologique invite à considérer celui-ci comme une construction collective impliquant de multiples parties prenantes (Callon, Lascoumes & Barthe, 2001). Dans certains cas par exemple, les choix de dépollution relèvent d'une concertation ou d'une délibération à l'échelle du territoire, au travers desquelles les « riverains » sont amenés à « défendre » un point de vue sociétal. Cette réponse par le collectif, cette exigence socio-technique, ne sont probablement pas des éléments propres à une ingénierie soutenable, même si elle se confronte à une hétérogénéité accrue des parties prenantes et des critères de performance.

Au-delà de cette multiplicité, c'est plutôt l'irréductible incertitude comme composante à part entière du choix et du raisonnement, qui porte un changement de posture pour l'ingénieur. On pourra avoir deux lectures de cette incertitude.

La première se traduit dans les possibilités d'évaluation de la performance (sur différents critères), qui demeurent difficiles à apprécier quantitativement⁷. On comprend ainsi la recherche de « solutions satisfaisantes » comme relevant d'un compromis entre l'affinement possible du diagnostic et l'effectivité de la décision, prise dans des contraintes temporelles (Froger & Plumecocq, 2018).

Plus radicalement, cette incertitude peut être considérée comme indissociable de la technologie adoptée, et du travail du vivant sur lequel elle se fonde. Car celui-ci reste pour partie imprédictible ou insaisissable. Ainsi, les microorganismes introduits dans les sols dégraderont les polluants en molécules « saines », mais rien n'exclut par ailleurs que cette dégradation ne s'accompagne pas de nouvelles productions toxiques, et cela de manière non anticipée. S'accommoder de cette incertitude radicale nécessite à minima de ne pas la reléguer en « arrière-plan » du problème, mais de la positionner « à même » le problème. La seule certitude qui demeure est celle de l'incertain. Elle s'impose à l'ingénieur de manière manifeste, et en cela elle est « plus grande que lui ».

Quand la technique devient le problème

Plusieurs éléments caractéristiques des techniques de bioremédiation semblent illustrer ce que peut être une « lowtech » (Bihoux 2014). Les coûts d'investissement et de mise en œuvre sont avantageux comparés aux solutions concurrentes, elles présentent une simplicité de mise en œuvre et de suivi, et s'adaptent à la variété des situations au sein desquelles elles se déploient.

Le questionnement et le raisonnement qui peuvent conduire à retenir cette solution participent peut-être d'une démarche critique de la hightechnicisation à partir du moment où le choix à effectuer ne porte pas sur des potentialités technologiques en tant que telle mais sur leur adéquation avec la situation problématique rencontrée. Cette démarche privilégie une sobriété problématisée à partir des usages de la technique à une sobriété fondée sur un strict

⁷ Ainsi, dans certains tableaux de comparaison des technologies possibles (fournis aux étudiants), les différents critères de comparaison sont évalués à l'aide de + et de -.

solutionnisme technique. Autrement dit, la technique n'est pas tant à penser en tant que solution qu'en tant que problème, interrogeant la sobriété des usages et expériences que cette technique rend possible.

L'ingénieur face à « plus grand que lui »

Nos formations d'ingénieur sont largement dédiées aux principes de contrôle, d'anticipation des risques, de pilotage de processus... qui nourrissent une « culture » ou un « imaginaire » de domination de/par la technologie sur/de la « nature ». Or, l'exemple de la bioremédiation, avec tout ce qu'il comporte d'incertitude ou d'indétermination, met à mal cet « imaginaire ». La difficulté à déterminer une durée, longue, de dépollution ou encore à exclure toute manifestation indésirable ou polluante sous l'effet des microorganismes, illustre ce difficile - voire illusoire - arraisonnement de la nature, par l'ingénierie.

Il y a évidemment ici de quoi déstabiliser des ingénieurs. Les enseignants ont pu remarquer une appréhension ou une accommodation plus aisée pour les étudiants du domaine de la biologie que pour ceux des procédés. On pourra, peut-être, expliquer cette différence par le fait que les premiers évoluent disciplinairement dans le paradigme scientifique du vivant alors que les seconds côtoient un paradigme mécaniste. On pourra suggérer que l'ingénierie soutenable invite à un mode de pensée, irréductible à des savoirs opérationnels, plus inspiré du vivant, de ses émergences et imprévisibilités, que de la mécanique, de ses causalités et déterminismes. Et cela quelles que soient les disciplines d'ingénierie concernées.

Par ailleurs, cette incertitude ou cette déprise du contrôle invitent à sortir de raisonnements en « mode certain » ou risqué⁸, sans pour autant inhiber les initiatives et l'action. L'exigence est de déplacer la posture de l'ingénieur d'une logique d'anticipation / planification vers une logique d'accompagnement des incertitudes. Face aux imprévisibilités d'un traitement biologique, le suivi, l'intervention au « fil de l'eau » (ou du sol) deviennent la composante décisive de l'ingénierie. On s'affranchit des dualités qui structurent nos modes de résolution de problèmes (connaissance / expérience ; conception / exécution). Au-delà de l'ingénierie, c'est tout un mode de pensée, occidental, qui se trouve réinterrogé.

À l'issue de cette analyse de l'exemple de la bioremédiation, on entrevoit ce que peut impliquer la soutenabilité en termes de révision profonde de la posture de l'ingénieur. Les exigences collectives, socio-techniques, le rapport à l'hétérogène, ne sont probablement pas les éléments les plus « neufs » pour le quotidien de l'ingénieur. En revanche, relativiser son « pouvoir » de maîtrise, admettre un nouveau rapport à une incertitude « plus grande que lui » exigent assurément une transformation radicale des modes de pensée et d'action. Sur le plan de la formation, s'emparer de cela, sans trop de concession, ne relève alors pas de transformations locales, partielles. Cela relève plutôt d'une mise en abyme de la pédagogie par rapport à cette thématique de la soutenabilité : faire de « notre » ignorance relative un élément de savoir et de contenu ; réinterroger notre modèle pédagogique par rapport à ce qu'il porte lui-même des dualités critiquées...

⁸ Raisonner en termes de risque revient à probabiliser l'incertitude, et à occulter la radicale imprédictibilité qui lui est associée.

Références bibliographiques

Affeissa, H. M. (2009). *Qu'est-ce que l'écologie ?* Ed. Vrin.

Arnsperger, C., Bourg, D. (2016), Vers une économie authentiquement circulaire. Réflexions sur les fondements d'un indicateur de circularité, *Revue de l'OFCE* 2016, N° 145, pp. 91-125.

Bihouix, P. (2014). *L'Âge des low Tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Ed. Seuil.

Bourg, D., Fragnière, A. (2014). *La pensée écologique. Une anthologie*. Ed. PUF.

Callon, M., Lascoumes, P., Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Ed. Seuil.

Froger, G., Plumecocq, G. (2018). Faire entrer l'environnement dans l'économie. Temps, incertitudes et irréversibilités. *Revue Française de Socio-économie*, vol. 2, N° 21, pp. 39-58.

Passet, R. (1979). *L'économie et le vivant*. Ed. Payot.

Perpignan Catherine, Robin Vincent et Eynard Benoit - *Model of a competency framework to achieve sustainable engineering*

Catherine Perpignan, Roverval laboratory, Université de Technologie de Compiègne, France.
catherine.perpignan@utc.fr

Vincent Robin, IMS laboratory, Université de Bordeaux, France

Benoit Eynard, Roverval laboratory, Université de Technologie de Compiègne, France

Résumé

Dans les années 90, l'écoconception a émergé, l'objectif était de minimiser l'impact environnemental d'un produit en se focalisant sur les premières phases de son cycle de vie et notamment sur la phase de conception.

De nos jours, de plus en plus d'industriels et de chercheurs académiques (McAloone & Pigosso, 2017) pensent que l'écoconception doit évoluer vers une ingénierie durable qui devrait prendre une place plus importante place dans les stratégies d'entreprise. C'est aussi l'un des buts du 9ème (Industrie, Innovation et Infrastructure) et du 12ème (Consommation et Production Responsables) objectifs du Développement Durable édités par les Nations Unies. Cela oblige à faire évoluer l'état d'esprit des décideurs, managers et ingénieurs en enrichissant leur formation avec des valeurs de durabilité et de nouvelles compétences (Felgueiras et al, 2017).

En effet, il semble qu'un des moyens d'atteindre cet objectif soit l'éducation. Notre l'hypothèse, conformément au cadre Éducation 2030 de l'OCDE, est que nous devons établir la corrélation entre les connaissances, les compétences, les attitudes et les valeurs pour développer des programmes de formation pour les futurs ingénieurs (Perpignan et al, 2018).

C'est pourquoi notre objectif de recherche est de proposer un modèle pour répondre à la question : « comment définir une formation adaptée à l'acquisition de nouvelles compétences et valeurs liées à l'éco-conception dans ce nouveau contexte ? ».

Mots clés : ingénierie durable, formation d'ingénieur, compétences

Introduction

Pour former correctement les futurs ingénieurs, il est nécessaire que ceux-ci acquièrent des connaissances et des compétences scientifiques et techniques, ce qui est l'essence de leur métier, mais ils doivent également savoir appréhender de nouveaux enjeux sociétaux (Dekonink *et al.*, 2016) (McAloone and Pigosso, 2017). Pour répondre à ces nouvelles préoccupations de la société, influencées, entre autres, par les concepts de développement durable ou soutenable et d'adaptation au changement climatique, des compétences plus larges doivent être acquises. Ainsi, depuis de nombreuses années, les cursus d'enseignement cherchent à intégrer les connaissances et compétences associées à ces concepts et à « *développer un programme spécifique et intégré, basé sur la durabilité, qui cible les demandes de professionnels de l'ingénierie possédant cette expertise* » (Lozano & Young, 2013) (Lourdel, 2013). La communauté pédagogique dans son ensemble s'accorde à dire que le développement durable ne peut exister ni en tant qu'enseignement supplémentaire dans les cursus de formation, ni comme la mise en œuvre d'une boîte à outils. Pour former à une ingénierie « durable », il faut interconnecter les problèmes de durabilité aux problèmes techniques. Ainsi Sterling (Sterling, 2004) fait valoir l'importance d'aller au-delà de « l'apprentissage de la durabilité » en créant une prise de conscience de « l'apprentissage pour la durabilité » où les étudiants acquièrent des aptitudes et des compétences pour agir et réfléchir de manière critique sur les connaissances acquises. À l'issue de nos recherches bibliographiques, nous avons retenu deux recommandations :

1. La formation à une ingénierie durable doit être progressive et ancrée dans une vision holistique de l'enseignement élémentaire à l'université (Filho, 2009).
2. La formation à l'ingénierie durable doit toujours intégrer des connaissances, des compétences et des valeurs (Figure 1) (OECD, 2018).



Figure 1. L'avenir de l'éducation : cadre de référence Éducation 2030 de l'OCDE - connaissances, compétences, attitudes

S'appuyant sur ces deux recommandations, notre recherche s'est concentrée sur le développement d'un bloc de compétences à l'ingénierie durable et nous présenterons dans cet article la démarche suivie pour définir ce bloc ainsi que les différentes compétences qui le constituent.

Proposition de structure pour un bloc de compétences en ingénierie durable

Pourquoi le bloc de compétences ?

Le développement durable, et par extension, l'ingénierie durable, ne correspondent pas à un enseignement disciplinaire spécifique mais à la capacité des étudiants à mobiliser des compétences pour résoudre un problème pluridisciplinaire complexe. Une approche « purement disciplinaire » souvent utilisée pour concevoir des offres de formation ou des modules de cours est donc trop limitée et inopérante dès lors qu'il est question de construire une formation en ingénierie durable. Un bloc de compétences étant « *un ensemble homogène et cohérent de compétences contribuant à l'exercice autonome d'une activité professionnelle et pouvant être évaluées et validées*⁹ », nous avons choisi de nous appuyer sur une approche par compétences pour structurer notre proposition. De plus, d'un point de vue institutionnel, la Direction Générale de l'Enseignement Supérieur et de l'Insertion Professionnelle (DGESIP) indique dans une note¹⁰ parue en Juin 2019 que les licences générales et professionnelles doivent inclure 5 blocs transversaux et des blocs disciplinaires dont le nombre peut varier de 1 à 6. En l'occurrence, le bloc de compétences « ingénierie durable » pourrait correspondre à un des blocs transversaux préconisés.

Constitution du bloc de compétences

Pour définir le bloc de compétences « ingénierie durable », et donc s'engager dans une approche par compétences, nous avons utilisé la démarche proposée par (Poumay *et al.*, 2017) qui définit des balises à suivre (Figure 2) :

1. Définir les compétences à développer par les étudiants au fil du programme (méta-compétences du bloc, programmes internationaux ou nationaux, référentiels, etc.)
2. Définir les composantes essentielles de la compétence
3. Définir des niveaux de développement de la compétence
4. Définir les apprentissages critiques à maîtriser pour atteindre un niveau de compétence
5. Définir des situations professionnelles (contexte)
6. Définir les ressources qui seront utiles au développement de la compétence

Nous pouvons remarquer que la composante essentielle qui doit permettre de décomposer plus précisément la compétence principale visée est elle-même décomposée en deux types de compétences :

- Des compétences clés pour la durabilité (UNESCO, 2017)
- Des compétences du référentiel des formations définies par les organismes d'accréditation des formations technologiques

⁹ art. L. 6113-1 du code du travail

¹⁰ https://services.dgesip.fr/fichiers/20190628_FAQ_BLOCS_valide_cab.pdf

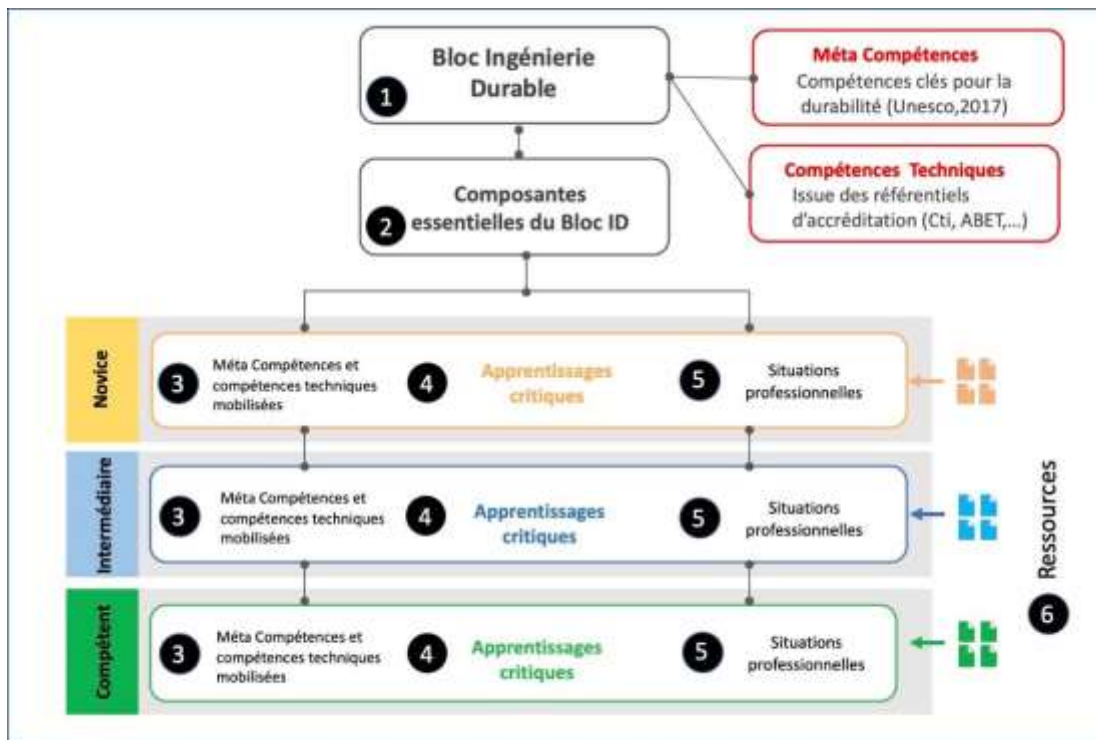


Figure 2. Notre démarche de conception du bloc de compétences « ingénierie durable »

C'est sur la base de cette approche que nous nous sommes ensuite attachés à définir précisément les composantes essentielles (Figure 2, rep. 2) du bloc ingénierie durable (Figure 2, rep. 1).

Quelles compétences pour une ingénierie durable

Nos travaux de recherche, s'appuyant sur une étude de la Référence bibliographique et de cursus de formation existants, ont mis en évidence que les différentes composantes essentielles doivent permettre de développer des « méta-compétences » clés pour la durabilité dans un cadre industriel et valider des compétences et connaissances relatives à l'enseignement technologique telles que l'éco-conception, l'efficacité énergétique, l'écologie industrielle... (Perpignan *et al.*, 2020). Ces composantes essentielles sont au nombre de cinq et l'enjeu est de les croiser pour qu'elles s'inscrivent dans un programme de formation technologique (Figure 3).

Composante essentielle (CE1, Figure 3) : « avoir une vision systémique et critique des enjeux liés au développement durable »

Les étudiants doivent acquérir un socle de connaissances pour comprendre les enjeux du développement durable dans un contexte industriel large. Il leur faut être capable de répondre à l'incertitude de demain. Cette composante amènera les étudiants à identifier dans les systèmes : les root-causes, les liens de causes-conséquences, les effets cascades, les effets rebonds, les effets de masse... (Wiek & Kay, 2015). Ainsi, analyser les liens et les interactions entre différents domaines est primordial pour permettre une analyse complète en ingénierie durable. Pour mener cette analyse, travailler en coopération avec des acteurs d'autres domaines de connaissance est alors indispensable. Cette composante est principalement tournée vers les compétences de pensée systémique, d'esprit critique et de travail en collaboration. Les étudiants sont amenés vers une réflexion sur les principaux concepts liés au développement durable avec une compréhension des ODD (Objectifs de Développement Durable) et des interactions environnementales, économiques et sociales. Dans le cadre d'une formation technique, on

pourra par exemple initier les étudiants à la notion de cycle de vie de produit et mettre en avant les problématiques de durabilité que peuvent apporter les aspects techniques.

Composante essentielle (CE2, Figure 3) : « Agir en citoyen éthique et responsable dans le cadre d'un projet de conception »

Dans les formations de licence technologique à l'université, les enseignements relevant des sciences humaines et sociales (SHS) sont quasi inexistantes. La perception des SHS dans les formations du supérieur aujourd'hui conduit à une mise en œuvre de « *sciences appliquées à la professionnalisation des étudiants : insertion professionnelle, développement des compétences managériales attendues des entreprises, connaissance des processus d'ingénierie* » (Lemaître, 2021). Or la technologie et son utilisation ayant la capacité de modifier les modes de vie, il nous faut prendre en compte ce paramètre et permettre aux futurs ingénieurs d'anticiper les répercussions que leurs activités professionnelles et leurs décisions peuvent avoir sur l'environnement et la société. C'est l'éthique du futur (Jonas, 1998) qui oblige à anticiper les répercussions des choix technologiques sur les modes de vie des générations futures et faire en sorte de préserver ces générations. Cette compétence permettra aux étudiants de travailler sur la compétence « connaissance soi », l'esprit critique et la pensée systémique et de définir pour chacun s'il se situe sur des axes de soutenabilité forte ou faible.

Ces deux premières composantes permettent de développer dans les cursus de formation une vraie compréhension systémique du développement durable qui permettra d'aborder par exemple les problématiques d'éco-conception de façon plus globale en intégrant les paramètres sociaux et économiques (Ceschin & Gaziulusoy, 2016).

Composante essentielle (CE3, Figure 3) : « Mener une démarche d'éco-conception »

Ainsi cette nouvelle intégration de l'enseignement des disciplines scientifiques et techniques devrait favoriser la prise en compte pluri-technologique des systèmes dans toutes ses dimensions (techniques, sociales, économiques ou environnementales). L'écoconception ne devrait plus traiter que des aspects techniques pour sa mise en œuvre mais élargir la réflexion des élèves sur les autres paramètres économiques et sociaux impactant sur leur choix de conception. L'objectif étant de les mener petit à petit vers une prise en compte plus large des problématiques liées à leur choix technologique et de former à la conception pour la soutenabilité.

Par ailleurs cette composante permet de mettre en œuvre avec les étudiants les outils de l'ingénieur nécessaires à la résolution de ce type de problèmes (analyse de cycle de vie, démarche d'éco-conception, analyse des matériaux, des procédés de fabrication, ...)

Composante essentielle (CE4, Figure 3) : « Développer sa capacité d'innovation et de créativité en menant des projets de soutenabilité »

Pour être capable de sortir des schémas et modes de pensée préétablis, pour investiguer des pistes de recherche et de développement originales, les étudiants doivent être en mesure de faire preuve d'ouverture d'esprit, de curiosité et de créativité. Une pédagogie par projet doit leur ouvrir la possibilité de proposer des solutions à des problèmes de soutenabilité sans être contraint par elle. L'objectif est de s'appuyer sur des critères environnementaux, sociaux, économiques à atteindre comme une force, et non comme une contrainte supplémentaire dans la résolution de leur problème.

Composante essentielle (CE5, Figure 3) : « Intégrer pleinement la soutenabilité dans un contexte industriel »

La formation implique que les étudiants puissent mettre en œuvre les compétences développées dans les composantes précédentes dans un contexte « réel ». Ils doivent donc être confrontés à un processus de prise de décision à caractère soutenable dans le cadre de projets dans un environnement industriel. Cette capacité à prendre des décisions, à mener un ou plusieurs projets en mobilisant les concepts de durabilité, d'éthique et d'éco-conception, et le niveau de maîtrise de ces concepts pourront être évalués. L'immersion dans un milieu professionnel pour opérationnaliser les décisions prises lors de la phase de la conception des projets est nécessaire pour consolider les compétences du bloc et progresser d'un niveau intermédiaire à un niveau compétent.

Conclusion et perspectives

Le bloc de compétences que nous proposons doit permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances et des compétences générales sur le développement durable (CE1 et CE2, Figure 3) et d'ancrer la notion de développement durable vers des aspects plus techniques relatifs au choix de cursus de l'étudiant (CE3 et CE4, Figure 3). Le choix des situations professionnelles fait par l'enseignant offre un panel d'offre de formations très large et un « espace de liberté » qui permet de faire que les établissements puissent « colorer » comme ils l'entendent leurs formations. Cette diversité de situations permet d'évaluer la bonne interprétation des compétences par les étudiants mais aussi par les enseignants. Enfin la dernière composante essentielle doit permettre d'opérationnaliser ces compétences dans un milieu industriel (CE5, Figure 3). Toutes ces composantes essentielles organisées dans le parcours de formation des étudiants leur permettront d'atteindre progressivement un niveau intermédiaire ou compétent sur les différentes compétences du bloc. La mise en pratique de ces compétences dans des situations professionnelles réelles permettra d'évaluer le degré d'acquisition de chaque composante essentielle qui pourront être consolidées dans le cadre de la formation continue.



Figure 3. Modélisation du bloc de compétences « ingénierie durable »

Références bibliographiques

- Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*, 47, 118-163. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>
- Dekoninck, E. A., Domingo, L., O'Hare, J. A., Pigosso, D. C. A., Reyes, T., & Troussier, N. (2016). Defining the challenges for ecodesign implementation in companies: Development and consolidation of a framework. *Journal of Cleaner Production*, 135, 410-425. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.045>
- Felgueiras, M. C., Rocha, J. S., & Caetano, N. (2017). Engineering education towards sustainability. *Energy Procedia*, vol. 136, 414-417. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.266>
- Filho, W. L. (2009). Towards the Promotion of Education for Sustainability. *Revista de Educacion*, (SPEC. ISSUE), 263-277.
- Jonas, H. (1998). *Pour une éthique du futur* (Rivages, éd.).
- Lemaître, D. (2021). *La mobilisation des SHS dans la formation des ingénieurs au développement durable*. 1-6.
- Lourdel, N. (2013). *Méthodes pédagogiques et représentation de la compréhension du développement durable : application à la formation des élèves ingénieurs*.
- Lozano, R., & Young, W. (2013). Assessing sustainability in university curricula: Exploring the influence of student numbers and course credits. *Journal of Cleaner Production*, 49, 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.032>
- Mcaloone, T. C., & Pigosso, D. C. A. (2017). *From Ecodesign to Sustainable Product/Service-Systems: A journey through research contributions over recent decades*. 99-111. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). The Future of Education and Skills: Education 2030. *OECD Education Working Papers*, 23. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1827.2012.02814.x>
- McAloone T.C., Pigosso D.C.A. (2017) From Ecodesign to Sustainable Product/Service-Systems: A Journey Through Research Contributions over Recent Decades. In: Stark R., Seliger G., Bonvoisin J. (eds) Sustainable Manufacturing. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Springer, Cham
- Perpignan, C., Baouch, Y., Robin, V., & Eynard, B. (2020). Engineering education perspective for sustainable development: A maturity assessment of cross-disciplinary and advanced technical skills in eco-design. *Procedia CIRP*, vol. 90, pp. 748-753. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.051>
- Perpignan, C., Robin, V., Baouch, Y., & Eynard, B. (2019). Ecodesign from high school to bachelor level: A French case study. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED*, pp. 3261-3270. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.333>
- Sterling, S. (2004). Higher Education and the Challenge of Sustainability. *Higher Education and the Challenge of Sustainability*, (May), 0-21. <https://doi.org/10.1007/0-306-48515-x>
- UNESCO. (2017). *L' éducation en vue des objectifs de développement durable Objectifs d' apprentissage*. Consulté à l'adresse <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247507>
- Wiek, A., & Kay, B. (2015). Learning while transforming: Solution-oriented learning for urban sustainability in Phoenix, Arizona. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 16, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.07.001>

Freud Nicolas, Dupont Laurianne, Escudié Marie-Pierre, Fregonese Marion, Goutaland Carine, Olagnon Christian, Paris Hugo et Tadier Solène. - Développement durable et responsabilité sociétale, un axe de formation devenu incontournable à l'INSA Lyon : analyse d'un chantier en cours

Nicolas Freud^{1,2,3}, Laurianne Dupont^{2,4}, Marie-Pierre Escudié^{1,5}, Marion Fregonese², Carine Goutaland¹, Christian Olagnon⁶, Hugo Paris^{4,7} et Solène Tadier²

¹INSA-Lyon, Centre des Humanités

²INSA-Lyon, Département FIMI

³INSA-Lyon, Département GM

⁴INSA-Lyon, Équipe d'appui pédagogique ATENA

⁵INSA-Lyon, Institut Gaston Berger

⁶INSA-Lyon, Direction de la Formation

⁷Aix-Marseille Université, Laboratoire ADEF

Résumé

L'INSA Lyon se mobilise pour que 100 % de ses étudiants reçoivent une formation au développement durable et à la responsabilité sociétale (DDRS) à compter de la rentrée 2021. Devenue "incontournable", celle-ci sera déclinée sur les cinq années du cursus, avec des volumes horaires et un nombre de crédits significatifs.

« L'objectif principal est que tout ingénieur INSA soit capable : (i) de développer une compréhension profonde des changements en cours [relatifs aux impacts sociétaux et environnementaux des activités humaines], (ii) d'identifier les enjeux qui en découlent, dans une approche systémique, (iii) d'analyser et proposer des solutions potentielles, scénarios et leviers d'action possibles prenant en compte une réflexion sur les aspects éthiques. »¹

Plus précisément, les objectifs de formation seront déclinés en termes de compétences transversales à développer (inspirées notamment du référentiel de l'UNESCO²) et en termes de thématiques à traiter (climat, énergie, ressources, biodiversité/santé humaine, liens science-technique-société, dynamiques du changement...) : dès sa conception, cette formation est donc pensée de manière interdisciplinaire, et prévoit une articulation forte entre SHS et sciences pour l'ingénieur.

La communication proposée aura pour objectif de décrire et analyser la dynamique actuellement à l'œuvre à l'INSA Lyon autour de la thématique DDRS, dans ses différentes dimensions : acteurs, processus, idées et valeurs sous-jacentes, contraintes, controverses...

Mots-clés : transition dans la formation, responsabilité sociale de l'ingénieur, compétences essentielles en matière de durabilité, interdisciplinarité.

¹ Extrait de la note de cadrage votée par le Conseil d'Administration de l'INSA Lyon le 19/12/2019.

² L'éducation en vue des objectifs de développement durable. Objectifs d'apprentissage. UNESCO, 2017.

I. Introduction

L'INSA Lyon, depuis sa création en 1957 par Jean Capelle et Gaston Berger, revendique un modèle de formation donnant une place particulière à « la responsabilité sociale de l'ingénieur », non sans lien avec « l'humanisme technique » (Berger, 1958). Ces formulations, quelque peu rebattues, souvent débattues, font partie de la culture propre à l'établissement et constituent un arrière-plan à partir duquel se posent aujourd'hui, avec une acuité particulière, l'enjeu de former des ingénieurs capables d'appréhender les enjeux inédits – par leur ampleur et leur nature systémique – du changement global.

En tant qu'observateurs et participants actifs à la vie de l'établissement, nous faisons le constat d'un déplacement et d'un élargissement des réflexions sur le rôle et la responsabilité des ingénieurs, pour donner explicitement une place aux questions environnementales, notamment celles du climat, des ressources et de la biodiversité. Du fait de leur caractère profondément systémique, ces sujets « environnementaux », englobés plus largement dans le champ du « développement durable et de la responsabilité sociétale » (DDRS) apparaissent de plus en plus comme des questions qui ne peuvent plus être traitées seulement dans les enseignements existants, sans perspective globale, et laissées à l'appréciation individuelle des enseignants ou des équipes pédagogiques (constituées, la plupart du temps, par disciplines). L'INSA Lyon, à l'issue d'un processus participatif de 24 mois, s'est doté d'une feuille de route qui fait de la thématique DDRS un objectif de premier niveau pour la formation de tous les élèves sur les cinq années du cursus. De nouveaux enseignements dédiés à ces apprentissages vont être introduits dans les maquettes de formation, progressivement à partir de la rentrée 2021. L'une des caractéristiques de ces enseignements sera, par construction, de privilégier une approche systémique, par-delà les frontières disciplinaires.

II. Genèse, objectifs et état d'avancement du chantier d'évolution de la formation à l'INSA Lyon

Une lente maturation, impliquant de nombreux acteurs

Le chantier d'évolution de la formation en cours à l'INSA Lyon résulte de la convergence entre (i) des attentes exprimées par les étudiants (charte d'engagement DDRS rédigée en 2016, grèves pour le climat, collectifs « Transition »...), (ii) des initiatives pédagogiques « pilotes » portées par des enseignants et enseignants-chercheurs mobilisés, (iii) un travail de prospective conduit par l'établissement entre 2018 et 2020 (INSA Lyon, 2020), qui a identifié, parmi les enjeux clés, celui de « réinventer la formation pour accompagner les changements de société », (iv) les orientations stratégiques de la nouvelle Direction de l'établissement, elles-mêmes explicitement nourries par la démarche prospective (INSA Lyon, 2021), (v) une volonté politique du groupe INSA de former tous ses étudiants aux enjeux climat-énergie, avec un partenariat remarqué avec l'association The Shift Project (The Shift Project, 2021), (vi) l'intérêt et les encouragements d'acteurs du monde socio-économique (notamment des entreprises membres de la Fondation INSA Lyon).

Feuille de route et avancement

La volonté politique de renforcer la formation de tous les étudiants aux enjeux du DDRS s'est traduite par l'élaboration d'une feuille de route qui a fait l'objet d'une large concertation, impliquant les instances de l'établissement, mais aussi des collectifs plus informels d'étudiants

et d'enseignants. Votée à une très large majorité par le conseil des études et le conseil d'administration en 2019-20, la feuille de route se décline en deux notes de cadrage : la première fixe les grands objectifs de formation, la seconde apporte des précisions concernant la mise en œuvre : objectifs d'apprentissage plus précis et espace à consacrer aux enseignements DDRS dans les maquettes de formation (crédits ECTS). Ces objectifs sont communs à l'échelle de l'établissement et concerneront donc 100 % des élèves-ingénieurs (environ 5000 étudiants). « L'objectif principal est que tout ingénieur INSA soit capable : (i) de développer une compréhension profonde des changements en cours [relatifs aux impacts sociétaux et environnementaux des activités humaines], (ii) d'identifier les enjeux qui en découlent, dans une approche systémique, (iii) d'analyser et proposer des solutions potentielles, scénarios et leviers d'action possibles prenant en compte une réflexion sur les aspects éthiques. »³

Plus précisément, les objectifs de formation seront déclinés en termes de compétences transversales à développer (inspirées notamment du référentiel de l'UNESCO (UNESCO, 2017) et en termes de thématiques à traiter (climat, énergie, ressources, biodiversité/santé humaine, liens science-technique-société, dynamiques du changement...) : dès sa conception, cette formation est donc pensée de manière interdisciplinaire, et prévoit une articulation forte entre sciences humaines et sociales (SHS) et sciences pour l'ingénieur.

D'un point de vue quantitatif, la feuille de route précise qu'au minimum 24 crédits ECTS devront être consacrés à la formation au DDRS (sur les cinq années du cursus), pour moitié sous forme d'enseignements transdisciplinaires « dédiés », favorisant une approche systémique et transdisciplinaire des enjeux, et pour moitié au sein des enseignements existants, qui devront aborder, de manière complémentaire, des questions relevant du DDRS.

Le chantier est rentré dans sa phase de mise en œuvre en mai 2020, avec un comité de pilotage transversal (environ 45 personnes, dont 6 étudiants) et des groupes de travail dans chacun des Départements et Centres. Une phase d'inventaire des enseignements existants, contribuant déjà aux thématiques ciblées, a été réalisée afin d'identifier les ressources et expériences utiles, mais aussi de mesurer le chemin restant à parcourir pour atteindre les objectifs fixés. Un socle commun de contenus (cf. Tableau 1) à traiter au cours des cinq années de cursus a ensuite été élaboré et les différents groupes de travail établissent à présent une progression des enseignements sur cinq ans (approche-programme). Cette phase nécessite des échanges entre les 12 Départements et Centres de l'établissement, pour garantir une cohérence d'ensemble, tout en laissant de la souplesse à chaque département de spécialité afin qu'il puisse intégrer à sa maquette de formation des enseignements DDRS différenciés, contextualisés autant que possible en fonction de la spécialité. Une fois cette étape franchie, les équipes pédagogiques pourront s'atteler à la construction détaillée des modules de formation, dont les premiers seront enseignés dès la rentrée 2021 en 1^{ère} et en 3^e années, l'objectif étant que tous les élèves démarrant un nouveau cycle reçoivent le plus rapidement possible une formation renforcée en matière de DDRS. L'échéance de 2021, initialement imposée par l'arrivée des nouveaux bacheliers, a été assouplie compte tenu de la crise sanitaire. L'année 2021-22 sera ainsi une année transitoire, au cours de laquelle les nouveaux enseignements ne seront que partiellement déployés.

Un socle de contenus commun à toutes les spécialités d'ingénierie

Le comité de pilotage, en lien avec les groupes de travail de chacun des Départements et Centres a établi les grandes lignes d'un socle commun de contenus, qui devront être abordés avec l'ensemble des étudiants, quel que soit leur choix de spécialité. Ce socle commun adresse bien

³ Extrait de la note de cadrage votée par le Conseil d'Administration de l'INSA Lyon le 19/12/2019.

les thématiques fixées par les deux notes de cadrage votées par le conseil d'administration. Il privilégie une approche transdisciplinaire et systémique des enjeux, nécessitant la collaboration d'enseignants de sciences et techniques de l'ingénieur et de SHS. Ce socle commun (Tableau 1) n'est pas présenté de manière chronologique, mais plutôt sous forme de grands « blocs » devant tous être abordés, avec tous les étudiants, et selon une progression à définir, et en tissant des liens entre ces grands blocs. Les compétences transversales du référentiel Unesco pourront bien être mobilisées et développées en traitant ce socle commun.

Il a été décidé de constituer un bloc à part entière autour des enjeux du vivant, angle mort de la formation pour une grande majorité des étudiants. Un bloc est également mis en avant autour des leviers d'action, l'objectif étant que les étudiants puissent identifier des pistes d'action et appréhender les dynamiques (moteurs et freins) de changement à différents niveaux d'échelle, afin qu'ils puissent à leur tour devenir des acteurs du changement et aider leurs futurs employeurs à opérer leurs propres transitions face à ces enjeux sociétaux. Enfin, un bloc sera consacré aux réflexions sur les futurs possibles et souhaitables, les modèles de société, les trajectoires techniques, les relations à la nature... ainsi qu'au(x) rôle(s) que peuvent jouer les ingénieurs pour construire de nouveaux « récits » de l'avenir.

A	Introduction aux limites du système Terre et à l'Anthropocène
A1	Un modèle simple du système Terre
A2	Les transformations du système Terre d'origine anthropique
A3	Les enjeux qui en découlent
B	Les enjeux climat-énergie
B1	Les causes anthropiques du réchauffement climatique
B2	Les scénarios d'évolution du climat et les enjeux énergétiques associés
C	Les enjeux du vivant
C1	Qu'est-ce que la biodiversité ?
C2	L'effondrement actuel de la biodiversité : constat, causes et enjeux
C3	Introduction aux grands enjeux de la santé humaine
D	Les enjeux des ressources
D1	État des lieux et enjeux des ressources énergétiques
D2	État des lieux et enjeux des autres ressources (matières premières, déchets...) et effets sur les milieux (eau, air, sols...)
D3	Approche cycle de vie
E	Leviers d'action
E1	Réduire les émissions de gaz à effet de serre
E2	Renforcer les puits de carbone
E3	S'adapter au changement climatique
E4	Préserver la biodiversité
E5	Mettre en œuvre les principes de l'économie circulaire
F	Quels futurs possibles/souhaitables ?
F1	Quel(s) modèle(s) de société(s) à long terme ? Quelles trajectoires possibles ?
F2	Quels rôles pour la science et la technique, pour les ingénieurs ?

Tableau 1 : Socle commun de contenus à aborder avec l'ensemble des étudiants, toutes spécialités confondues.

Parallèlement à ce travail sur le socle commun à l'INSA Lyon, une réflexion complémentaire et convergente a été menée par le groupe INSA et The Shift Project, dans le cadre du projet Climatsup INSA (The Shift Project, 2021). L'un des livrables du projet est un référentiel de macro-objectifs d'apprentissage, tout récemment publié dans un rapport intermédiaire du projet, soumis à la discussion et encore susceptible d'évoluer (cf. Figure 1).

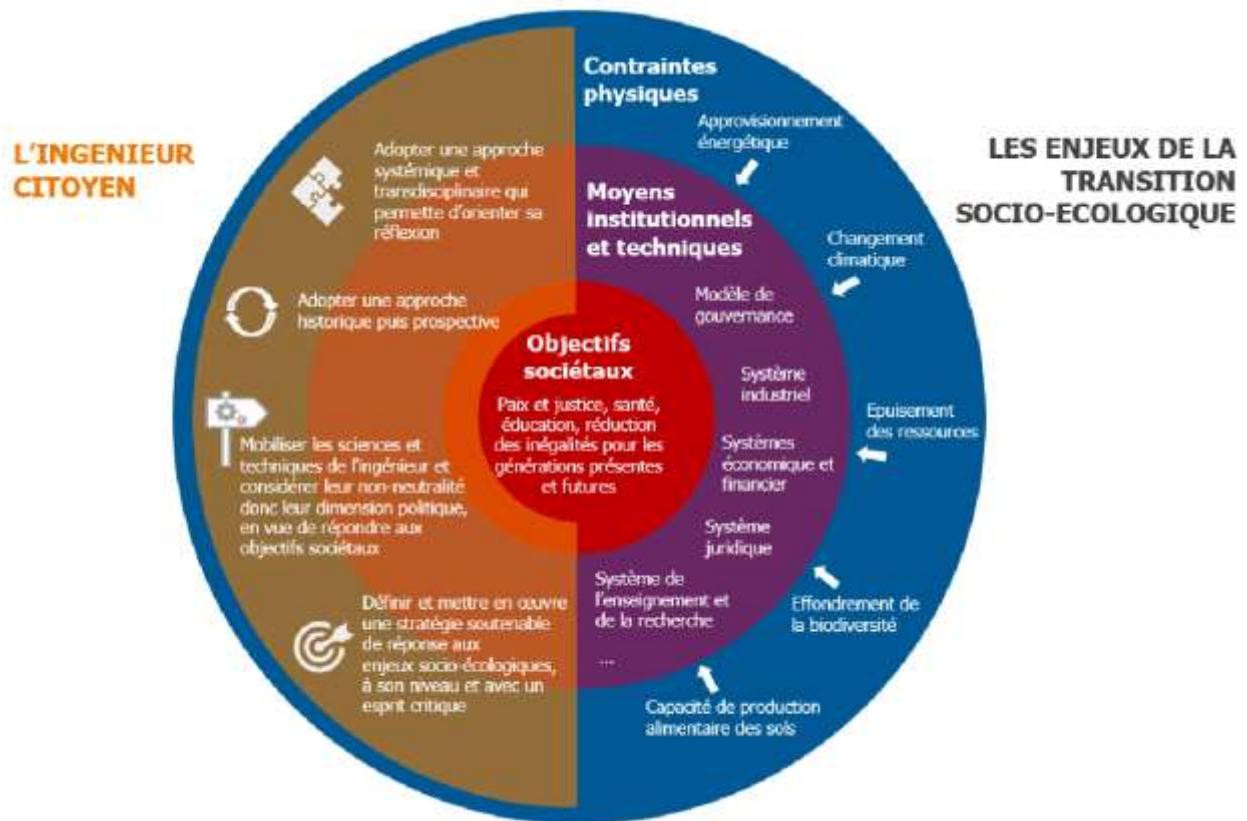


Figure 1 : Représentation graphique du référentiel d'objectifs d'apprentissage élaboré dans le cadre du projet Climatsup INSA – partenariat groupe INSA / The Shift Project (The Shift Project, 2021).

III. Discussion et conclusion

En se donnant pour ambition d'apporter à ses élèves-ingénieurs une formation sérieuse aux enjeux socio-écologiques, l'INSA Lyon a ouvert un champ de réflexion qui ne manque pas de bousculer un certain nombre d'habitudes académiques :

- en rendant nécessaire la révision des maquettes de formation existantes pour introduire de nouveaux enseignements transdisciplinaires dédiés aux enjeux socio-écologiques ;
- en demandant aux enseignants de s'aventurer hors de leur champ d'expertise disciplinaire (obstacles posés par la structuration en silos disciplinaires, le manque de formation et de temps des enseignants et enseignants-chercheurs) ;
- en soulevant des questions de nature politique : réflexions sur le rôle et la responsabilité (éthique, civique...) de l'ingénieur, sur la non neutralité de la science et de la technique et, par voie de conséquence, le rôle et la responsabilité d'une institution d'enseignement supérieur et des membres qui la composent :

questionnement auquel les collègues des sciences dures sont peu ou pas habitués et avec lequel ils sont rarement à l'aise.

Chacun de ces sujets soulève des questions de fond et appelle en même temps des réponses concrètes : arbitrages dans les maquettes de formation, dispositifs d'accompagnement/formation des enseignants, priorisation par rapport à d'autres activités (par ex. en « banalisant » des demi-journées ou journées) ...

Ce chantier fait par ailleurs l'objet d'une recherche doctorale en sciences de l'éducation, qui s'intéresse au processus engagé à différentes échelles : celle de l'établissement, de ses départements et centres de formation, mais aussi celle des pratiques d'enseignement. Commencé à l'automne 2020, ce travail à la fois rétrospectif et prospectif s'inscrit dans le champ plus large des recherches-actions où le chercheur est partie prenante de son terrain de recherche, dont il entend accompagner la transformation. La démarche mise en œuvre se construit avec les acteurs de terrain, et également en réponse aux besoins qu'ils expriment, afin de dégager des méthodes pour les accompagner, au service de l'intégration des enjeux socio-écologiques dans les formations.

Remerciements

Ce chantier d'évolution de la formation est avant tout une entreprise collective. Nous adressons nos plus vifs remerciements à toutes celles et tous ceux (collègues, étudiants, alumni, partenaires), qui œuvrent pour en faire une réussite.

Références bibliographiques

Berger G., (1958). Humanisme et technique. *Revue de l'enseignement supérieur*, n° 1.

INSA Lyon (2020, janvier). Diagnostic prospectif et enjeux clés pour l'INSA Lyon. *Les cahiers de la prospective* #2. <https://fr.calameo.com/read/001288714094baa5e52f9>

INSA Lyon (2021, janvier), Ambitions 2030. <https://fr.calameo.com/insalyon/read/001288714229f0e1bab88?page=1>

The Shift Project (2021, février). Rapport intermédiaire « Former l'ingénieur du XXI^e siècle, Intégrer les enjeux socio-écologiques dans les formations du groupe INSA. <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/02/Rapport-intermediaire-Former-lingenieur-du-XXIe-siecle.pdf>

UNESCO (2017). L'éducation en vue des objectifs de développement durable : objectifs d'apprentissage. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247507>

Belhenniche Geoffroy, Cikankowitz Anne et Ricordel Catherine - Former à former au développement durable : vulgariser pour mieux comprendre et faire agir

Geoffroy Belhenniche, geoffroy.belhenniche@unilasalle.fr

Anne Cikankowitz, anne.cikankowitz@unilasalle.fr

Catherine Ricordel, catherine.ricordel@unilasalle.fr

Unilasalle, Rennes, France

Résumé

L'éducation au développement durable (EDD) se diffuse, lentement, au sein de l'enseignement supérieur grâce à différentes initiatives¹ et retours d'expériences d'établissements précurseurs. Toutefois, malgré les recommandations des initiatives précédemment citées, l'EDD se cantonne généralement à une sensibilisation, certes nécessaire mais insuffisante.

Elle peut être considérée, en elle-même, comme compétence de l'*agir durable*. Or, au-delà d'un savoir, elle ne s'actualise que par une pratique active, adossée à une pédagogie de l'action, mobilisant d'autres briques élémentaires, telles que les cinq compétences décrites dans le guide *Compétences développement durable et responsabilité sociétale*, celles-ci s'étant progressivement imposées comme modèle.

Il semble pourtant qu'une sixième compétence manque dans ce référentiel : celle qui confère la capacité de transmission et de vulgarisation d'une connaissance complexe pour la rendre simple mais non simpliste.

Le P.ACT_DD² mis en place à Unilasalle-EME répond à cet impératif. Prolongement d'une expérimentation pédagogique nommée FIS³, il pose un cadre théorique et conceptuel, favorisant un agir collectif à rebours d'un *fatalisme social* ou *épistémique*.

Mots-clés : développement durable, pédagogie innovante, intelligence collective, interdisciplinarité.

¹Par exemple : le manifeste pour un Réveil écologique ; Cent dirigeants d'établissements appellent à « former tous les étudiants aux enjeux climatiques et écologiques » lancé par TheShiftProject...

²P.ACT_DD : Projet Action pour le Développement Durable

³FIS : Filière Industrielle et Société

Former à former au développement durable : vulgariser pour mieux comprendre et faire agir

La montée des préoccupations environnementales et sociales, à toutes les échelles – citoyen, entreprises, États... – s’est imposée comme une évidence depuis quelques mois voire années. Si les premières alertes remontent aujourd’hui à plus de 50 ans, la prise de conscience est réelle, les premiers signes tangibles du réchauffement global, de l’effondrement de la biodiversité et des pollutions (eau, sols et air) ayant probablement joué un rôle de déclencheur.

Si l’expression de développement durable, pour désigner une forme de réponse à ces enjeux globaux, est largement discutée voire critiquée (Theys, 2020), elle a le mérite de s’être imposée comme un moyen commode de désigner l’ensemble des solutions pour lutter contre les effets négatifs sur l’environnement et la société d’une croissance non réfléchie et maîtrisée (Ruiz-Mallén, 2020). Elle a également le mérite de recouvrir des notions éloignées les unes des autres et d’être comprise par un très large spectre d’acteurs. C’est dans cet esprit que nous avons choisi de l’utiliser pour dialoguer avec nos partenaires, et donc de l’utiliser dans la suite de cet article, bien conscients de ses limites et de ses ambiguïtés.

Et cela d’autant plus que l’expression est largement utilisée depuis 2015 et la désignation d’objectifs mondiaux proposés par l’ONU : les Objectifs du Développement Durable (ODD) présentés dans SDG UN (2018). Ces objectifs, universels, sont issus des stratégies antérieures des Nations Unies et résultent d’un processus de compromis et de la convergence d’enjeux sociaux et environnementaux globaux. Ceux-ci ont été repris par de nombreux États ; c’est notamment le cas de la France avec l’Agenda 2030 (Gouvernement français, 2020). Chacun des 17 objectifs se décline en cibles à atteindre à l’horizon de 2030. Ces objectifs sont à comprendre non seulement pour eux-mêmes mais également par les interactions qu’ils ont entre eux.

Dans ce contexte, l’éducation constitue à la fois un objectif (le n° 4), des cibles, mais également un outil d’appropriation. Elle a un rôle primordial dans l’éveil et la formation de citoyens responsables car conscients des enjeux, et disposant des compétences nécessaires pour agir en visant les ODD. Comme le souligne Bengtsson *et al.* (2018), l’éducation entretient des interactions fortes avec de nombreux secteurs directement concernés par, et impliqués dans l’atteinte des ODD. Elle a, à ce titre, un rôle de catalyseur essentiel, du primaire jusqu’au supérieur (Ferguson & Roof, 2020).

Le présent article se propose de partager une expérimentation sur la façon de consolider des connaissances et compétences nécessaires chez des étudiants dans une formation dédiée à la protection de l’environnement tout en participant à l’éveil au développement durable chez des enfants. Cela nécessite, pour les enseignants du supérieur, d’engager une réflexion sur la manière de « former à former au développement durable » et d’identifier les compétences incontournables pour les étudiants.

Des référentiels pertinents mais nécessitant d’être complété par le savoir vulgariser

L’expérimentation se déroule au sein d’une des formations d’UniLaSalle Rennes - École des Métiers de l’Environnement, établissement fondé en 1992. Les étudiants dont il est question dans cet article sont inscrits en 2^e année du cycle pré-d’ingénieurs préparant un diplôme d’ingénieurs en génie de l’environnement. Au cours de cette année de formation, ils doivent

acquérir des compétences inscrites dans un référentiel établi par les enseignants et faisant l'objet d'une accréditation par la Commission des Titres d'Ingénieurs.

Le sous-ensemble des compétences permettant de répondre aux ODD ont été construites sur la base de plusieurs référentiels. Deux d'entre eux ont été particulièrement inspirants et ont été utilisés : le Guide « Compétences Développement Durable et Responsabilité Sociétale » et le guide de l'UNESCO « L'Éducation en vue des Objectifs de développement durable : objectifs d'apprentissage. »

Le premier est le fruit d'un groupe de travail commun entre la Conférence des Présidents d'Université (CPU) et la Conférence des Grandes Écoles (CGE) : il se présente sous la forme d'un guide (Mulnet *et al.*, 2015) destiné à accompagner les établissements de l'enseignement supérieur dans la définition des compétences essentielles pour tendre vers ses enjeux.

Il s'est donné pour mission de « *former à une **vision systémique, prospective et collective** du monde de demain, en intégrant une prise de **responsabilité** tout en conservant une **vision éthique**, et en permettant et en accompagnant les changements nécessaires pour vivre ensemble demain.* » Les cinq compétences (ici soulignées par nous) rejoignent en grande partie celles proposées par l'UNESCO. Le guide rappelle, à juste titre, que « *seule l'action, qui est au cœur du projet pédagogique, permet l'acquisition effective des compétences.* »

Toutefois, il nous semble qu'une sixième compétence se révèle essentielle pour devenir pleinement acteur du développement durable *partagé*. Car la complexité inhérente au caractère extensif du concept de développement durable, et la très large étendue des champs scientifiques à acquérir pour porter un jugement sur la pertinence d'une action, nécessitent une médiation vers le public quel qu'il soit¹. Cette médiation constitue une vulgarisation, capacité à transmettre des informations, voire des compétences à des tiers pour les emmener avec soi dans une démarche conjointe. Selon nous, celle-ci peut prendre pour forme une capacité à vulgariser ou un *savoir vulgariser*. Même, s'il ne s'agit pas à proprement parler d'une pédagogie en tant que tel, elle s'apparente à une formation, dans la mesure où elle prépare et transmet des compétences. Mais elle doit en adapter la forme.

La vulgarisation scientifique est l'acte de communication d'une science vers le grand public. Comme le souligne Bensaude-Vincent (2010), « ce vocable n'est pas neutre » puisqu'« il pointe vers une figure bien précise du public. » Elle rappelle ainsi, suivant Jeanneret (1994), « que le terme latin *vulgus* désigne la foule indistincte, anonyme, plutôt que le peuple souverain qui vote. »

En effet, vulgariser serait savoir présenter en termes simples les enjeux d'une discipline, d'une sphère professionnelle ou d'une question scientifique, *lato sensu*, en les rendant accessibles à un tiers. Cela nécessite de savoir gommer une partie de la complexité mais sans la supprimer totalement, par le partage de notions simples, mais non simplistes.

Des situations du quotidien montrent des exemples de maîtrise de cette compétence, tel intervenant parvenant à rendre compréhensible des notions pourtant réputées ardues à l'instar de l'astrophysique, la physique fondamentale ou, plus récemment, l'épidémiologie. À l'inverse, nous avons tous eu à faire l'expérience d'un interlocuteur ne parvenant pas à partager son sujet. À cet égard, l'exercice « Ma thèse en 180 secondes », qui s'est largement développé dans l'enseignement supérieur, a mis en lumière l'intérêt et la pertinence d'un tel exercice.

¹ Notons ici que cela est valable y compris pour les scientifiques eux-mêmes, aucun d'entre eux ne pouvant maîtriser seul les vastes champs scientifiques nécessaires pour comprendre les interactions.

Une première expérimentation : la Filière Industrie et Société (FIS)

C'est dans cet esprit qu'une première expérimentation a été créée. Son objectif est de développer plusieurs compétences chez les étudiants. Elles sont présentées ci-dessous (figure 1), telles qu'elles sont présentées dans le syllabus de l'activité.

<p>Connaissances scientifiques et techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">Approfondir les connaissances sur les matériaux.Se cultiver sur les technologies/techniques propres.Identifier les Impacts environnementaux de cet objet.Identifier les aspects liés à la sécurité et à la santé. <p>Compréhension des mécanismes économiques et sociaux</p> <ul style="list-style-type: none">Analyser les enjeux socio-économiques associés à cet objet (réchauffement climatique, alimentation responsable, réhabilitation énergétique/performance globale d'un bâtiment, aménagement des territoires, transport/mobilité, etc...).Identifier et comprendre le rôle des acteurs territoriaux associés au projet.Approfondir un sujet technique et étudier son contexte, ses enjeux, sa pertinence, son efficacité et ses contraintes. <p>Applications méthodologiques</p> <ul style="list-style-type: none">Savoir faire une recherche bibliographique.Savoir confronter plusieurs idées et points de vue.S'initier aux techniques d'entretien (sciences sociales) afin de mener des « investigations » sur le terrain. <p>Développement personnel</p> <ul style="list-style-type: none">Développer un esprit d'analyse, de synthèse et être critique par rapport aux informations dans les différents rendez-vous et lectures personnellesÊtre capable de se tourner vers l'extérieur en mobilisant les étudiants de l'agglomération.Être capable de vulgariser des informations spécialisées à un public néophyte
--

Figure 1 : Extrait du Syllabus du cours « Filière Industrie et Société »

On peut retrouver ces notions sous la forme d'un schéma de synthèse (figure 2), présenté aux étudiants et précisant les grands enjeux auxquels ils vont devoir faire face.

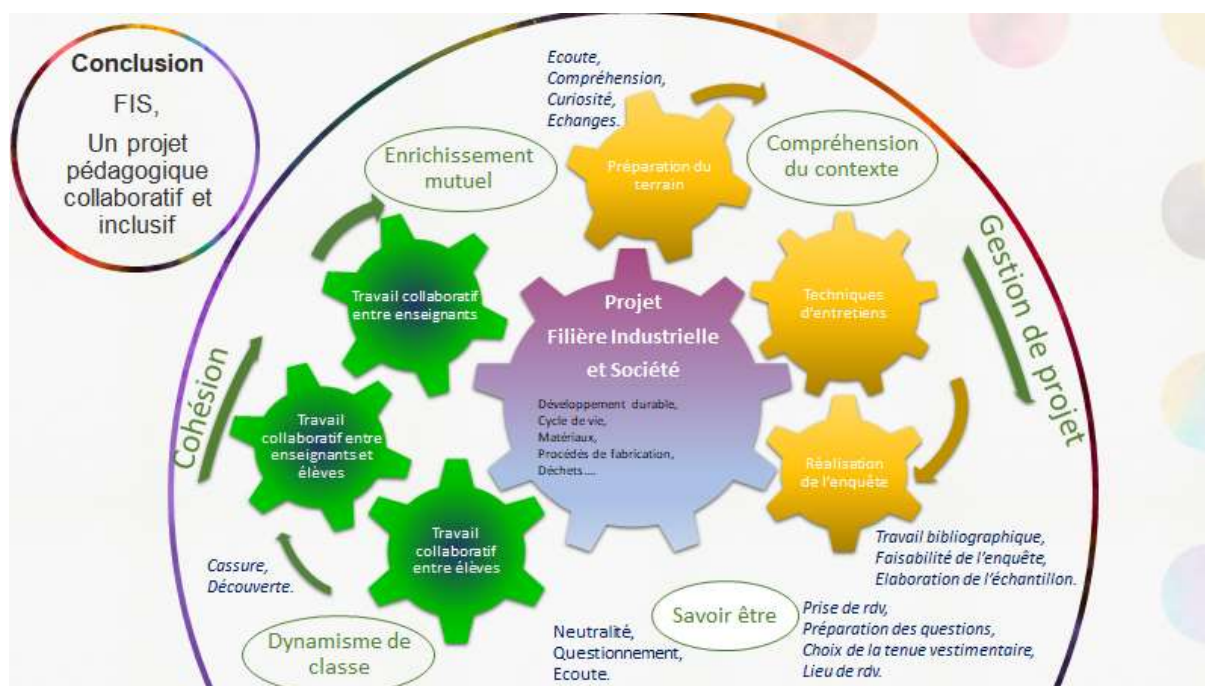


Figure 2 : Extrait de la présentation faite aux étudiants

Par la nécessaire adaptation du langage et l'attention, la vulgarisation auprès des enfants est un exercice qui nécessite une véritable appropriation des notions, des concepts et des données. Or, pour bien « vulgariser », il faut dépasser l'impression de connaître qui gagne souvent les étudiants pour passer à celle d'un savoir plus solide. Le faire-savoir et le savoir-faire-faire deviennent alors des leviers d'apprentissage, d'émulation. Ce travail préalable consolide les connaissances et mobilise différents types de compétences.

C'est avec cette ambition qu'est né le projet Filière Industrie et Société (FIS). Comme le rappelle les auteurs (Cikankowitz et Ricordel, 2018), le projet « regroupe [...] les objectifs de deux projets isolés (chimie et développement durable) en élargissant les finalités, le périmètre d'étude et les compétences à acquérir. » L'accent était mis à la fois sur la dimension scientifique et technique via une approche fondée sur la pensée en cycle de vie ainsi que sur les liens existants entre sciences techniques et sciences humaines, notamment au moyen d'enquêtes de terrain et de recueil de données auprès des citoyens.

Le projet FIS avait permis d'identifier les incontournables permettant aux élèves de prendre le recul nécessaire sur les différentes notions abordées mais surtout de pouvoir les illustrer de façon claire et précise. Nous pensons notamment à l'utilisation maladroite d'analogies qui peuvent donner une fausse compréhension d'un concept à l'auditoire et tout particulièrement chez les plus jeunes qui ressentent une notion plus qu'ils ne l'intellectualisent : une illustration mal choisie peut parfois éloigner de la compréhension réellement visée par l'étudiant.

Le point d'orgue du module se réalise à l'occasion de rencontres ponctuelles avec le grand public : intervention dans des écoles et animation sur le Village des sciences pendant le mois consacré à la Fête des Sciences.

Si ce module répondait en partie à l'attente des auteurs, ils regrettaient que l'interaction ne se réalisait lors d'une seule occasion. Celle-ci pouvait néanmoins, être renouvelée, selon les circonstances et les besoins, mais pas avec le même public.

Une évolution du projet pour renforcer le rôle central des étudiants

À l'occasion d'une réforme pédagogique engagée au sein de l'Institut UniLaSalle, les auteurs du présent article ont souhaité renforcer la dimension de vulgarisation en y associant au sein même de l'activité, une interaction avec un public, par nature néophyte. C'est ainsi qu'en 2019, est né le Projet Action pour le Développement Durable (PACT_DD), évolution du projet FIS.

Dans cette formule rénovée, l'étudiant a pour mission de préparer des scolaires. Le cadre pédagogique mis en place a été co-construit avec la ville de Bruz et se déroule au sein de l'accueil périscolaire des trois écoles publiques de la commune. Des élèves volontaires, âgés de 8 à 10 ans, participent à une série d'ateliers, comportant une dizaine de séances.

Le point d'orgue est une journée dédiée à la jeunesse au cours de laquelle les élèves du périscolaire doivent présenter aux parents et aux visiteurs des animations dédiées au développement durable.

Dans le cadre de leur rôle de superviseur, les étudiants ont donc à la fois une mission d'orientation, à partir des envies des élèves, ainsi qu'une mission de formation afin que les ateliers soient conformes aux données scientifiques connues et disponibles. Cela implique une recherche bibliographique sérieuse au préalable, qui devra être approfondie en fonction des demandes des enfants. Généralement, ces derniers interrogent des champs connexes, ce qui demande de l'agilité aux étudiants pour que le discours conserve ce souci de conformité aux données scientifiques.

Ce dernier point nécessite d'ailleurs une approche des critères de véracité scientifique, que les étudiants approchent par une introduction à l'épistémologie au cours de leur 2^e année de formation.

Pour les enseignants du module, il s'agit donc de former à former aux enjeux du développement durable. Plusieurs points de vigilance ont été développés :

- Ne pas perdre l'exactitude de l'information dans les différentes étapes (de l'enseignant vers l'étudiant, puis de l'étudiant vers l'enfant, et enfin de l'enfant aux parents)
- Créer des animations ludiques et dynamiques sans que cela se fasse au détriment de la rigueur scientifique

La réalisation concrète des maquettes a été transférée aux animateurs du périscolaire qui ont pour mission de superviser la réalisation concrète avec les enfants : cela permet aux étudiants de passer plus de temps sur la transmission de l'information pertinente, de corriger une mauvaise interprétation...

Concrètement, les étudiants ont construit la relation avec les enfants autour de 2 étapes :

- Première étape : apprendre aux enfants la compréhension des enjeux, les contenus scientifiques et techniques nécessaires : cela s'est fait par des jeux de plateaux, des dessins...
- Deuxième étape : travailler avec les enfants sur l'identification des médias qu'ils souhaitent utiliser pour communiquer auprès de leur famille.

Conclusion

Ce projet demande une réelle volonté de collaboration de toutes les parties prenantes : étudiants, animateurs et enfants. Malheureusement, la situation sanitaire de 2020 n'a pas permis de mener l'expérimentation jusqu'au bout de la démarche. À ce titre, l'évaluation des compétences

acquises par les élèves d'un côté et les étudiants de l'autre n'a pas pu être réalisée. Les auteurs espèrent pouvoir mener à terme la démarche engagée en 2021, celle-ci ne pouvant quoiqu'il arrive n'être que partielle puisque les échanges tout au long de l'année avec les élèves de primaire, pourtant au cœur du dispositif, n'ont pas pu être réalisés.

Néanmoins, les premières séances ont permis de constater que toutes les parties prenantes – étudiants, enfants du périscolaire, enseignants et les services de la commune – ont pu apprécier le dispositif et identifier des effets bénéfiques.

À ce titre, les étudiants ont particulièrement apprécié le contact des plus jeunes, leur appétence pour les notions abordées et leur dynamisme. Cela est d'autant plus important que les notions dont les étudiants prennent conscience au cours de leur scolarité produisent parfois des sentiments de pessimisme au vu de l'urgence et de l'ampleur des enjeux environnementaux qui leur sont présentés.

Le projet permet d'éviter deux des pôles de l'inaction, tels que décrit par Lange (2016) : le fatalisme social, qui consiste à rejeter la faute sur des tiers (décideurs politiques, grandes entreprises...) et le fatalisme épistémique, vision défaitiste d'une issue inéluctable, quelle que soient les actions engagées. Au contraire, l'action et la mise en action proposée par le P.ACT_DD permet d'expérimenter des solutions concrètes et d'en voir les effets directs, montrant ainsi que la dissémination de la connaissance scientifique a des vertus positives.

Références bibliographiques

- Anderson, E. L. (2015). Developing Key Sustainability Competencies through Real-World Learning Experiences: Evaluating Community Environmental Services. Dissertations and Theses. Paper 2316.
- Bengtsson, S. E., Barakat, B., Muttarak, R., Kebede, E. B., & Lutz, W. (2018). The role of education in enabling the sustainable development agenda. Routledge.
- Bensaude-Vincent, B. (2010). « Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique », *Questions de communication*, 17, 19-32.
- Cikankowitz, A. & Ricordel, C. (2018). Des élèves-ingénieur.e.s expérimentent l'enseignement grâce à un projet collaboratif et inclusif... Un nouveau mode d'acquisition de compétences DD&RS par l'action. Colloque Unilasalle, Beauvais.
- Ferguson, T., & Rooft, C. G. (2020). SDG 4 in higher education: Challenges and opportunities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Gonçalves, A., Ferreira, O., Barreiro, F., & Rodrigues, M. J. (2014) Enseignement de la chimie-la pertinence des pratiques pédagogiques innovantes dans les premières années.
- Gouvernement français (2020). « Feuille de route de la France pour l'Agenda 2030 (Livret) »
- Jeanneret, Y. (1994). *Écrire la science. Formes et enjeux de la vulgarisation*, Paris, Presses universitaires de France.
- Lange, J. M. (2016). Des dispositions des personnes aux compétences favorables à un développement durable : place et rôle de l'éducation.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l'éducation*, 24(3), 487-514.

Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., & Kropp, J. P. (2017). A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions. *Earth's Future*, 5(11), 1169-1179.

Ruiz-Mallén, I. ; Heras, M. (2020). "What Sustainability? Higher Education Institutions' Pathways to Reach the Agenda 2030 Goals" *Sustainability* 12(4), 1290.

SDG, UN. (2018) "Sustainable development goals."

Theys, J. (2014) « Le développement durable face à sa crise : un concept menacé, sous-exploité ou dépassé ? », *Développement durable et territoires*, 4(3)

Atelier 11 - **Penser la transition** - Animateur : Denis Maricourt

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
22	HOFMANN Élisabeth	La citoyenneté, la démocratie et la cohésion sociale au cœur du développement durable : quelles compétences professionnelles pour des concertations inclusives ?
45	KOVESI Klara TABAS Brad GILLET Christiane BEAGON Una BOWE Bria	Insights into the integration of the SDGs in engineering program curricula as seen through the prism of the perceptions of engineering students and educators
51	LECOCQ Gilles	Distanciation sociale, réalité imaginaire et compétences flottantes : lorsqu'une crise sanitaire permet à des étudiants et des enseignants d'élaborer un tiers-savoir

Com. # 22

Élisabeth Hofmann, Jacques Tapin - La citoyenneté, la démocratie et la cohésion sociale au cœur du développement durable : quelles compétences professionnelles pour des concertations inclusives ?

Élisabeth Hofmann, Chaire UNESCO sur la formation de professionnel/-les du développement durable, Université Bordeaux Montaigne/LAM, <http://www.chaire-unesco-developpement-durable.org>

Jacques Tapin, président, Institut de formation et de recherche en éducation à l'environnement (Ifrée), www.ifree.asso.fr

(texte préparé en collaboration avec Francis Thubé, Ifrée, <https://www.ifree.asso.fr/> et David Tremblay, Chaire en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi, <http://ecoconseil.uqac.ca/>)

Résumé

Le programme de développement durable à l'horizon 2030 (Programme 2030), avec son principe « Personne ne doit être laissé pour compte », appelle à la participation de tous les citoyens, dans tous les segments de la société, sans distinction de race, de sexe, d'ethnie ou d'identité. Pour leur permettre de prendre conscience de leur « agentivité » (*agency*) comme acteur du développement durable et de s'en saisir, il est indispensable de mener des processus de concertation¹ inclusive. Or, les processus prétendument participatifs comportent le risque de « consolider les rapports de forces en présence », de reproduire, voire de renforcer les inégalités. Ces risques représentent des enjeux clé dans la mise en œuvre du Programme 2030 et la localisation des ODD.

Quelles sont les implications pour la formation des professionnels qui pilotent et accompagnent ces processus ? Quelles compétences faut-il viser et par quelles méthodes pédagogiques pouvons-nous préparer les futurs professionnels à ce rôle de pilote de la concertation inclusive ?

Mots clé : concertation inclusive, approches participatives, formation professionnelle, compétences, Programme 2030

La citoyenneté, la démocratie et la cohésion sociale au cœur du développement durable : quelles compétences professionnelles pour des concertations inclusives ?

Introduction

Le programme de développement durable à l'horizon 2030 (Programme 2030), avec son principe « Personne ne doit être laissé pour compte », appelle à la participation de tous les citoyens, dans tous les segments de la société, sans distinction de race, de sexe, d'ethnie ou d'identité. En 2016, lors d'un forum des États membres à New York sur le thème de l'éthique du développement, le Vice-Secrétaire général de l'ONU a insisté sur le caractère inclusif et universel de ce programme : « Les principes fondamentaux qui sous-tendent les nouveaux objectifs de développement sont l'interdépendance, l'universalité et la solidarité. [...] Les personnes qui sont les plus difficiles à atteindre devraient avoir la priorité. [...] Nous devons nous informer auprès des personnes que nous cherchons à aider et être à l'écoute de leurs aspirations. »¹

En effet, nous faisons face à des défis complexes et multiples d'un avenir incertain, où le global et le local sont inextricablement liés, nécessitant des actions articulées, où chaque personne et tous les groupes de personnes sont non seulement (diversement) affectés, mais sont des acteurs potentiels du changement. L'inclusion sociale² est un des aspects fondamentaux du Programme 2030 qui met l'accent sur la nécessaire appropriation des ODD – vus comme un cadre d'adaptation aux défis de l'avenir – par tous et toutes : pour impliquer tous les citoyens dans les initiatives de développement durable, pour leur permettre de prendre conscience de leur « agentivité » (*agency*) et leur permettre de s'en saisir, il est indispensable de mener des processus de concertation³ inclusive. De tels processus mobilisent des approches et outils de la participation qui cherchent a priori à donner la parole à tous les groupes sociaux et renforcent leurs capacités d'apprentissages et d'autonomie, y compris les plus vulnérables.

De nombreux travaux montrent que les processus prétendument participatifs comportent le risque de « consolider les rapports de forces en présence » (Blanc-Pamard et Fauroux, 2004), de reproduire, voire de renforcer les inégalités. Comment éviter une telle reproduction des inégalités dans la mise en œuvre du Programme 2030 et la « localisation » des ODD ? Comment amener à bord les plus vulnérables, celles et ceux qui n'ont pas l'habitude de s'exprimer et défendre leurs points de vue, qui n'ont pas pris conscience de leurs capacités civiques, dont la dotation en capital social, culturel et économique est faible ? Et comment amener les participants des processus de concertation à co-construire, à contribuer à l'émergence d'un consensus, au-delà de la défense de leurs intérêts spécifiques ? En quoi les processus de concertation inclusive peuvent et doivent être formatifs pour les citoyens concernés ? Et quelles sont les implications pour la formation des professionnels qui pilotent et accompagnent ces processus ? Quelles compétences faut-il viser et par quelles méthodes pédagogiques pouvons-nous préparer les futurs professionnels à ce rôle de pilote de la concertation inclusive ?

¹ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/2016/01/16/le-caractere-inclusif-du-programme-de-developpement-durable-est-un-imperatif-ethique-selon-lonu/>

² La notion d'inclusion sociale a été utilisée par le sociologue allemand Niklas Luhmann (1927-1998) pour caractériser les rapports entre les individus et les systèmes sociaux. Pour lui, l'inclusion sociale est considérée comme le contraire de l'exclusion sociale. Elle concerne les secteurs économiques, sociaux, culturels et politiques de la société.

³ Concertation : mode d'administration ou de gouvernement dans lequel les administrés, les citoyens, les salariés, etc., sont consultés, et les décisions élaborées en commun avec ceux qui auront à les appliquer ou à en supporter les conséquences (<https://www.cnrtl.fr/definition/concertation>).

Un atelier participatif sur la concertation inclusive

Partant de ce postulat que les processus de concertation réellement inclusifs représentent un enjeu clé pour faire face à un avenir incertain et répondre aux ODD, un atelier organisé dans le cadre d'un colloque sur l'éducation au développement durable en mai 2019 à Bordeaux a mis en débat les questionnements concernant des leviers, des obstacles et des pistes d'amélioration et d'innovation pour inclure les personnes qui ne participent pas habituellement aux concertations sur le développement durable.

Des témoignages initiaux proposaient des exemples de concertation où l'inclusion était l'un des enjeux de la mobilisation des parties prenantes, menés dans des contextes différents⁴ et à des échelles multiples. Ces démarches visaient à associer les personnes concernées, en leur permettant de tenir toute leur place, tout leur rôle, afin d'exprimer toute leur créativité et de s'engager dans le temps, la durée, et dans l'espace, celui de leur territoire de vie. L'atelier s'est déroulé en trois séquences, la première pour présenter et commenter les expériences, vécues et restituées par celles et ceux qui les avaient conduites, accompagnées ou analysées, la deuxième pour approfondir, par petits groupes, les processus de concertation mis en œuvre dans chacune des expériences, afin d'en dégager les grandes caractéristiques, les spécificités, les freins et les moteurs, et la troisième pour en restituer les points clés et partager les réflexions.

Les dimensions clés pour la réussite des processus de concertation inclusive

À la croisée des témoignages proposés et des expériences partagées, quatre dimensions sont apparues comme essentielles. Elles représentent des conditions de la réussite de l'ambition d'inclusion dans les dispositifs visant à mobiliser les personnes pour produire du projet collectif et de l'éducation émancipatrice, y compris celles et ceux qui en sont spontanément éloignés :

- 1. Le temps** : Très souvent perçu comme contrainte majeure, le temps est pourtant crucial, car il est indispensable pour la concertation en vue d'agir dans la durée et la continuité... les processus de concertation ne peuvent être ni ponctuels ni éphémères, ils demandent vision prospective et patience intégrée, le temps pour se faire confiance et co-construire, le temps pour les « peu habitués » à construire leur avis, à s'exprimer, le temps pour faire sens ensemble. Par ailleurs, la concertation suscitant des attentes, le temps de la concertation ne doit pas prendre le pas sur celui de l'action, car action et concertation se nourrissent mutuellement dans un processus qui se déploie dans la durée et qui peine parfois à rentrer dans les cadres rigides de l'approche projet avec ses activités pré-planifiées de A à Z.
- 2. Les contextes** : Agir en territoire, agir avec les habitants, de tous les âges, sexes, catégories sociales, origines, etc., les projets demandent d'appréhender les lieux où ils vont être conduits, de les interroger, de les comprendre... de prendre en compte leur histoire, leurs milieux, leurs groupes sociaux, leurs cultures, leurs diversités et leur complexité. Cette appréhension des contextes ne peut pas se limiter à des études classiques. Le diagnostic participatif est la première phase d'une concertation inclusive. La vision partagée du contexte est une fondation essentielle pour la priorisation des

⁴ Trois des cas étaient issus de divers contextes français : une expérimentation de conduite de projet inclusif pour redonner un sens au vivre ensemble en milieu rural, l'évolution de la composition d'un conseil de développement durable d'une métropole française, une dynamique de concertation mise en œuvre pour des opérations de renouvellement urbain d'un quartier à forte mixité ethnique. Trois autres cas provenaient de contextes africains : l'utilisation conflictuelle de la cartographie participative dans un projet de conservation à Madagascar, la difficile inclusion des femmes à la gestion des activités locales en territoire Peul en Afrique de l'Ouest et un cas du Sénégal mettant en avant l'importance des outils pour la priorisation concertée des cibles des ODD.

besoins des territoires et de leurs populations vulnérables et pour la co-construction des actions qui en découlent.

3. **Les cadres et les méthodes d'action** : Cette exigence de contextualisation implique la nécessité de l'adaptation des modes de concertation et d'inclusion, ainsi que des méthodes et outils déployés. Il n'existe pas de méthodologie unique. Définir le champ des concertations, co-construire et adapter (tout au long des processus de concertation) les méthodes aux contextes et populations, incarner les principes énoncés dans les pratiques, affirmer les valeurs partagées et les faire vivre... ce sont les conditions de l'implication et de l'inclusion, et à terme, les clés des changements attendus.
4. **L'éducation** : Le défi éducatif étant permanent, la concertation inclusive est – implicitement ou explicitement – de nature formative. Selon l'énoncé du Programme 2030, son appropriation passe par la sensibilisation, l'éducation et le renforcement des capacités... aussi pour apprendre à se concerter de façon constructive, à co-construire. Se donner les moyens et le temps de la concertation, débattre, dans la diversité, dans la convivialité... un projet est l'occasion d'apprendre, de connaître, de prendre des initiatives et des responsabilités... et à terme de "grandir" humainement ensemble.

Les compétences professionnelles pour les pilotes des concertations inclusives

Les quatre conditions de réussite exposées ci-dessus posent la question cruciale de la formation des professionnels capables de piloter des processus de concertation inclusive. Alors qu'il est nécessaire que ces professionnels jouent un rôle de « catalysation » des processus participatifs, peu de formations professionnelles incluent une sensibilisation à cet enjeu, et encore moins la transmission des compétences nécessaires pour initier, piloter, accompagner, suivre et évaluer des processus participatifs de concertation, sans parler de l'accent sur l'inclusion des groupes de personnes qui n'y participent pas spontanément, parmi eux les plus vulnérables. Dans la majorité des formations, cette thématique est abordée au mieux à la marge, comme une injonction déclarative et sous forme d'une transmission d'outils pour « instaurer » la participation. Or, il ne suffit pas d'être « outillé » pour pouvoir orchestrer la concertation inclusive et la co-construction, notamment dans le sens d'un « dialogue »⁵ (Patenaude 1997, Seger 2018). Encore faut-il savoir remplir un certain nombre de fonctions : préparer les dispositifs de participation et de concertation (analyser la demande, le contexte et les parties prenantes dans leur diversité, puis construire le dispositif), piloter le dispositif avec les parties prenantes, préparer les modalités du travail collectif, animer ces différentes étapes de travail, adapter éventuellement la méthode à des évolutions non-appréhendées ou nouvelles, rendre compte du travail réalisé et le restituer à l'ensemble des acteurs et groupes sociaux concernés.

Outre des savoirs, des capacités et d'autres ressources, à dimension normative, se pose aussi la question de la posture. Cette notion moins présente dans le contexte des référentiels de formation est pourtant d'un vif intérêt, notamment compte tenu des conditions formulées ci-dessus. On peut associer la posture à l'idée de « rapport à », comme on parle de rapport au savoir, mais en étendant la notion à d'autres dimensions : rapport au pouvoir, à l'imprévu, à la réflexion, aux autres, à l'altérité, au risque, à l'incertitude, au conflit, au temps, à l'espace, aux institutions... Un « rapport à » contient des représentations, des valeurs, des attitudes, mais aussi

⁵ Le dialogue se distingue de l'argumentation et du débat par le fait que la réponse est subordonnée à l'écoute. Dans une relation dialogique, l'écoute constitue une attitude privilégiée pour comprendre l'autre et n'est pas seulement conçue comme un moment pratique pour préparer une réponse. Le dialogue consiste non pas à « parler à », mais plutôt à « parler AVEC » et cette relation inclusive implique que « la parole de l'autre soit intrinsèquement participante à la mienne » (Patenaude, 1998, p.76). La relation entre l'émetteur et le récepteur devient donc dynamique et générative de sens, ils co-élaborent le sens du discours.

une mémoire, des sentiments, des savoirs, des schèmes de pensée et d'évaluation. Concernant la « gestion » des inégalités dans la concertation qui résultent de l'hétérogénéité des populations concernées, outre les compétences, c'est la posture des professionnels qui est déterminante pour leur capacité à faciliter l'inclusion.

S'il est évident que la transmission de ces compétences à piloter la concertation inclusive doit faire partie de l'enseignement supérieure, des formations professionnelles initiales et continues, elle pose des défis de taille : la formation des pilotes de processus de concertation inclusive ne peut en aucun cas faire l'économie de la cohérence entre le thème abordé (l'inclusion) et la manière de la conduire et l'animer, au risque de la rendre inefficace, notamment pour l'acquisition de la « bonne » posture. Ces formations – universitaires et extra-universitaires – doivent donc elles-mêmes être participatives et réellement inclusives, ce qui ne va pas de soi, notamment à l'heure où les formations en ligne et des formes d'apprentissage peu interactifs (comme les MOOC) prennent de plus en plus d'ampleur. Des ateliers dynamiques s'inscrivant dans de l'« apprentissage transformatif » (Förster 2019) sont prometteurs et doivent être expérimentés davantage. Les professionnels de l'avenir doivent au minimum être sensibilisés pour éviter les mécanismes d'exclusion et prendre conscience de la nécessité de faire appel aux compétences externes de facilitation « incluante », si nécessaires.

La formation des professionnels doit les préparer à investir les quatre dimensions clé pour la réussite des processus de concertation inclusive – le temps, les contextes, les cadres et les méthodes d'action, ainsi que l'éducation – et également les doter des compétences pour adopter une posture propice, mobilisant des compétences situationnelles, d'adaptation et relationnelles. Former les professionnels du développement durable à devenir ainsi « pilotes » de processus de concertation est indispensable pour donner réalité et conscience à l'idée d'inclusion qui reste une condition sine qua non de la capacité de nos sociétés à faire face aux problèmes complexes de notre avenir.

Références bibliographiques

Blanc-Pamard, Chantal, et Emmanuel Fauroux (2004) « L'illusion participative. Exemples ouest-malgaches », *Autrepart*, vol. 31, no. 3, pp. 3-19.

Förster, R. et al. (2019). *Transformative teaching in Higher Education for Sustainable Development: facing the challenges*. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 28(3), 324-326.

Patenaude, Johanne, (1997), *Le dialogue comme compétence éthique*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.

Segers, Ian (2018) « Récit praxéologique : une approche éthique pour accompagner les transformations socioécologiques », *Éthique publique*, vol. 20, n° 2.

Kövesi Klara, Tabas Brad, Gillet Christiane, Beagon Una & Bowe Brian - *Insights into the integration of the SDGs in engineering program curricula as seen through the prism of the perceptions of engineering students and educators*

Kövesi, Klara, ENSTA Bretagne, France
Tabas, Brad, ENSTA Bretagne, France
Gillet, Christiane, ENSTA Bretagne, France
Beagon, Una, U. Dublin, Ireland
Bowe, Brian, U. Dublin, Ireland

Abstract

In this paper, we offer insight into how the UN Sustainable Development Goals (SDGs) are being integrated into engineering programs. We investigate the question: “what opportunities and barriers should we take into consideration in order to better integrate the SDGs into engineering programs?” We undertook two exploratory focus group studies with engineering students and academic participants that explored their perception of SDGs’ integration into their programs. Our results show significant differences between the perceptions of students and academics, and this indicates the need for a more comprehensive and balanced integration of the SDGs into engineering curricula. We particularly recommend a transdisciplinary teaching approach involving a close relation between technical and human disciplines.

Keywords: sustainable development education, Engineering education, SDGs inclusion

Introduction

Education for sustainable development has become a major theme in engineering education. It is generally agreed that engineers will need to play a key role in helping society to meet the challenges set forth in the “2030 Agenda for Sustainable Development” established by the United Nations in 2015. However, even if sustainable development education is now seen as vital, there is little consensus on how to integrate the SDGs and sustainability education into engineering programs (Beagon et al., 2019). In this paper, we would like to contribute to an emerging discussion about the integration of the SDGs into engineering education in the French context. We will consider the opportunities and barriers that we should take into consideration. We aim to do this not by investigating how to incorporate the SDGs into engineering education, but rather via the exploration of the perceptions of the different stakeholders involved in training engineers. Our purpose is to provide guidance which will facilitate the work of those engaged in reforming current curricula in order to better integrate the SDGs.

Theoretical background

Sustainability is a complex concept, with various and often highly politicized interpretations. Yet generally speaking, it is agreed that training engineers for sustainable development will require training them to take into account the environmental, economic and social dimensions of engineering activities. There is no doubt that integrating the SDGs into engineering education

will demand a similarly holistic-thinking oriented pedagogical approach. At present, sustainable engineering education is focused primarily on considering the environmental dimensions of engineering projects - in particularly energy efficiency and the mitigation of negative environmental externalities (Arsat et al., 2011). This focus can be explained with reference to history: engineering education has traditionally focused on technical problems, leaving aside or ignoring the social. Conversely, Sinaku et al. (2018) who investigated humanities educators have suggested that many academics in the field of sustainability education predominantly focus on the social and economic aspects of the SDGs. These results reveal a divergence between the views of academics in the applied sciences and the humanities.

Concerning the presence of the SDGs in engineering curricula, a recent study by Sánchez-Carracedo et al. (2019) analysed ten engineering degrees in Spain and concluded that there was only a moderate (52%) integration of the SDGs in engineering programmes. In addition, there were significant differences in the ways in which SDGs were integrated into these programs, which indicates the lack of consensus on a strategy for the integration of the SDGs. In other words, each of the degree programs defined their own strategy which resulted in an unequal and asymmetric implementation of SDGs among the programmes.

According to Mesa et al. (2017), there are clear differences in how sustainability is integrated into engineering programs. Generally speaking, they isolate two approaches:

- (1) SDGs are integrated in the curriculum via existing courses (55%), generally into common basic engineering courses or
- (2) integrated into specific or dedicated courses (45%) in most of the cases stand-alone courses used as technical electives.

The latter option, the curriculum integration approach is widely considered to be an effective learning approach where students move progressively into sustainability topics. The majority of these courses (66%) apply an interdisciplinary approach. Tejedor et al. (2018) suggest that schools need to go further in the development of integrated transdisciplinary engineering programs which foster close collaboration between technical and non-technical (Human and Social Sciences) teachers. Molderez and Fonseca (2018) argue that the implementation of alternative learning activities such as real-world experiences or service learning could be an effective way to enhance student sustainable development competencies.

Applied methodology

For our study, we employed a qualitative approach to the analysis of two focus group studies (Parker and Tritter, 2006). The participants in these groups were engineering students and academics. For the student focus group, we selected nine engineering student participants pursuing degrees ranging from Bachelor to Masters. This selection process was assisted by the BEST (Board of European Students of Technology) student association. For the academics focus group, we selected seven participants from diverse disciplines and academic positions.

As this study was part of a larger A-STEP 2030 Erasmus + European project, we followed a standardised and collectively agreed upon process for undertaking the focus groups. In order to facilitate discussion, we undertook all focus groups in French (the participants' native language). The focus groups were digitally recorded and transcribed with only selected passages being later translated into English.

As the focus group methodology involves human participants, we applied for ethical approval from the Ethics Committee at TU Dublin. Before participating in the focus groups, all participants received written information about our research project and the objectives of our

study, as well as statements regarding confidentiality, data storage and the possibility of withdrawal. They were also asked to sign a written consent form.

The data analysis was carried out by two senior researchers which facilitated a deep discussion about the group dynamics and group interactions during the analysis process. The analysis was completed following a standardized and collectively accepted common thematic analysis framework based on the principles of the General Inductive Approach (GIA) defined by Thomas (2006).

Results

The students and academic participants revealed that SDGs were taught to varying degrees in their engineering programmes. Student focus group participants identified 14 SDGs that were present in their programmes at various levels of integration. Academics to the contrary, insisted that all of the SDGs were covered in their engineering programmes.

In the student focus group there was general agreement that the SDGs should be integrated into their programmes in a more comprehensive way.

“The technical teachers who are closest to the profession what we will have and they do not talk about it at all. The humanity teachers, they do not necessarily know what the work of engineer means, they try to adapt their project [....]. We do not have the opportunity to link the two.”

They considered the lack of cooperation between teachers of different disciplines as a principal barrier to the inclusion of SDGs. They also explained the need for more student feedback regarding the development of the curriculum.

“Even if we want to change the way to do the things according to our perception, teachers do not agree. I said that I would like to change things - they will tell you that it is good but they will not push in this direction. They train us to do the same thing they did.”

They also highlighted their technical teachers' lack of knowledge and awareness relative to themes associated with sustainability. As one of them explained:

“Because our technical teachers were not born into it, they never have been educated with the concept of sustainable development while we are...”

In addition, they pointed out the need for a balanced approach that mediates between the three pillars of sustainable development, to create a holistic integrated approach for the SDGs instead of focusing on one particular pillar.

“Decent work and economic growth [SDG goals] was included in it because our study program was focused on economic development...”

Students consider that the SDGs could be integrated not only into the formal curricula of their engineering programs but into the informal curriculum, for instance in the form of extra-curricular activities. The value of such an informal approach has been highlighted by Ramirez-Mendoza et al. (2020).

For the participants in the academics focus group, we observed divergent opinions regarding the integration of the SDGs into engineering programs. Technical teachers explained that in their engineering modules they are mainly focusing on technical questions and sustainability questions are not typically considered.

'...however, I have to be honest it in my case it is based on a technical approach and not a sustainable practical approach....'

Human and social sciences teachers have a very different opinion as one of them witnessed:

"...for me all SDGs are covered in our engineering program. However, it is a question of communication and presentation because we cover all these subjects but is it not promoted, as it is natural for us....so there is work in it to make it more visible."

They expressed their engagement and underlined the importance of the SDGs in their teaching approach. They also highlighted the lack of modules dedicated to sustainable development and noted that the divergences between specializations was a barrier to including the SDGs within the curriculum. As one teacher argued:

"...we have lot of different things everywhere but there is no dedicated module with dedicated teaching hours...it creates a problem of justification and visibility... "

The academic participants considered lifelong learning and the implementation of new programs applying 'learning by doing' in a real situational context as excellent opportunities to include the SDGs within the curriculum in a more comprehensive way.

Conclusion

Our findings show noticeable differences between the perceptions of students and academics. Our results agree with those of Sánchez-Carracedo et al. (2019) in finding that students perceived an unequal implementation of SDGs within their engineering programs. Student respondents call for a more comprehensive and interdisciplinary approach with the collaboration of technical and humanity teachers. This reform has been suggested by Tejedor et al. (2018) who advocates for the development of integrated transdisciplinary engineering programs. The academics, on the other hand, thought that one of the main barriers to the integration of the SDGs was a lack of dedicated courses. However, this is a surprising finding as an integrated approach to the SDGs within the entire curriculum is broadly considered to be more effective than stand-alone courses (Mesa et al., 2017).

A conclusion of our study may be that reformers need to do a better job of communicating to faculty the need for a comprehensive and holistic approach to implementing the SDGs. A secondary conclusion is that in order to do this, existing educators will need to develop transdisciplinary teaching practices and will need to become adept at creating synergies between technical and non-technical fields.

Acknowledgment

The authors would like to acknowledge the support of the EU Erasmus+ funding body under grant number 2018-1-FR01-KA203-047854 and all partners and associated partners in the A-STEP 2030 project for their help in Activity 1. Many thanks also to all the Focus Group Participants who engaged with the project and to the ENSTA BEST students association.

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

References

- Arsat, M., Holgaard, J. and de Graaff, E. (2011). Three dimensions of characterizing courses for sustainability in engineering education: Models, approaches and orientations,” in Proceedings of the 3rd International Congress on Engineering Education (ICEED), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Beagon, U., Tabas, B. & Kövesi, K. (2019). Report on the Future Role of Engineers in Society and the Skills and Competences Engineering will Require, A-STEP 2030 - Report 1 Literature Review.
- Mesa, J. A., Esparragoza, I. E., & Maury, H. E. (2017). Sustainability in engineering education: A literature review of case studies and projects. In *15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology, LACCEI 2017*. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, Boca Raton, United States.
- Molderez, I. and Fonseca, E. (2018). The efficacy of real-world experiences and service learning for fostering competences for sustainable development in higher education. *Journal Cleaner Production*, 172, 4397–4410.
- Parker, A., & Tritter, J. (2006). Focus group method and methodology: current practice and recent debate. *International Journal of Research & Method in Education*, 29(1), 23-37.
- Ramirez-Mendoza, R. A., Morales-Menendez, R., Melchor-Martinez, E. M., Iqbal, H. M., Parra-Arroyo, L., Vargas-Martínez, A., & Parra-Saldivar, R. (2020). Incorporating the sustainable development goals in engineering education, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14, 739-745.
- Sánchez-Carracedo, F., Moreno-Pino, F. M., Sureda, B., Antúnez, M., & Gutiérrez, I. (2019). A methodology to analyze the presence of sustainability in engineering curricula. Case of study: ten Spanish engineering degree curricula. *Sustainability*, 11(17), 4553.
- Sinakou, E.; Boeve-de Pauw, J.; Goossens, M.; Van Petegem, P. (2018). Academics in the field of Education for Sustainable Development: Their conceptions of sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 184, 321–332.
- Tejedor, G., Segalàs, J., & Rosas-Casals, M. (2018). Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education. *Journal of Cleaner Production*, 175, 29-37.
- Thomas, D. R. (2006). A general inductive approach for analyzing qualitative evaluation data. *American Journal of Evaluation*, 27(2), 237-246.

Com. # 51

Gilles Lecocq - Distanciation sociale, réalité imaginaire et compétences flottantes : lorsqu'une crise sanitaire permet à des étudiants et des enseignants d'élaborer un tiers-savoir.

Gilles Lecocq, CY Cergy Paris Université - g.lecocq@ileps.fr

Résumé

Le développement durable est un savoir-être qui est constitué de compétences flottantes qui s'incorporent dans l'identité professionnelle qu'un élève-ingénieur construit lors de sa formation. Afin que cette identité professionnelle devienne authentique, flexible et durable, il est nécessaire qu'un enseignant mette en scène des dispositifs de formation qui permettent à des étudiants de révéler « autre chose » que des compétences de sur-conformités techniques.

C'est à partir d'un dispositif de formation qui met en scène cet « autre chose » qui se révèle sous la forme de compétences flottantes que nous nous proposons d'identifier de quelles façons un enseignant peut devenir le chorégraphe d'une partition de l'incertitude où les étudiants ont la possibilité de :

- Prendre appui sur leurs savoirs expérientiels significatifs qui mobilisent de façons simultanées des processus cognitifs, émotionnels, motivationnels, somatiques et culturelles.
- Utiliser différents médiateurs culturels leur permettant de faire de leur vie une histoire personnalisée ancrée dans des histoires professionnelles multiples.

Ainsi, en intégrant les dynamiques des compétences flottantes aux principes d'une écologie corporelle, nous concluons nos propos en considérant qu'un acte de formation professionnelle devient efficient lorsqu'il permet à un élève-ingénieur de développer des relations professionnelles durables et d'éprouver un sentiment de continuité de soi.

Mots-clés : compétences flottantes, écologie corporelle, identité professionnelle durable

Introduction

L'authenticité est un savoir-être constitué de compétences flottantes qui s'incorporent dans l'identité psycho-sociale qu'un élève-ingénieur construit lors de sa formation. Paradoxalement, ces compétences flottantes se développent et se renforcent dans les temps où les certitudes laissent la place à de nouveaux paysages de formation qui en temps de crise, obligent étudiants et enseignants à accepter conjointement que des moments disruptifs deviennent le ferment d'un développement professionnel, sans cesse en recomposition. Ces compétences flottantes renforcent donc les supports les plus fluides et les plus consistants qui permettent à des personnes en formation de s'orienter vers des perspectives inattendues. Pour cela, il est nécessaire qu'un enseignant, lui aussi en pertes de repères professionnels face à des situations

de crise, mette en scène des dispositifs de formation qui permettent à des étudiants de révéler « autre chose » que des compétences de sur-conformités techniques, qui n'ont plus de raison d'être dans un climat d'insécurité sanitaire. Ce dispositif de formation qui met en scène cette « autre chose » est un chef d'œuvre éducatif au sein duquel, enseignants et étudiants deviennent les chorégraphes d'une partition de l'incertitude où ceux-ci, mutuellement :

- S'autorisent à prendre appui sur leurs savoirs expérientiels qui mobilisent de façons simultanées des processus d'anticipation intuitive réveillées par des temps de crise.
- Acceptent d'utiliser différents médiateurs culturels leur permettant d'agir dans l'urgence et de faire confiance à l'incertitude.

L'anticipation intuitive, l'action dans l'immédiateté et la confiance en l'imprévu participent à l'émergence d'une démarche de formation flottante où l'enjeu est de solliciter l'imaginaire des étudiants en formation, dès lors qu'une distanciation sociale remet en cause un vivre ensemble professionnel. Ainsi, en devenant des objets flottants, entre une réalité imaginaire et un imaginaire social, les moments de formation authentifient ce que l'être humain vit pleinement à l'intérieur de son corps, lorsque les turbulences environnementales atteignent une acmé vertigineuse autour de lui (Caillé, Rey, 2004).

Vivre une réalité imaginaire dans des espaces confinés : une compétence flottante qui donne du corps à un dialogue intérieur.

Que peuvent faire un étudiant et un enseignant lorsqu'ils se trouvent dans une impossibilité d'agir ? Lorsque le sens de l'existence se fait impuissance, lorsque l'inattendu et l'immédiat obscurcissent les prises de décision, deux postures existentielles s'affrontent : la force de l'inhibition et la puissance de la création. C'est au contact de ces deux dynamiques qu'un étudiant et qu'un enseignant vont pouvoir éprouver la réalité émotionnelle authentique d'un dialogue intérieur qui s'exprime en première personne.

Un vécu expérientiel s'incarne dans une parole incarnée qui se révèle à l'aune de situations critiques vécues en temps réel (Depraz, 2014). Le dialogue qui se nourrit de sensations internes donne alors la parole à une expérience de l'intime qui se trouve bouleversée par l'évanescence de certitudes culturelles. Le corps sensoriel s'inscrit alors dans un entre-deux qui est constamment remanié entre :

- L'imaginaire et le réel,
- L'abolition du toucher qui éloigne les personnes et un nouveau regard qui rapproche celles-ci,
- Les sonorités de voix qui deviennent audibles et l'importance de parler vrai pour être entendu.

Face à des espaces qui peuvent devenir des lieux de sens interdits, des doubles sens rythment une nouvelle socialité : celle où le fait de prendre ses distances avec une première personne du pluriel, perçu comme dangereuse, favorise la découverte d'une grammaire émotionnelle qui se conjugue à la première personne du singulier. Lorsque celle-ci joue le rôle de porte-parole d'une personne confrontée à une expérience critique, le deuil de quelques illusions est à accepter.

Au moment d'un confinement décrété, une soumission librement consentie est le premier processus qui permet à un étudiant et à un enseignant d'exister, en s'appuyant sur des repères extérieurs. Ce n'est que dans un second temps qu'un autre processus devient manifeste : celui d'assumer une autorité assumée par l'étudiant et par l'enseignant qui permet à ceux-ci de s'autoriser à devenir acteurs de leurs propres expressivités. Celles-ci s'appuient dans ces conditions sur une partition dont les auteurs sont les corps sensori-moteurs d'un enseignant et d'un étudiant. Le déconfinement d'une pensée est alors synchrone d'une temporalité inédite

lorsqu'une distanciation sociale est assumée : le temps social laisse la place à un temps personnalisé où l'étudiant et l'enseignant apprennent à devenir maîtres de leurs initiatives. Happés par une urgente immédiateté, l'étudiant et l'enseignant, empêchés de vivre à leurs rythmes sociaux habituels, accèdent ainsi à une conscience augmentée. Accepter d'être en contact avec des sensations internes permet à un étudiant et à un enseignant d'interroger le sens d'une action de formation authentique. Une quête de vérité et une conversion identitaire témoignent en conséquence des compétences flottantes qui permettent à des moments de confinement subis de devenir des opportunités de devenir soi-même, dans le regard distant des autres.

Quête de vérité et conversion identitaire : deux compétences flottantes qui favorisent l'accès à un devenir soi-même dans le regard distant des autres.

La sidération d'une crise vécue est une invitation à lâcher-prise et une opportunité de se saisir d'une situation inédite, pour permettre à une métamorphose de naître. C'est elle qui opère le passage du pouvoir être-affecté au pouvoir-agir à nouveau (Revault d'Allonnes, 2008). Le souci de soi qui permet à des sensations corporelles de remonter à la surface de la conscience n'est pas une fermeture aux autres. Une vie bousculée par les distances sociales n'est pas la vie d'un autre monde : c'est une vie déclose, qui réveille un attachement à la vie authentique.

C'est la conjugaison de la précarisation de l'existence et l'augmentation d'un pouvoir d'agir en première personne qui permet à un enseignant et à un étudiant de devenir les co-constructeurs d'un cheminement où un point de non-retour devient acceptable. Il suffit juste d'accepter pour eux le plaisir simple de se sentir à nouveau vivre (Fischer, 2003). Cependant, cette sensation de « juste acceptation » mettra du temps à effacer un sentiment d'injustice. Il ne va pas de soi en effet de s'extraire de la sidération que provoque l'expérience insolite d'un temps éclaté, où le passé semble définitivement décomposé et l'avenir pas encore représentable (Garapon, 2020).

Un moment de conversion et un moment de vérité sont deux des fondements d'une formation initiale des élèves-ingénieurs qui découvrent les codes culturels labyrinthiques des situations de crise. Lorsque l'*epistrophê* (Hadot, 2002) et la *parrêsia* (Foucault, 2009) sont absentes d'un dispositif de formation en situation de crise, il se produit une non rencontre entre un enseignant et les étudiants, surtout lorsque celui-ci refuse de remettre en question ses habitudes professionnelles et lorsque ceux-ci refusent de se soumettre à une autorité enseignante devenue flottante. Un déplacement conjoint et flottant est l'occasion de faire l'expérience du désapprentissage avant de réapprendre à apprendre, aussi bien chez les enseignants ayant un statut hérité d'un passé en voie de décomposition que chez les étudiants n'ayant encore aucun statut à revendiquer au sein d'un avenir obscurci par l'ignorance de ce qui va ad-venir.

Désapprendre en situation de crise, avant de réapprendre à apprendre.

Au cœur d'une situation de crise, des habitus de formation sont donc à déconstruire conjointement par des enseignants et des étudiants : si les gestes professionnels fondamentaux à acquérir restent identiques, la façon de les proposer aux étudiants est à repenser par les enseignants autour de la question suivante : comment modifier des stratégies d'enseignement lorsque des dispositifs technologiques stimulent de façons inédites les imaginaires des émetteurs et des récepteurs ? Cette question s'inscrit dans un moment où une recherche sur le sens de l'apprentissage des gestes professionnels, au sein d'un collectif de travail interdisciplinaire, devient une priorité (Bernaud, 2016).

C'est à cette occasion que les métiers de l'ingénieur peuvent profiter des situations de crise pour revisiter leurs ingénieries de formation qui conjuguent des valeurs orthodoxes stables et des vertus innovantes instables. Cette conjugaison, un enseignant peut l'expérimenter lorsqu'il

passé d'une position de médiateur instrumental entre un étudiant et des connaissances désincarnées à celui d'étayeur dramaturge qui permet à ce même étudiant de se ressentir comme un auteur créatif de son propre cheminement. Permettre à un étudiant de redécouvrir les joies de la création, c'est aussi l'occasion pour un enseignant d'élaborer des mises en scènes qui font de lui un auteur qui accepte d'assumer son originalité créative (Gardiner, 2017). La mise en œuvre d'une pratique enseignante originale est alors à concevoir comme une aventure qui se tisse entre plusieurs facettes d'un système de formation. Un enseignant confronté à une remise en cause de ses compétences en situation de crise a ainsi deux bonnes raisons de rendre vivant son engagement professionnel : celle d'être sensible à ce qu'il sait par le cœur et celle de s'autoriser à ne plus tout comprendre de l'intelligibilité de la fonction enseignante.

Une distanciation sociale devient une opportunité à saisir pour distinguer les fondements de ce qui est à transmettre lors d'une action de formation. Cette nécessité de revisiter un acte de transmission se trouve amplifiée lorsque des moments d'indécision générés par une situation de crise obligent un enseignant à prendre des décisions en urgence prudente. Cette position oxymoronique qui accepte de s'ouvrir aux effets vicariants d'une action de formation inédite valorise l'innovation, l'interdisciplinarité et le collectif intergénérationnel. C'est autour de ce triptyque que les étudiants et les enseignants peuvent apprendre à devenir conjointement critiques face à un moment de noviciat commun qu'il est nécessaire de partager.

En effet, ce n'est pas seulement une action individuelle qui donne le sens à un geste professionnel, mais à l'inverse, le sens de celui-ci se construit à partir de l'acteur qui s'engage au cœur d'actions collectives. Celles-ci côtoient en permanence l'inattendu, l'indescriptible et l'imprédictible des relations humaines. La *mêtis* devient à ce moment-là cette activité anonyme et invisible qui permet de faire aboutir, par un biais imprévu, un projet de formation à visées multiples (Detienne et Vernant, 1974). Une situation de crise est un moment privilégié pour penser une troisième voie pour la formation des élèves-ingénieurs, là où une co-construction de sens est à l'œuvre lorsqu'émerge un tiers-savoir (Mouchet, 2015). Celui-ci est accessible lorsque les enseignants et les étudiants ont l'occasion d'éprouver l'œuvre du lâcher-prise : accepter de comprendre que l'incompréhensible est le moteur de la créativité humaine (McKenna, 2017). C'est en cela que la rencontre d'une personne en formation et d'un formateur peut devenir une source d'apprentissage partagé. *Quelque chose comme l'appui d'une altérité à l'exercice d'une liberté* (Bidet, Macé, 2011, p. 410).

Conclusion

Lorsque l'ignorance du futur proche envahit les lieux de formation, les enseignants et les étudiants ne se dirigent pas toujours nécessairement vers des conduites démocratiques. Inversement, le chemin conduisant à la liberté de certains peut se traduire chez d'autres par l'imposition de mesures coercitives, portant atteinte à leur liberté de se défendre. A ce moment d'exception qui constitue une crise succède une prise de conscience exacerbée qui nécessite de rester humble face aux complexités qui déstructurent une formation professionnelle. Les enseignants et les étudiants en font chaque jour l'expérience, dès lors où des vies empêchées aspirent à donner de la voix à de nouveaux possibles. L'imprévisible est donc à concevoir comme une remise en question, mais également comme une ouverture au renouvellement de l'expression de la vie qui se conjugue à l'indéfini. Alors, il n'est plus nécessaire d'avoir peur et d'être résigné face aux scories qui témoignent d'une sortie de crise. Il est indispensable d'apprécier un avenir qui ne peut pas encore être imaginé. Il est ainsi vital d'aimer l'ignorance de l'avenir, celui où se construit l'espérance d'une continuité de soi. C'est pourquoi une crise nous convie « à rendre pleinement manifeste, dans une lumière parfaitement rationnelle, le rôle de la violence dans les sociétés humaines » (Girard, 1972, p. 481). Afin de rester à l'écoute de

cette violence qui se nourrit de la peur de l'avenir, un lieu de formation devient un creuset de dialogues interculturels et intergénérationnels où peuvent se penser dans le même temps une théorie du sujet en évolution, une théorie de l'action interculturelle et une théorie des organisations professionnelles métissées.

Références bibliographiques

Bernaudo, Jean-Louis. Le « sens de la vie » comme paradigme pour le conseil en orientation, *Psychologie Française*, 2016, vol. 61, pp. 61-72.

Bidet, Alexandra et Macé, Marielle. S'individuer, s'émanciper, risquer un style (autour de Simondon), *Revue du MAUSS*, 2011, vol. 38, pp. 397-412.

Caillé, Philippe et Rey, Yveline. *Les objets flottants. Méthodes d'entretiens systémiques*, Paris : Editions Fabert, 2004.

Depraz, Nathalie. Qu'est-ce qu'une phénoménologie en première personne ? Premier pas vers une lecture et une écriture expérientielles. In N. Depraz (dir.), *Première, deuxième, troisième personne*. (pp. 118-147). Bucarest : Zeta Books, 2014.

Detienne, Marcel et Vernant, Jean-Pierre. *Les ruses de l'intelligence. La mètis des Grecs*. Paris : Flammarion, 1974.

Fischer, Gustave-Nicolas. *Les blessures psychiques. La force de revivre*. Paris : Odile Jacob, 2003.

Foucault, Michel. *Le courage de la vérité. Le gouvernement de soi et des autres*. Paris : Seuil, 2009.

Garapon, Antoine. Un moment d'exception, *Esprit*, 2020, vol. H.S Mai, pp. 87-92.

Gardiner, Paul. Rethinking feedback: Playwriting pedagogy as teaching and learning for creativity, *Teaching and Teacher Education*, 2017, vol. 65, pp. 117-126.

Girard, René. *La violence et le sacré*, Paris : Grasset, 1972.

Hadot, Pierre. *Exercices spirituels et philosophie antique*, Paris : Albin Michel, 2002.

McKenna, Peter. *Delusions. Understanding the Un-understandable*, Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

Mouchet, Alain. L'explicitation au cœur d'un dispositif de formation en spirale qui articule vécu singulier et expérience collective, *Recherche et Formation*, 2015, vol. 80, pp. 91-106.

Revault d'Allonnes, Myriam. *L'homme compassionnel*, Paris : Seuil, 2008.

Atelier 12 - Outils et méthodes pédagogiques – Animateur : David OGET

N° Com	AUTEUR(ES)	Titre
29	PERWUELZ Anne BENKIRANE Romain PRUVOST Sophie TERNYNCK Elise	Initiation aux enjeux de développement durable dans le Textile
55	SAID TOUHAMI Fatma BESANCON Céline DESJARDIN Valérie LANHER Simon DUPONT Laurence	Des débats autour de questions scientifiques socialement vives : quelles conduites argumentatives et compétences cognitives pour des élèves ingénieurs ?
57	COMBAUD Anne GANGNEUX Christophe DUTREUIL Marion RANDRIANASOLO-RAKOTOBÉ Hanitra	L'observation participative : une approche pédagogique d'appropriation des 17 Objectifs de Développement Durable par des agronomes ?

Perwuelz Anne, Benkirane Romain, Pruvost Sophie et Elise Ternynck - *Initiation aux enjeux de développement durable dans le Textile*

Anne Perwuelz, Romain Benkirane, Sophie Pruvost, Ternynck Elise

Laboratoire de Génie et Matériaux Textiles, Université Lille Nord de France

Résumé

À l'ENSAIT, nous formons des ingénieurs textiles qui doivent prendre en compte l'environnement et la responsabilité sociétale des entreprises. La formation s'intègre sur les 3 années. Pour les sensibiliser dès leur arrivée, nous proposons un séminaire de 2 jours complets. Le premier objectif est de leur faire prendre conscience des questions de RSE dans les entreprises. Le second c'est de s'appuyer sur les connaissances acquises durant les 6 derniers mois pour élaborer le cycle de vie d'un vêtement et comprendre les impacts associés. Enfin c'est de mettre en évidence les différentes stratégies possibles basées soit sur l'écoconception, le commerce équitable, en prenant en compte les contraintes réglementaires ... Ce séminaire est une formation basée sur la pédagogie active, où les étudiants travaillent en équipe et confrontent leurs résultats entre eux. Il a aussi pour ambition de fournir les outils minimums pour comprendre les stratégies d'écoconception et être un consommateur de mode averti, et devenir un ingénieur textile capable de participer et d'accompagner techniquement les démarches RSE des entreprises.

Mots-clés : formation ingénieur, séminaire, ACV, sociétal, réglementation

I. Introduction

L'École Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles (ENSAIT), sous statut d'Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel, est implantée au cœur de la ville de Roubaix et se positionne comme l'une des rares écoles spécialisées dans les matériaux de l'industrie textile. Elle forme chaque année environ 110 ingénieur(e)s dont le rôle sera de répondre aux exigences du secteur dans le respect des valeurs des entreprises et des normes environnementales.

La formation de l'ingénieur ENSAIT se déroule sur trois ans, via un cursus classique ou par apprentissage. Lors de la première année, les enseignements dispensés intègrent les sciences de l'ingénierie et les bases du génie de la transformation textile. La spécialisation est ensuite progressive, d'abord avec une offre de « majeures » proposées en deuxième année (les textiles techniques ; la mode et le luxe) puis avec une offre de domaines d'application lors de la troisième année (la supply chain, du commerce connecté, des composites, des textiles intelligents, ou encore des matériaux et procédés durables).

Aussi, étant donné les problématiques sociales, éthiques, environnementales et économiques que soulèvent l'industrie textile, la formation prévoit que l'ensemble des ingénieurs formés soit sensibilisé et outillé pour répondre aux besoins des entreprises sur ces sujets. A cette fin et depuis plus de quinze ans, des enseignements liés aux différents aspects du développement durable sont dispensés à l'ENSAIT. D'abord proposés sous forme de cours magistraux, travaux dirigés et travaux pratiques, la réforme pédagogique de 2015 a permis de les répartir entre un séminaire dispensé en première année et l'offre de spécialisation des majeures et domaines accessibles aux E2 et E3.

Dans la suite de cet article, nous nous intéresserons exclusivement au séminaire de sensibilisation et ses objectifs pédagogiques (section II), nous détaillerons le programme et reviendrons point par point sur son contenu (sections III.i, III.ii, III.iii).

II. Séminaire de sensibilisation au développement durable

Le séminaire de sensibilisation au développement durable s'adresse à environ 90 étudiants. Il est proposé dès la première année du cycle ingénieur avec pour objectif de sensibiliser aux questions de RSE dans les entreprises.

En alternant activités collectives, individuelles avec des interventions d'experts, ce séminaire a pour objectifs pédagogiques que les étudiants :

- développent un esprit critique face aux allégations environnementales,
- prennent en main les outils utiles pour répondre aux problématiques de la RSE (audits sociaux, labels, normes environnementales, méthodes d'évaluation environnementale),
- sachent interpréter, critiquer et utiliser les résultats issus de ces outils,
- aient pleinement conscience des enjeux réglementaires et juridiques,
- comprennent la complexité des problématiques sociales et gardent une posture réservée.

III. Structure du séminaire

Le séminaire se tient sur 2 jours consécutifs et est construit comme suit :

- l'introduction, dispensée lors de la 1^{ère} demi-journée, permet de contextualiser le développement durable avec ses multiples perspectives,
- l'apprentissage des outils de la RSE, réalisé par groupe lors de 2 demi-journées,
- la mise en situation par un projet à réaliser en autonomie, réalisée lors de la dernière demi-journée.

Avant la tenue du séminaire, un premier exercice est néanmoins déjà engagé, puisque, par groupe, les étudiants doivent s'intéresser à la politique RSE d'entreprises du secteur de l'habillement. Les entreprises sont présélectionnées pour couvrir le champ des possibles : depuis la grande distribution jusqu'au luxe, en passant par des nouvelles marques « nées de valeurs du développement durable » (i.e : Bonobo, Burberry, C&A, Carrefour, Mudjeans, SKFK, ...). Cet exercice, livré sous forme de rapport, doit être rendu avant l'entame du séminaire et a pour objectif de dresser un premier état des lieux du recul que sont capables de prendre les étudiants sur les allégations environnementales des entreprises.

i. Introduction du séminaire

L'entame du séminaire est nécessairement marquée par une introduction, laquelle permet d'évoquer le programme, et surtout de fixer le périmètre de cet enseignement.

À l'échelle du textile, elle permet de souligner la variété des sujets derrière le terme de « développement durable ». Pour illustrer ce propos, la parole est donnée aux professionnels, consultant ou d'entreprise, de manière à bénéficier de l'expérience d'acteurs de terrain, d'apercevoir la dynamique en place et pour les étudiants de se rendre compte des attentes du secteur vis-à-vis des futurs ingénieurs qu'ils sont. Sur ce sujet, il est d'ailleurs intéressant de noter que l'usage plus systématique de la visioconférence a permis de faire intervenir davantage d'acteurs et donc de couvrir davantage de perspectives. A titre d'exemple, lors du séminaire 2020/2021, ces présentations ont permis à la fois d'aborder la RSE et le sens qu'elle a dans les entreprises (avec l'objectif de montrer la diversité des thématiques : sociale, sociétale, éthique, juridique, environnementale ou encore d'image) et également de traiter un sujet précis, ici l'affichage environnemental des produits textiles d'habillement (sujet d'actualité auxquels ces ingénieurs seront confrontés dès leur sortie d'école).

En alternance avec ces interventions, une première session de cours est donnée avec pour sujet l'écoconception, ses principes et objectifs, ses outils et leurs avantages et limites.

Aussi l'écoconception ayant pour but de réduire les impacts environnementaux liés au cycle de vie d'un produit ou d'un procédé, il apparaît nécessaire que les étudiants appréhendent et comprennent ces indicateurs d'impacts. Pour cela, les étudiants sont mis en situation active via un travail à réaliser par groupe. Chaque groupe ayant 1 indicateur d'impact à investiguer sur une période de 20 minutes. Ce travail alimente alors directement le cours puisqu'une restitution courte, accompagné d'une slide, est donnée par un porte-parole par groupe.

ii. Outils d'analyse

Les deux demi-journées suivantes sont destinées à la montée en compétence des étudiants sur les outils qui leur permettront de monitorer et de répondre aux aspects sociaux, environnementaux, juridiques du développement durable avec :

- un premier exercice de prise en main d'outils quantitatifs monocritères pour le bilan énergétique et carbone d'un produit textile, l'exercice étant individuel,
- quatre ateliers successifs portant spécifiquement sur les outils d'évaluation de l'impact social, les labels et REACH, l'aspect législatif et juridique du développement durable et l'analyse de cycle de vie (Figure 1).

	Public
Outils d'évaluation de l'impact social	¼ de promo ≈ 23 étudiants
Labels environnementaux, allégations et obligations	¼ de promo + par groupe
Contribution juridique	¼ de promo
Analyse de Cycle de Vie	¼ de promo + individuel

Figure 1 : Ateliers pour l'apprentissage d'outils du développement durable

Évaluation des bilans énergétique et carbone d'un produit

Avant d'entamer les quatre ateliers, une première activité individuelle est proposée et ce, de manière à dessiner les contours d'une première démarche d'écoconception d'un produit. A ce stade, le produit (une chemise en coton) est virtuel et relativement simple. L'idée étant de concrétiser certains propos tenus dans la première partie.

En pratique, la démarche consiste en la réalisation d'un bilan énergétique et d'un bilan carbone du cycle de vie de cette chemise. En s'appuyant sur leurs connaissances du génie de la transformation textile, acquises lors du premier semestre de l'année, les étudiants ont la responsabilité de déterminer le cycle de fabrication de la chemise puis son utilisation.

S'agissant d'outils d'évaluation monocritères, cet exercice est une première sensibilisation et ouvre vers l'intérêt de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) comme outil multicritères.

Outils d'évaluation de l'impact social

Après une sensibilisation aux problématiques sociales de l'industrie textile et aux codes de conduites mises en place pour y répondre, les étudiants se voient définir et illustrer ce qu'est l'audit social. Ils se rendent ainsi compte de l'objectif de l'outil et de ses possibles utilisations. Il s'agit en effet d'un outil d'évaluation de la conformité de certaines pratiques et les résultats qui en émanent s'inscrivent dans une démarche plus large de diagnostic, d'amélioration continue, ..., et permettent de répondre aux exigences de normes, en lien par exemple avec l'achat responsable.

La pratique de l'audit y est explicitée en couvrant les critères de l'audit (système de management, transparence et traçabilité, âge minimal, travail forcé, non-discrimination, ...) ainsi que le rôle et le comportement que doit tenir l'auditeur.

Cet atelier est complété par une étude de cas dans laquelle les étudiants se voient mis en situation avec pour mission d'établir une cartographie des « risques fournisseurs » sur la maturité de l'impact social. L'approche doit être validée par la construction d'une échelle de cotation et un exemple de questionnaire devant couvrir une partie des critères d'audit énoncé plus tôt.

Labels environnementaux, allégations et obligations

Le secteur du textile est abondamment doté de normes et de labels. Ils permettent, pour partie, de répondre et d'informer l'acheteur sur des performances environnementale et/ou sociale d'un produit ou d'un service et sont, à ce titre, largement utilisés. Pour autant, il n'est pas toujours évident de faire la part des choses entre un logo prometteur et la réalité du cahier des charges.

A cette fin, cet atelier permet aux étudiants :

- d'appréhender les principes d'une communication environnementale et ainsi de pouvoir se poser les bonnes questions tant au niveau de la transparence, de la pertinence, de la crédibilité ou encore de la clarté d'une communication
- de connaître les méthodologies de communication notamment en développant les catégories de déclarations développées dans la norme ISO 14024.

Un exercice est également proposé et consiste à investiguer différents labels et à en faire la restitution. Ce travail en équipe doit permettre d'en savoir davantage sur la gouvernance et l'ancienneté du label, ses objectifs, les critères de certifications et leur lien avec le secteur du textile.

Un point d'attention est également porté sur la directive REACH, dont l'objectif est d'encadrer l'utilisation de substances chimiques sur le territoire européen. La liste des substances étant en constante évolution, il est impératif que les étudiants en soient conscients et sachent comment trouver l'information et la relayer.

Contribution juridique au séminaire développement durable

Lors de cet atelier, les étudiants sont sensibilisés aux instruments juridiques venant au soutien de la RSE. La RSE est en effet cadrée par un certain nombre de normes d'application nationale, européenne et internationale.

Si dans l'atelier précédent (Labels environnementaux, allégations et obligations), l'accent est mis sur les labels et normes d'application volontaire, cet atelier porte davantage sur les normes d'application obligatoire et les conséquences juridiques en cas de non-respect.

Sont ainsi présentés les outils contraignants tels que le Code de commerce, les principes de l'OCDE, les droits des enfants, la loi sur le devoir de vigilance, la réglementation REACH... Cette dernière fait d'ailleurs l'objet d'un exercice pour davantage comprendre les obligations des entreprises vis-à-vis de la réglementation et quelles sont les sanctions en cas de non-respect.

Cette notion de non-respect est par ailleurs illustrée avec différents cas pratiques allant du travail forcé aux publicités mensongères en passant par le non-respect du droit de grève constatés dans la chaîne de valeur textile.

Outil d'évaluation environnementale : Analyse de cycle de vie (ACV)

Le dernier atelier porte sur l'analyse de cycle de vie, outils quantitatif multicritères d'évaluation environnementale.

L'objectif est de permettre aux élèves ingénieurs d'appréhender et de prendre en main la méthodologie ACV, son vocabulaire et ce qu'elle implique.

L'atelier consiste en une explication du principe et des étapes de l'ACV puis en la prise en main du logiciel d'ACV simplifié EIME proposé par CODDE Bureau Veritas. Cet outil, disponible en ligne, dispose de bases de données adaptées au textile. La pratique se fait individuellement sur un cas d'étude commun, la chemise en coton précédemment évoquée et dont le cycle de vie a été fixé. Par cette prise en main, l'idée est de permettre aux étudiants d'identifier les « points chauds » associés au cycle de vie d'un vêtement, d'être en mesure de monitorer de futurs choix de conception et d'appréhender la notion de pensée cycle de vie.

iii. Écoconception - projet en autonomie

La dernière partie du séminaire est consacrée à un projet en autonomie. Intitulé « Stratégies RSE et d'écoconception », il permet aux étudiants de concrétiser et d'utiliser les outils développés pendant le séminaire lors d'une mise en situation. Par groupe de 6 à 8 étudiants, ils représentent une même entreprise dont le produit phare est la chemise en coton, produite de manière globalisée. L'objectif de l'entreprise est d'améliorer sa stratégie RSE, notamment sur le plan environnemental et social.

Pour les aider, ils disposent d'une roue de l'écoconception ainsi que de questions de guidage. Il est attendu des étudiants qu'ils choisissent des axes stratégiques d'amélioration et qu'ils explicitent leur démarche à la fois pour la mise en place, le suivi et le contrôle de la réussite de la stratégie.

Cet exercice est entrecoupé d'interventions thématiques données par des professionnels, consultants ou d'entreprise. Les sujets développés portent à la fois sur la gestion de la fin de vie des textiles, l'économie circulaire ou encore l'économie de la fonctionnalité. Elles sont proposées via des formats courts de 20 mn et servent à éveiller des réflexions, entre autre, dans le cadre du projet.

IV. Conclusion

Un séminaire de sensibilisation au développement durable est proposé dès la première année et porte au-delà des seuls aspects environnementaux. L'apprenant est régulièrement mis en situation active, soit individuellement, soit en groupe et ce, de manière à mieux appréhender et comprendre les outils, leur mise en place et leurs limites. C'est un format qui permet une dynamique de groupe et qui est relayée par des motivations individuelles parfois très fortes.

Les étudiants prennent du recul sur le sujet du développement durable de manière générale, et aiguisent leur regard critique. Ils prennent conscience que la filière textile est très engagée dans ces actions de développement durable, et qu'ils peuvent avoir un rôle essentiel pour transformer les modes de production et de distribution en s'appuyant sur leur expertise textile et en y associant les outils de l'écoconception.

Références bibliographiques

A. Perwuelz, (2019). Scénarii de boucles de fin de vie des vêtements : quels impacts évités ? [avniR] Conference, Nov. 6-7, 2019, Lille, France

T. Agnhage, A. Perwuelz (2017). Call for environmental impact assessment of bio-based dyeing – an overview. Muthu S S (ed) - The detox fashion - Cleaning up fashion sector. Springer Publications

S. Thomasey, A. Perwuelz, R. Benkirane (2017). Introduction to LCA Seminar for engineering students: Congrès avniR - Lille, 8 et 9 novembre 2017

M. De Saxce, B. Rabenasolo, A. Perwuelz (2014). Assessment and Improvement of the Appropriateness of a LCI Data Set on a System Level - Application to Textile Manufacturing. Int J Life Cycle Assess, April 2014, Volume 19, Issue 4, pp 950-961

Boufateh, A. Perwuelz, B. Rabenasolo & A.M. Jolly-Desodt (2008). Life cycle assessment: data availability, reliability and robustness in textile industry: AUTEX - World Textile Conference, Biella, Italy

Saïd Touhami Fatma, Besançon Céline, Desjardin Valérie, Lanher Simon et Dupont Laurence - Des débats autour de questions scientifiques socialement vives : quelles conduites argumentatives et compétences cognitives pour des élèves ingénieurs ?

Fatma SAÏD TOUHAMI¹, Céline BESANÇON², Valérie DESJARDIN³, Simon LANHER⁴, Laurence DUPONT⁵

¹ INSA Lyon, ATENA / Laboratoire ADEF (UR4671), AMU

² École Nationale d'Ingénieurs de Saint Étienne- ENISE

³ INSA Lyon, Département FIMI

⁴ INSA Lyon, Centre des Humanités

⁵ INSA Lyon, Département FIMI, Equipe ATENA

Résumé

L'intégration de problématiques liées au développement durable dans la formation des futurs ingénieurs amène à traiter des questions scientifiques socialement vives (QSSV) dans le cœur de l'enseignement. Dans la mesure où les QSSV sont interdisciplinaires (Simonneaux, 2008), leur enseignement nécessite la mise en œuvre de dispositifs pédagogiques et didactiques favorisant l'inter et la transdisciplinarité. Des recherches didactiques ont mis l'accent sur la pertinence de deux formes d'enseignement majeurs que sont les projets interdisciplinaires et les situations de débats. C'est cette seconde pratique pédagogique que nous avons expérimentée conjointement auprès d'élèves ingénieurs de l'INSA Lyon et de l'ENISE.

Des séances de débats sous forme de jeu de rôles autour du nucléaire ont ainsi été menées dans nos deux établissements auprès d'élèves ingénieurs de première et de troisième année et ont été filmées. Nous nous proposons dans cette communication de décrire (1) le dispositif pédagogique mis en place, (2) les analyses réalisées sur les conduites argumentatives et les compétences cognitives des élèves ingénieurs autour de ces QSSV et (3) les interrogations soulevées sur le rôle des enseignants, notamment de Sciences pour l'ingénieur, dans ces situations de débat.

Mots clés : Formation des ingénieurs, développement durable, débat, conduite argumentative, compétences cognitives.

Introduction

Vis-à-vis des nouvelles législations relatives aux normes environnementales, les entreprises deviennent plus exigeantes en termes de recrutement, aussi bien par rapport aux compétences techniques, que celles dites « transversales ».

Face à ce besoin, l'enseignement, notamment dans le supérieur, se trouve amené à adapter ses formations pour développer chez les apprenants la compréhension de l'interdépendance entre la science et la société selon une vision systémique de la durabilité.

L'intégration de problématiques liées au développement durable consiste à incorporer des questions scientifiques socialement vives (QSSV) dans le cœur de l'enseignement. Dans la mesure où les QSSV sont interdisciplinaires, leur enseignement nécessite la mise en œuvre de dispositifs pédagogiques et didactiques favorisant l'inter et la transdisciplinarité. Le débat en classe constitue une des formes d'enseignement privilégiées dans les recherches didactiques pour aborder ces questions.

L'objet de cette recherche, est d'étudier les conduites argumentatives et les compétences cognitives d'élèves de l'INSA Lyon et de l'ENISE, à travers des séances de débats sous forme de jeu de rôles autour du nucléaire. Cette étude nous a permis également d'interroger le rôle des enseignants à travers ces dispositifs didactiques.

1. Ancrage théorique

1.1 Rôle des pratiques langagières en classe

Divers travaux didactiques, notamment ceux de Jaubert et Rebière (2001) repris par Bisault et Berzin (2009) ainsi que ceux d'Orange (2005) ont montré que les pratiques langagières en classe de sciences permettent la mise à distance de l'expérience première, la construction de l'espace problème et l'exploration des champs des possibles. Ces mêmes travaux, ont montré qu'un discours scientifique sert à négocier, reformuler, évaluer ou contester implicitement ou explicitement les propos d'autrui. Ainsi, l'activité langagière permet la prise en compte du discours de l'autre ; de convaincre les pairs et de négocier ce qui fait preuve ; de prendre une décision et de construire un point de vue argumenté.

1.2 Débats en classe sur des questions socio-scientifiques controversées

Le débat scientifique fait partie des stratégies didactiques très étudiées dans la recherche en éducation scientifique. Selon Simonneaux et Simonneaux (2005, p.81) « *Un des buts de l'enseignement des sciences est de développer chez les élèves la compréhension de l'interdépendance entre la société et la science* ». La notion de questions socio-scientifiques controversées revient à des didacticiens anglo-saxons pour désigner des dilemmes sociaux liés à des domaines scientifiques (Kolsto, 2001 ; Zeidler et al., 2004, etc.). Dans la mesure où les QSSV mettent en jeu plusieurs disciplines, leur enseignement nécessite la mise en œuvre de dispositifs pédagogiques et didactiques favorisant l'interdisciplinarité. Des recherches didactiques ont testé plusieurs dispositifs et ont mis l'accent sur la pertinence de deux formes d'enseignement majeures qui sont les projets interdisciplinaires et les situations de débats. L'intérêt des situations de débats est qu'en plus du travail sur les connaissances, d'autres compétences sont travaillées notamment les compétences argumentatives favorisées par l'exposition des points de vue, leur discussion et le développement d'un raisonnement scientifique et critique.

1.3 Mettre en œuvre des débats sur des questions socio-scientifiques controversées : un changement de pratique

Des travaux comme ceux de Panissal et al., (2016, p.14) expliquent que « *L'enseignement de QSV¹ à travers l'exercice d'un débat nécessite un changement de posture de l'enseignant* ».

¹ Questions socialement vives

Face à un savoir incertain, « *cette forme d'enseignement exige que l'enseignant prenne en compte dans sa pratique la variété des points de vue des différents acteurs, ainsi que le fait que les acteurs construisent leurs points de vue sur des supports d'informations différents ou des interprétations différentes de l'information.* ». L'autre problématique qui se pose pour les enseignants dans ce cadre, est celle de la légitimité face à un enseignement pluridisciplinaire en tant qu'expert dans un domaine bien précis.

2. Méthodologie de recueil de données et outils d'analyses

2.1 Dispositif mis en place

Pour répondre à notre objectif d'étudier les conduites argumentatives et les compétences cognitives d'élèves ingénieurs dans le cadre d'un enseignement faisant appel à des questions socio-scientifiques controversées, un débat sous forme de jeu de rôle a été mis en place auprès d'élèves de 1^{ère} année à l'INSA Lyon et d'élèves de 3^{ème} année du département Génie mécanique à l'ENISE.

Le débat, s'inscrit dans la situation didactique décrite ci-dessous :

Séance 1 : Préparation du débat

- Étape 1 : Demander aux élèves de marquer sur une demi-feuille leur position par rapport au nucléaire (en ajoutant leurs noms)
- Étape 2 : présentation du projet : contexte ; consignes, etc.

Contexte et consigne du débat : « *Avec la fermeture programmée en 2030 de la centrale nucléaire de Bugey, la région a besoin d'une capacité de production de 2000 Megawatt d'électricité. La mairie de Givors, le préfet et EDF organisent une réunion publique le (date du débat) pour présenter le nouveau projet de construction d'un EPR. À cette réunion seront invités des associations locales d'écologistes, et des représentants de Greenpeace. Venez débattre pour décider de l'avenir énergétique de votre région !* ».

- Étape 3 : organiser le travail de groupes :

Groupe Pro- nucléaire : 9 membres (INSA Lyon) et 5 membres (ENISE)

- EDF, ORANO, FRAMATOME
- État (mairie de Givors, préfet, représentant de la région, représentant du ministère de la Transition écologique et solidaire)

Groupe Anti-nucléaire : 8 membres (INSA Lyon) et 6 membres (ENISE)

- Association locale d'écologistes
- Une ONG mondiale (Greenpeace)

Groupe « neutre » : 7 membres (INSA Lyon) et 6 membres (ENISE)

- Riverains et citoyens

- Étape 4 : Travail de groupes. Les élèves étaient invités à intégrer un groupe qui ne représente pas leur position initiale vis -à-vis de la question du nucléaire.

Consigne : « à partir de(s) document(s) fourni(s)², et vos propres recherches documentaires (préciser les sources), préparer un argumentaire pour défendre la position du groupe dont vous jouez le rôle lors de la réunion publique qui aura lieu à la mairie de Givors le (date) ».

² Annexes

Séance 2 : Débat

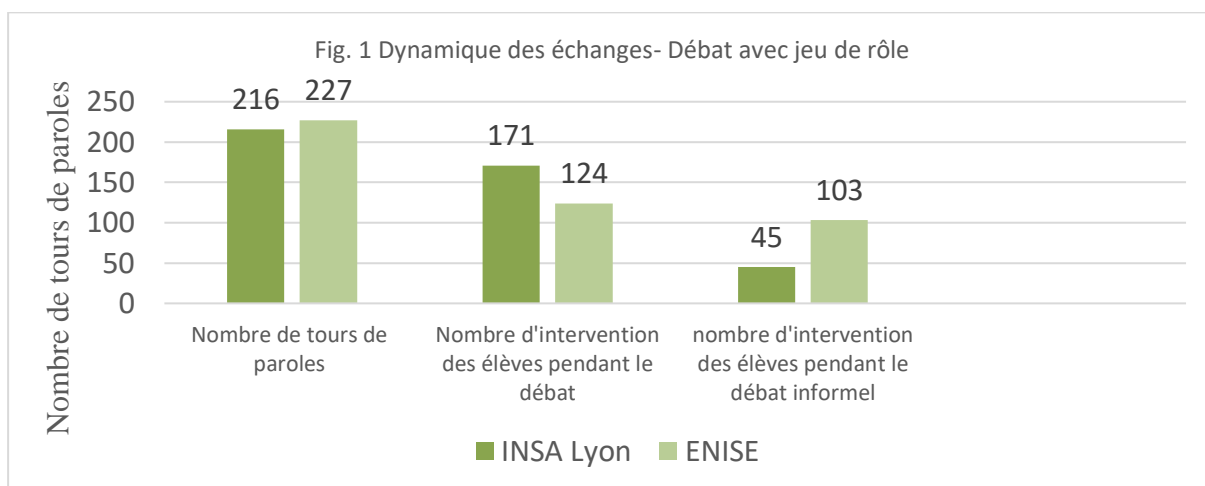
- Phase de débat sous forme de jeu de rôle.
- Phase post débat préparée qui correspond à un débat informel où les élèves se sont débattus en fonction de leur position initiale.
- Une discussion autour de la pertinence du format « débat » et le lien entre la formation proposée aux ingénieurs et les questions de développement durable.

2.2 Outils d'analyses

Les séances de débats ont été filmées, puis retranscrites afin d'être analysées. Deux niveaux d'analyse ont été appliqués aux corpus recueillis : un premier niveau d'analyse macroscopique nous a permis d'étudier la dynamique des échanges dans chaque séance, ainsi que les thématiques débattues et la nature des interventions de l'enseignant. En ce qui concerne les thématiques débattues, nous avons retenu les catégories thématiques suivantes : « socio-économique »³ ; « scientifique »⁴ ; « environnementale »⁵ et « santé/sécurité »⁶. Un deuxième niveau d'analyse, plus fin nous a permis d'étudier la conduite argumentative des élèves par rapport au type de garanties des arguments mobilisés (empiriques, utilitaristes ou fonctionnalistes et logiques), la présence ou l'absence d'arguments d'autorité et/ ou d'arguments fallacieux. Ce même niveau d'analyse microscopique nous a permis d'étudier le travail cognitif des élèves par rapport aux types de raisonnements les plus adoptés et les connaissances mobilisées.

3. Principaux résultats et interprétations

3.1 Dynamique des échanges



Dans les deux cas étudiés (élèves de 1^{ère} année INSA Lyon et de « 3^{ème} année ENISE), le débat est riche en interactions (voir Fig1). Ceci montre que ce dispositif de débat a favorisé l'interaction et la participation des élèves.

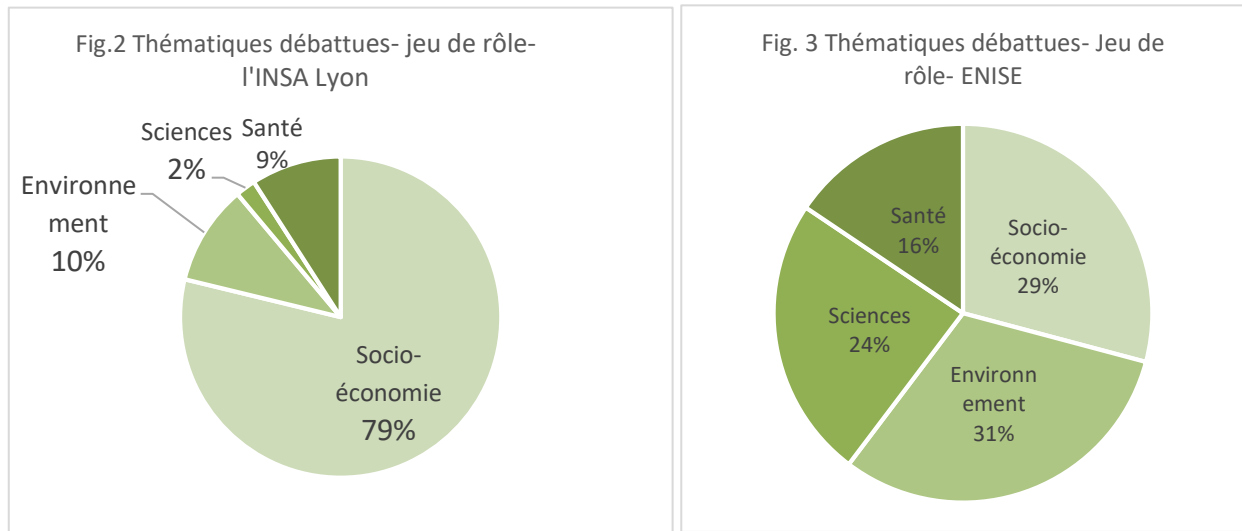
³ Exemple : interventions relatives à l'emploi, la consommation, les coûts, etc.

⁴ Interventions relatives à des données, théories, notions ou phénomènes scientifiques. Ex. biomasse, extraction, etc.

⁵ Exemple : interventions relatives aux phénomènes climatiques, déchets, pollution, énergie, etc.

⁶ Interventions relatives à la sécurité et santé des individus. Exemple : maladies, accidents, etc.

3.2 Thématiques débattues et récurrentes



En ce qui concerne les thématiques débattues et celles qui sont récurrentes, nous avons remarqué que pendant la phase de débat sous forme de jeu de rôle, les interventions relatives au domaine socio-économiques étaient prépondérantes dans les deux débats (79% des interventions dans le cas du débat à l'INSA Lyon et 29% dans le cas de celui à l'ENISE). Les élèves de troisième année de l'ENISE se sont bien référés au domaine environnemental (31% des interventions) contre 10% uniquement pour les élèves de première année INSA Lyon. Bien que le recours au domaine scientifique reste limité dans les deux cas, nous remarquons que ce dernier était plus mobilisé pour le débat avec des élèves de 3^{ème} année ENISE (24%) que dans celui de première année à l'INSA Lyon (2%).

Pendant la phase de débat informel ou libre, nous avons remarqué que :

- Dans le cas du débat avec des élèves de première année (INSA Lyon), l'écart entre les thématiques liées à l'environnement, notamment la question des déchets et de pollution et celui du domaine socio-économique s'est rétréci avec 53,33% pour la thématique de l'environnement et 40% pour le domaine socio-économique. Les questions de santé-sécurité ont été moins évoquées (4,44%) et encore moins celles relevant du domaine scientifique qui étaient quasi-absentes (2,22%).
- En ce qui concerne les élèves de 3^{ème} année (ENISE), les sujets socio-économiques ont occupé une grande place du débat avec 51,85% des propos, notamment en ce qui concerne la question de la consommation d'énergie, de la sensibilisation des citoyens, du covoiturage, etc. Le domaine scientifique a été abordé avec 14,81% alors qu'aucun propos dans cette phase informelle de débat n'a concerné les problématiques de santé.

3.3 Étude du travail cognitif et argumentatif des élèves

3.3.1 Première étude de cas : élèves de 1^{ère} année (INSA Lyon)

Sur le plan argumentatif, nous avons remarqué que les élèves ont mobilisé différents types d'arguments. La plupart des arguments mobilisés sont des arguments basés sur des garanties et/ou qualifiés, et donc délimités par un qualificateur temporel, spatial, ou de cible. Un seul argument d'autorité a été identifié :

EP2- *Ce sont des règles que l'État nous soumet. C'est-à-dire que l'état exige des centrales nucléaires, exige des distributeurs d'électricité de sécuriser davantage les centrales, [...] nous ne pouvons rien faire. C'est un ordre de l'état. Nous, on répond juste à ce que le chef d'état nous ordonne de faire.*

Un seul argument fallacieux a été également identifié dans ce débat :

EP3- *[...] alors certes, il faut surveiller les centres durant des siècles ; mais l'impact, il est mille fois moins, le taux de radioactivité qui traite ces déchets est 1000 fois inférieur au taux de radioactivité normal de la région. Donc non, c'est plutôt bien conservé.*

Les garanties des arguments mobilisés par les élèves sont de natures diverses. Nous retrouvons des :

- Arguments à garanties empiriques où les élèves se basent sur des exemples concrets ou connus, comme dans l'intervention suivante :

127-EP10 : *C'est quelque chose au niveau européen. Les coûts étaient fixés par l'État, sauf que maintenant on se rend compte que ce n'est pas le prix réel. L'Europe est en train d'imposer des nouvelles lois comme quoi on doit payer le coût réel.*

- Arguments à garanties empiriques et fonctionnalistes, comme dans l'intervention suivante :

93-EP1 : *ça nous fournira assez d'énergie, mais toujours sûre. Par exemple d'un point de vu un peu plus social, on aurait plus d'emplois, et si on a un couac avec cette centrale, un couac avec la centrale de Saint-Maurice, Saint-Alban, on n'a plus d'électricité du tout ! Vous voyez ce que je veux dire ? ce n'est pas juste une centrale de sureté. On ne peut pas être ravitaillé pendant 20,30 ans, par une seule centrale. Une seule centrale ne peut pas distribuer, enfin, oui distribuer de l'énergie à des centaines de kilomètres autour de son périmètre.*

Aucun argument à garanties basées sur l'expertise n'a été identifié dans ce débat. Ceci pourrait être dû au fait qu'il n'y a pas vraiment de scientifiques ou économistes reconnus par les élèves qui ont fait des déclarations sur lesquelles ces élèves peuvent s'y référer comme vérité. Toujours par rapport à la conduite argumentative, nous remarquons que les arguments basés sur des éléments chiffrés et donc logiques sont très limités, à raison de quatre reprises dans tout le débat.

Sur le plan cognitif, les élèves ont mobilisé plusieurs types de raisonnements : critique, dialectique et surtout inductif où les élèves se sont basés sur des exemples pour arriver à tirer une conclusion. Aucun raisonnement déductif n'a été identifié dans ce débat. Toujours par rapport au travail cognitif et en termes de connaissances, nous remarquons une variété de connaissances mobilisées, liées à des domaines divers, surtout socio-économique et environnemental, mais aucune connaissance scientifique vue en cours, notamment en thermodynamique, n'a été mobilisée dans ce débat.

Nous n'avons pu repérer dans ce débat des signes de problématisation, qui consiste à une mise en tension entre des éléments du registre empirique et des éléments du registre de modèle et qui est un des indicateurs de l'appropriation de culture scientifique.

3.3.2 Deuxième étude de cas : élèves de 3^{ème} année (ENISE)

Ce débat était riche en arguments basés sur des garanties empiriques, notamment dans la deuxième phase où les élèves ont débattu librement indépendamment du jeu de rôle, comme dans l'intervention suivante :

96- EP4 : En parlant de confort, la géographie de Saint-Etienne joue sur ce confort-là. Par exemple, j'étais en stage à Lyon, il y a plein de fois où j'utilisais le vélo puisque Lyon, c'est plat.

La présence d'arguments basés sur des garanties logiques mobilisant des connaissances scientifiques est remarquable dans ce débat :

35-EC3 : Contrairement à l'énergie nucléaire, le mix énergétique a pour avantage de, entre guillemets, produire du CO2 uniquement lors de la fabrication et le recyclage des éléments qui constituent les panneaux solaires et éoliennes et tout ce qui s'en suit. Alors, que vous, vous avez le désavantage de non seulement avoir ce prix pour la fabrication de la centrale et bien sûr son démantèlement, mais en plus, de devoir ajouter à ceci tout ce qui est coût comme les coûts d'acheminement et d'extraction de matières premières. Donc, si l'on a pour une installation une production équivalente d'électricité, l'énergie... eh bien, l'énergie renouvelable a cet avantage-là.

D'autres arguments logiques ont été avancés par les élèves participant à ce débat en se basant sur des données chiffrées.

21-EP3 : la centrale du Bugey représente environ 4 000 emplois sur le global, sachant qu'on a une augmentation de 633 emplois depuis 2010, donc ce qui est non négligeable. Ensuite, au niveau des coûts de l'électricité, comme vous l'avez dit tout à l'heure, le passage pour des énergies renouvelables, notamment gaz, éolien, hydraulique, passerait du mégawattheure de 80 euros, c'est ça ? Avec un EPR neuf, on serait à 40 euros du mégawattheure, donc ce qui divise par deux le prix du mégawattheure, ce qui est encore moins négligeable par rapport aux citoyens qui habitent sur Givors et par rapport à l'ensemble des citoyens de la région Rhône-Alpes, car comme l'a dit Monsieur le Préfet, la centrale du Bugey, c'est 40 % de la production d'électricité dans le Rhône-Alpes

Aucun argument d'autorité, ni fallacieux n'ont été identifiés.

En ce qui concerne le travail cognitif, les élèves ont mobilisé plusieurs types de raisonnements : inductif, critique, dialectique et surtout inductif où les élèves se sont basés sur des exemples pour arriver à tirer une conclusion. Dans ce débat, quelques raisonnements déductifs ont été identifiés, comme c'est le cas de l'intervention suivante :

108-EC4 : Le principe des énergies renouvelables c'est de se baser sur beaucoup de sources différentes d'énergies [...] c'est vraiment un mixte d'énergie qu'on veut mettre en place »

Toujours par rapport au travail cognitif et en termes de connaissances, nous remarquons une variété de connaissances mobilisées, liées à des domaines divers, dont le domaine scientifique comme des connaissances vues en cours notamment en thermodynamique, comme par exemple les centrales solaires à concentration.

Dans ce débat, quelques ébauches de problématisation sont identifiées grâce à la mobilisation de modèles théoriques, comme ceux relatifs à la gestion des déchets et des éléments du registre empirique liés à la production de ces déchets.

3.4 Rôle et posture de l'enseignant

À travers ces deux études de cas, nous avons assisté à deux postures différentes d'enseignants. Dans le premier cas (débat avec des élèves de 1^{ère} année), les interventions des enseignants (24 interventions dont 13 pendant la phase de jeu de rôle) ont concerné particulièrement l'animation comme la sollicitation des groupes et des élèves qui ne sont pas ou peu intervenus. Une seule intervention d'un enseignant a porté sur un questionnement scientifique dans la perspective de relancer le débat sur un aspect bien particulier.

Dans le deuxième cas (débat avec des élèves de 3^{ème} année), les interventions de l'enseignante étaient assez fréquentes (47 interventions dont 11 pendant la phase de jeu de rôle). Elles ne se sont pas limitées à l'animation ou la sollicitation des élèves pour participer au débat. Elles ont porté sur des apports de connaissances, des précisions, des demandes de reformulations, des ouvertures de nouvelles pistes de discussion et de débat, sans pour autant donner d'avis ni dévoilement de position, comme dans le cas des interventions suivantes :

49- P : Je vais faire un petit point. Là, vous êtes en train de partir dans tous les sens... L'EPR, c'est de l'uranium

139-P : Quoi par exemple ? quel argument vous trouvez plus pertinent ?

169-P : Qu'est-ce que tu appelles viable ?

Discussion et Conclusion

Les résultats présentés ci-dessus rejoignent les travaux antérieurs quant à la pertinence du débat comme dispositif favorisant l'interaction entre les apprenants, l'enrichissement de la classe objet et l'argumentation. La mobilisation d'arguments logiques, de raisonnement déductif, et de connaissances scientifiques déjà vues en classe, notamment dans le cadre de l'enseignement de la thermodynamique, étaient plus remarquables dans la deuxième étude de cas. Nous nous demandons si cet écart entre les deux groupes, est dû au niveau de maturité des élèves qui ont participé aux débats (1^{ère} année pour l'INSA Lyon et 3^{ème} année pour l'ENISE). Ceci pourrait être également dû aux contextes de ces situations de débat. Puisque pour le cas du groupe de l'INSA Lyon, le débat a été mis en place dans le cadre des cours à la carte qui sont des enseignements transversaux Sciences-SHS, alors que pour le cas du groupe de l'ENISE, le débat a été mis en place dans le cadre de l'enseignement de la thermodynamique. Ceci nous amène poser l'hypothèse d'un problème de cloisonnement des connaissances et des disciplines dans nos formations. Les élèves semblent incapables de faire de lien spontanément entre les disciplines et les différentes connaissances abordées dans leur cursus.

La problématisation de savoirs incertains semble poser des difficultés pour l'apprenant dans le cas de ce débat autour d'une question socialement vive. Nous rejoignons Saïd Touhami (2014)

qui explique qu'étant donné que tout problème scientifique doit appartenir à un domaine auquel l'apprenant doit se référer, ce dernier aura du mal à problématiser quand il s'agit d'un objet de savoir appartenant à des champs disciplinaires divers sur lequel la science ne semble pas encore avoir dit son dernier mot. Quand il s'agit d'un débat sur une question socialement vive, le travail argumentatif est souvent favorisé (surtout qu'il s'agit dans ce cas d'un jeu de rôles) sauf que la nature des garanties des arguments reste tributaire de la quantité et de la qualité des données dont disposent les élèves. Ces derniers, dès qu'ils puisent les données scientifiques des documents fournis, mobilisent des connaissances communes et des points de vue personnels moins connectés au monde scientifique, c'est ce que nous avons remarqué dans la phase de débat informel à la suite du jeu de rôle.

Ces éléments rejoignent la question du rôle et de la posture de l'enseignant qui met en place un enseignement autour ou avec des questions socialement vives où le choix des documents à communiquer aux étudiants pour préparer le débat, est crucial. Dans cette étude nous assistons à deux postures différentes d'enseignants pendant le débat, entre celui qui a fait le choix d'intervenir uniquement pour animer et un autre qui est allée plus loin pour faire des apports de connaissances, demander des précisions ou orienter les discussions dans un sens ou dans l'autre. Cette dernière posture, qui semble avoir aidé les élèves à mobiliser des arguments, des connaissances et des raisonnements plus scientifiques, est une posture qu'on pourrait qualifier de pertinente mais sensible, dans la mesure où elle pourrait influencer le déroulement du débat. La première posture, plus prudente, est souvent liée au problème de légitimité évoqué par les enseignants qui ne se sentent pas très à l'aise à jouer un rôle plus actif dans ce genre de situations faisant appel à des connaissances pluri et interdisciplinaires qui ne sont pas forcément dans leur champ d'expertise. Ces deux postures identifiées dans notre recherche, renvoient à la typologie de postures d'enseignants présentée par Kelly (1986), qui distingue une :

- Posture dite « d'impartialité neutre » qui considère que les élèves doivent être impliqués dans des débats sur des questions controversées et les enseignants doivent rester neutres et ne pas dévoiler leurs points de vue ;
- Posture « d'impartialité engagée » où les enseignants donnent leurs points de vue tout en favorisant l'analyse des points de vue en compétition sur les controverses.

Nous ajoutons aux résultats détaillés dans cet article que les retours des élèves qui ont participé à ces débats sont tous positifs, notamment par rapport au format de jeu de rôle, comme l'avait signalé un des participants « *E : ça permet de sortir de sa zone de confort et de voir d'autres arguments* ». En effet ce format oblige l'apprenant à se mettre à la place d'un autre personnage avec qui il ne partage pas forcément la même position, et donc l'amène à mieux comprendre les arguments d'autrui pour mieux choisir ses propres arguments plus tard, et qui constitue une situation formative vis-à-vis de la vie professionnelle future.

Cette étude vient enrichir la panoplie de travaux sur le rôle des pratiques langagières et des débats en classe dans le développement de compétences argumentatives et le travail cognitif des élèves, mais cette fois-ci dans le cas de l'enseignement supérieur et en particulier dans le cas de la formation de futurs ingénieurs où ces compétences occupent une place centrale dans leur formation. Nos résultats soulèvent des problématiques liées aussi bien à la formation des élèves ingénieurs qu'à celles des enseignants des écoles d'ingénieurs de plus en plus sollicités pour mettre en place des enseignements des et avec des questions socio-scientifiques controversées.

Références bibliographiques

Bisault, J., & Berzin, C. (2009). Analyse didactique de l'activité effective des élèves en sciences à l'école primaire. *Éducation et didactique*, 3(2), 77-99.

Douaire, J. (2004). *Argumentation et disciplines scolaires*. INRP.

Jaubert, M., Rebière, M. (2001), « Pratiques de reformulation et construction des savoirs », *Aster*, 33, 81-110.

Kelly, T-E. (1986). Discussing controversial issues: Four perspectives on the teacher's role. *Theory & Research in Social Education*, 14(2), 113-138.

Kolsto, S-D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310. Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les sciences de l'éducation-pour l'ère nouvelle*, 38(3), 69-94.

Panissal, N., Jezioski, A., & Legardez, A. (2016). Une étude des postures enseignantes adoptées lors des débats sur des questions socialement vives (QSV) liées aux technologies de la convergence (NBIC) menés avec des élèves de collège, *DIRE* (8). Retrieved from <http://epublications.unilim.fr/revues/dire/786> (consulté le 17/04/2020).

Saïd-Touhami, F. (2014). Des débats autour de questions socio-scientifiques controversées en classe de sciences auprès d'élèves français et tunisiens : avec ou pour une acculturation scientifique ? *RAIFFET. Marrakech, 28-31 Novembre 2014*.

Simonneaux, L. & Simonneaux, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques. *Didaskalia*, 27, 79-108.

Simonneaux, L. 2008 : L'enseignement des questions socialement vives et l'éducation au développement durable. *Pour*, 3, 179-185.

Zeidler, D-L., Sadler, T-D., Simmons, M-L., Howes, E-V. (2004). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, Canada, April 2004.

Annexes : Quelques exemples de ressources fournies aux élèves

Rapport de l'ADEME pour un mix électrique 100% renouvelable en 2050 https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/mix-100-enre_evaluation-macro-economique-8891.pdf

SFEN (société française d'énergie nucléaire) <http://www.sfen.org/energie-nucleaire/filiere-responsable/nucleaire-environnement>

Rapport OCDE "La sécurité d'approvisionnement énergétique et le rôle du nucléaire". <https://www.oecd-neo.org/pub/security-energy-exec-summary-f.pdf>.

Impacts du nucléaire (déchets/santé)

Impact du nucléaire sur la santé et l'environnement en situation non accidentelle (Refets de la physique) <https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2018/05/refdp201860p19.pdf>

Impact sur la santé en 2018 de l'accident de Fukushima Daiichi (IRSN). https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-

[nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2018/Pages/3-consequence-sante-accident-nucleaire-fukushima-2018.aspx#.XNV9rsSYTIU](#)

Risques liés aux déchets radioactifs (ANDRA)

<https://www.andra.fr/les-dechets-radioactifs/tout-comprendre-sur-la-radioactivite/risques-lies-aux-dechets>

James Hansen, *Lifting Europe's Dark Cloud : How Cutting Coal Saves Lives*, [European Environmental Bureau](#) (EEB), [Sandbag \(en\)](#), [Climate Action Network](#) (CAN) Europe, Health and Environmental Alliance (HEAL), [WWF](#) European Policy Office, juillet 2016. http://env-health.org/IMG/pdf/dark_cloud-full_report_final.pdf

Com. # 57

Combaud Anne, Gangneux Christophe, Dutreuil Marion et Randrianasolo-Rakotobe Hanitra - *L'observation participative : une approche pédagogique d'appropriation des 17 Objectifs de Développement Durable par des agronomes ?*

Anne Combaud, UniLaSalle, campus de Beauvais – Unité de recherche UP 2018.C102 INTERACT,

Christophe Gangneux, UniLaSalle, campus de Rouen – Unité de Recherche UP 2018.C101 AGHYLE

Marion Dutreuil, UniLaSalle, campus de Beauvais – Responsable 2^{ème} et 3^{ème} années de la formation ingénieur Agronomie & Agro-Industries

Hanitra Randrianasolo-Rakotobe Université Paris Saclay, IDEST ; associée UniLaSalle campus de Beauvais – Unité de recherche UP 2018.C102 INTERACT

Résumé

Selon Redondo et Ladage (2019), la progression de l'éducation au développement durable depuis 2000 a entraîné une focalisation sur le niveau de la pédagogie : l'enjeu didactique s'efface derrière l'enjeu pédagogique. La capacité de problématisation des questions du développement durable, pourtant centrale dans la formation de citoyens autonomes, perd de son urgence et de sa nécessité (Barthes et Alpe, 2012).

Cette communication présente comment UniLaSalle a relevé l'enjeu didactique lors de la création d'une mobilité à l'international en 1^{ère} année du cycle ingénieur. Pour la mobilité en entreprise, le cahier des charges intègre l'obligation de la faire dans un service R&D et par une observation participante de deux missions principales. Cette observation est un exercice de contextualisation et de mise en relation des missions au quotidien du service R&D avec deux objectifs du DD, devant aboutir à une prise de recul, alors que la durabilité des systèmes agricoles est questionnée par la société. La pédagogie lasallienne repose en effet sur onze principes (Rangel, 2015), dont la contextualisation, la transposition didactique et la pluralité des méthodes pédagogiques.

L'analyse des rapports démontre que les étudiants s'approprient principalement les ODD 12, 2 et 15 et les retranscrivent en termes techniques. La problématisation, l'intégration dans une logique de système, est aussi présente.

Mots-clés : Appropriation ODD, didactique, problématisation, pédagogie lasallienne

L'observation participative : une approche pédagogique d'appropriation des 17 Objectifs de Développement Durable par des agronomes ?

1. Introduction

Selon Redondo et Ladage (2019), la progression de l'éducation au développement durable depuis 2000 a entraîné une focalisation sur le niveau de la pédagogie : l'enjeu didactique s'efface derrière l'enjeu pédagogique. La capacité de problématisation des questions du développement durable, pourtant centrale dans la formation de citoyens autonomes, perd de son urgence et de sa nécessité (Barthes et Alpe, 2012).

Afin de continuer à mettre en exergue l'enjeu didactique au cœur de la formation d'ingénieurs en agronomie et agro-industrie sur la question du développement durable, UniLaSalle a entrepris, durant l'année universitaire 2019-2020 :

- La création d'une mobilité à l'international en 1^{ère} année du cycle ingénieur, en mobilisant des principes institutionnalisés de pédagogie lasallienne.
- La mise en place d'une équipe de chercheurs multidisciplinaires qui va suivre et étudier les volets les plus en lien avec la durabilité, au cœur de cette mobilité.
- En dernier lieu et non des moindres, la sensibilisation des étudiants sur ladite recherche multidisciplinaire et la volonté de leur donner le choix de s'associer à une formation par la recherche.

Le cahier des charges de la mobilité en entreprise représente le point de départ de la recherche. Il met en exergue l'obligation de la mener au cœur d'un service R&D et d'y mener une observation participante de deux missions principales. L'intérêt accordé à l'enjeu didactique et les principes d'éducation lasalliens ont aidé à clarifier les deux principaux objectifs de cette observation, en l'occurrence, un exercice de contextualisation et de confrontation des missions au quotidien du service R&D et le concept de durabilité.

Cette communication restitue le déroulement et les principaux résultats de l'observation participante menée par les étudiants. Elle est organisée en deux parties. La première présente la problématique et la méthodologie retenue ; la deuxième partie, les principaux résultats. Les notes conclusives seront assorties de perspectives.

2. Contexte académique et scientifique

UniLaSalle est un institut d'enseignement supérieur en Sciences de la terre, de la vie et de l'environnement, avec quatre campus : Amiens, Beauvais, Rouen et Rennes. Il est membre de l'un des plus grands réseaux éducatifs au monde : l'Association internationale des universités lasalliennes (IALU), parrainée par les frères des écoles chrétiennes. Dans le plan stratégique d'UniLasalle mis en œuvre à compter de 2013, la politique de développement durable (DD) est indiquée comme transversale à toute la stratégie de l'école. Ce positionnement se renforce dans le plan stratégique de 2018 avec une direction au développement unique à tous les sites de UniLaSalle, permettant en 2021 l'obtention de plusieurs labels, comme le label DD&RSE ou Université du commerce équitable, mais aussi de prix, comme lors des Trophées francophones des campus responsables.

a. Les principes de la didactique lasallienne : berceau de la contextualisation et de la problématisation

La congrégation des frères (FSC) remonte au XVIII^e siècle. A cette période d'enseignement élitiste, où les élèves étaient généralement encadrés individuellement par des tuteurs, les frères fondent une communauté d'enseignants consacrée à l'éducation collective des enfants des artisans et des pauvres. Leur objectif est de promouvoir un champ de connaissances plus large et surtout collectif, avec des classes composées d'enfants venant d'une même région, permettant de contextualiser l'enseignement. Pourtant, il n'y a pas de solutions lasalliennes universellement applicables, ce qui suppose qu'elles doivent être contextualisées afin d'exprimer chaque communauté, liée aux exigences socio-éducatives de chaque pays, tout en intégrant les axes transverses du réseau IALU. Ces éléments s'inspirent des principes didactiques du fondateur de FSC, Jean-Baptiste de La Salle, adaptés à la pédagogie contemporaine.

Dans cet article, comme dans les institutions lasalliennes, la pédagogie est conçue comme le contexte éducatif, alors que l'éducation est comprise comme les pratiques scolaires quotidiennes, au sens le plus large possible ; enfin, la didactique s'entend comme l'étude de l'acte éducatif de l'enseignement (Rangel, 2015). Sur la base de Rangel (2015), la didactique lasallienne originale peut être transposée dans la didactique contemporaine à travers onze principes, en mettant l'accent sur la complémentarité entre théorie et pratique dans l'enseignement-apprentissage. L'encadré met en évidence les principes en lien, direct ou indirect, avec l'éducation au développement durable.

Encadré 1 : Principaux principes didactiques lasalliens en lien avec l'éducation au développement durable

Affection : (...) La capacité d'apprentissage et la sensibilité des élèves sont soulignées dans la didactique lasallienne.

« **L'école fonctionne bien** » : (...) La valorisation de la coexistence, dans le sens de l'existence en collectivité, est l'une des principales formulations de La Salle, insérée dans son action démocratique.

Transposition didactique : (...) Elle consiste à transposer les connaissances, à transposer la théorie au niveau d'apprentissage de l'étudiant, en fonction de l'âge et du niveau d'étude.

L'apprentissage comme moyen d'émancipation sociale : (...) Les institutions lasalliennes pratiquent un enseignement basé sur l'apprentissage par l'action, notamment en essayant d'obtenir la valeur du savoir, son importance, ses implications politiques, pour les intérêts de toute la communauté, et pas seulement des groupes sociaux privilégiés. L'éducation devient un processus (et un droit) d'émancipation sociale.

b. Caractérisation de la problématique et méthodologie retenue

Différentes recherches sur le développement durable ont été menées au cœur d'UniLaSalle, à savoir :

- Comment promouvoir, soutenir et expérimenter le développement durable, au sein de cette école d'ingénieurs ? (Fourati, Agnès, Dubois et *al.*, 2015)
- Le développement durable comme moteur de l'innovation dans l'éducation (Fourati, Dubois, Sauvée et *al.*, 2019)

Dernièrement, la recherche sur la relation entre l'Innovation et le développement durable a fait la part belle à la perception des étudiants (Fourati, Dubois, Chedru et *al.*, 2021). L'initiative au

cœur de cette communication prolonge cette considération didactique des étudiants, dans le sens où ils ont été parties prenantes de la recherche via une observation participante. L'équipe de recherche multidisciplinaire, quant à elle, avait pour mission de se poser la question de la portée de cette observation participante, mais aussi de ses limites, afin de les intégrer dans des axes d'amélioration (pour la promotion après Covid-19).

Pour apporter des éléments de réponse à cette problématique, la méthodologie développée s'appuie sur deux hypothèses relatives à l'éducation complexe et à l'éducation à la durabilité comme un terrain d'expression des capacités (Encadré 2).

Encadré 2 : Les hypothèses de recherche

Hypothèse 1 : Suivant Karsky et Parayre (2020), nous considérons comme cadre global de nos réflexions, le « paradigme d'une éducation complexe » basé sur les travaux fondateurs de Morin. Nous investiguons tout particulièrement les questions autour du lien – devant être recréé – entre les connaissances sans lequel, elles restent vides de sens. « Comment percevoir et concevoir le contexte, le global (la relation entre tout/parties), le multidimensionnel, le complexe ? » [Morin, (2008) in Karsky et al., (*ibid.*)]

Hypothèse 2 : Suivant Lange et Kebaïli (2019), nous approchons la question de l'Éducation à la durabilité, en termes d'expression de capacités individuelles et collectives, basé sur les travaux fondateurs de Sen (1999 in Randrianasolo, Dahmani et Dubois, 2014). L'éducation au choix que nous mobilisons est indépendante du débat sur l'anthropocène et nos questionnements sont focalisés sur la portée d'une liberté de choix offerte aux étudiants, durant leur apprentissage même.

3. Principaux résultats de recherche

A date, deux principaux résultats de recherche peuvent être formalisés et soumis au débat. Il s'agit en premier lieu, du lien, qui, selon Morin, donne sens aux connaissances, a été établi entre trois (3) objectifs du développement durable. En second lieu, des relations entre le DD et les pratiques, qui ont nécessité plus de ressources perçues par les enseignants comme la liberté de choix, le temps de recul permis par la rédaction et les échanges post-stage avec les enseignants.

L'analyse des rapports remis par les étudiants démontre qu'ils s'approprient principalement des ODD 2, 12 et 15. L'établissement du lien avec le développement durable se perçoit grâce à une retranscription en termes techniques. Le lien a facilité la problématisation et l'intégration dans une logique de système. Le tableau n°1 restitue les deux illustrations les plus parlantes du dit lien, établi et caractérisé par les étudiants.

Tableau n°1 : Caractérisation du lien établi entre durabilité et les missions du stage en mobilité

Caractéristiques générales de la mission	Preuves du lien fournies par l'étudiant	Interrogations ou remarques soulevées tout au long de l'observation participante
Lien entre l'ODD 2 « Faim Zéro » et les missions observées au quotidien (service R&D)		
Amélioration de la rotation de culture via l'introduction de féveroles	La mission participe à la cible 2.4. « Mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui permettent d'accroître la productivité et la production ». Car la féverole est résiliente aux maladies, ravageurs... Elle consomme peu d'intrants, ne demande pas d'apport azoté grâce à la symbiose avec des nodosités	La féverole n'appartient pas à la même famille que les plantes majoritairement exploitées. Importance du Guide de culture qui clôture le projet, accent sur la vulgarisation des connaissances découvertes pendant le projet
Amélioration de l'efficacité alimentaire. Expérience sur la lysine	Certaines expérimentations participant à l'objectif : Plus de faim. Car l'efficacité alimentaire détermine l'efficacité totale des systèmes de production. La disponibilité de la viande de porc pour le plus grand nombre est en jeu.	Expérience justifiée par le fait que la lysine est l'un des premiers acides aminés limitants dans l'alimentation du porc.
Lien entre l'ODD 12 « Établir des modes de consommation et de production durable » et les missions observées au quotidien (service R&D)		
La bonne composition de couverts végétaux	Un « bon » mélange de couverts végétaux entre deux cultures améliorent le rendement et participe ainsi à la performance globale du sol (prévention érosion du sol, amélioration de sa structure, alimentation des abeilles...) et donc à une production responsable et durable	Le radis fourrager sera retenu comme le meilleur couvert végétal faisant compétition aux mauvaises herbes. Les pratiques de l'agriculture durable doivent exploiter pleinement les technologies, la recherche et le développement, mais en intégrant davantage les connaissances locales qu'auparavant.
Le contrôle, l'ensemble des tests de la qualité des grains	Les tests sont un moyen efficace pour décider de la conservation ou non d'un croisement. En ce sens ils sont un outil pour atteindre la cible « faire plus et mieux avec moins » et à renforcer la compétitivité pour réduire la pauvreté.	Un paramètre technique : la surface de terres agricoles ne cesse de décroître contrairement à la population mondiale, d'où l'importance de la productivité et de l'efficacité.
Lien entre l'ODD 15 « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres » et les missions observées au quotidien (service R&D)		
Quantification des impacts des zones d'intérêt écologique (EFAs)	La mise en place des EFAs est en adéquation avec la cible : « prendre d'urgence des mesures énergiques pour réduire la dégradation du milieu naturel ».	Mieux connaître, mieux faire connaître les services écosystémiques
Lutte contre la propagation de la rouille du blé	La recherche de génotypes résistant à certaines maladies est une étape pour sécuriser les ressources terrestres.	L'équité est-elle en lien avec le pays bénéficiaire, qui est un pays en développement ? Le rôle joué par la conservation des semences?

La liberté de choix offerte aux étudiants a permis de repérer d'autres mises en relations. Un centre d'intérêt de l'étudiant qui se traduit par une meilleure connaissance du sujet a permis de relier les pratiques agricoles à des objectifs du développement durable qui sont à l'extérieur de ces trois tendances fortes. Il s'agit notamment de :

- ODD 13 : mesures contre les changements climatiques
- ODD 7 : énergie propre et d'un coût abordable

4. Conclusion et perspectives

Les établissements membres de IALU (cf. première partie) – dont UniLaSalle est membre – partagent une identité commune de conception et de mise en œuvre de processus éducatifs, d'arrangements organisationnels et d'intégration sociale. Elles mettent en œuvre une approche de l'éducation transformatrice et centrée sur l'apprenant. L'adhésion au réseau lasallien implique l'amélioration continue de l'approche pédagogique fondée sur l'apport et l'expérience d'autres institutions lasalliennes du monde entier. Les valeurs fondamentales sont la fraternité, le dialogue, la participation de tous les acteurs de la communauté éducative, l'accueil des autres, la lutte pour la justice, le respect mutuel et la solidarité (Gils et Munoz, 2013). A travers ses missions effectuées dans des services R&D, et notamment, l'observation participante, ils ont expérimenté au quotidien les bénéfices d'une connaissance technique approfondie d'un sujet en relation avec un enjeu sociétal tel que le développement durable.

En perspective, l'équipe de recherche entend donner une suite en intégrant les résultats dans une formation par la recherche, sur le thème de la durabilité. En effet, au départ de leur stage, les étudiants ne savaient pas qu'ils pourraient potentiellement – s'ils le choisissaient – participer à cette formation. Une fois le rapport rédigé, une fois qu'ils ont mené à bien leur observation participante en lien avec la durabilité, ils ont reçu un mail venant d'un membre de l'équipe de recherche qui a aussi le statut de responsable pédagogique. Le mail présente la recherche et les invite à y participer, en donnant un accord pour l'utilisation du chapitre sur le développement durable. Actuellement, en présence des résultats de recherche, nous espérons que leur lecture représente une étape qui viendrait élargir leur connaissance en ayant accès aux autres études menées par leurs camarades de promotion.

Références bibliographiques

Barthes, A., Alpe, Y. (2012). Les éducations à un changement de logique éducative ? L'exemple de l'éducation au développement durable à l'université. *Spirale - Revue de Recherches en Education*, 2012(1), 197-209.

Fourati-Jamoussi, F., Agnès, M., Dubois, M.J.F., Leroux, V., Rakotonandraina, N., Kotbi, G., Sauvée, L. (2015). How to Promote, Support and Experiment Sustainability in Higher Education Institutions? The Case of LaSalle Beauvais in France. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 2015(9), 227–245.

Fourati-Jamoussi, F., Dubois, M.J.F., Agnès, M., Leroux, V., Sauvée, L. (2019). Sustainable Development as a Driver for Educational Innovation in Engineering School: The Case of UniLaSalle. *European Journal Engineer Education*, 2019(44), 570–588.

Fourati-Jamoussi, F.; Dubois, M.J.F.; Chedru, M.; Belhenniche, G. (2021). Education for Sustainable Development and Innovation in Engineering School: Students' Perception. *Sustainability*, 2021(13), 6002.

Karsky, F., Parayre, S. (2020). Introduction. L'éducation complexe : un nouveau paradigme ? *Tréma*, 2020(54), DOI : <https://doi.org/10.4000/trema.6352>

Lange, J.-M., Kebaïli, S., (2019). Penser l'éducation au temps de l'anthropocène : conditions de possibilités d'une culture de l'engagement. *Éducation et socialisation* 2019(51), DOI: <https://doi.org/10.4000/edso.5674>

Randrianasolo-Rakotobe, H., Dahmani, A., Dubois, J.-L. (2014). De la nécessité d'étendre les références éthiques de l'approche par les capacités. *Mondes en développement*, 168, 59-76

Rangel, M. (2015). La actualidad de los principios didacticos de La Salle. *Digital Journal of Lasallian Research*, 11.

Redondo, C., Ladage, C. (2019). Quand l'enjeu pédagogique dispute la place de l'enjeu didactique et réciproquement, *Education et Formation*, 312, 110-122.

Sen, A. K. (1999). *Development as Freedom*, New York, Knopf. Traduction française. *Un Nouveau modèle économique*

Table ronde - Les approches scientifiques, pédagogiques, professionnelles et prospective

Animation : Béatrice Jalenques-Vigouroux

Animatrice de la table ronde : Béatrice Jalenques-Vigouroux, présidente d'Ingenium (INSA Toulouse)

Invités : Arnaud De Maria, Jacques Treiner, Mathieu Arnoux, Jean-Louis Rastoin, Claude K. Nahon et Jimmy Garcia

- Arnaud De Maria (ISF, Transilab)
- Jacques Treiner (président du comité des experts du shift)
- Mathieu Arnoux (historien, directeur du LIED)
- Jean-Louis Rastoin (SupAgro)
- Claude K. Nahon (anc. Dir. DD d'EDF – IDDRI)
- Jimmy Garcia (Représentant étudiant du mouvement Ingénieurs Engagés)

Vidéo en ligne :

<https://drive.google.com/drive/folders/1jRyfyMM12zdQ3HUZJw5rlq2E5M8NEBc2>

Présentation des intervenants de la table ronde de l'après-midi

Arnaud De Maria est ingénieur industriel de formation. Destiné à la gestion des ateliers d'Airbus, il a préféré construire sa pratique à travers son militantisme. C'est notamment en tant que bénévole d'Ingénieurs sans frontières (administrateur et membre du comité Former l'Ingénieur-e Citoyen.ne), qu'il remet en question la sacro-sainte neutralité technique et découvre les possibilités de mettre en démocratie les processus d'innovation : comment redistribuer le pouvoir des ingénieurs et des systèmes industriels dans l'élaboration des choix techniques, des modes de vie, des façons de faire société ?

Il souhaite explorer cette problématique en réalisant un doctorat en sociologie à Toulouse, et décide finalement de conduire cette recherche de façon participative au sein d'une association qu'il co-crée, le Transilab. Entre ESS, démocratie participative, low tech, communs et recherche participative, l'exploration est rendue difficile par la recherche de financement... Mais il préfère son engagement au confort du salaire d'un ingénieur !

Jacques Treiner est un physicien théoricien, ex-professeur à l'Université Pierre et Marie, aujourd'hui chercheur-associé au Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain, Université de Paris, et préside le Comité des experts du Shift Project. Outre sa carrière de chercheur (spécialité fluides quantiques), il a toujours été préoccupé par l'enseignement de sa discipline et l'interface sciences-société.

Il est l'auteur de livres de cours, de revues thématiques sur différents sujets (Einstein, le couplage énergie-climat, le chaos déterministe, le mouvement brownien), d'ouvrages et d'articles de vulgarisation (notamment sur l'âge de la Terre, l'effet de serre, la fabrique de l'ignorance). De 1999 et 2002, Il a présidé le groupe d'experts responsable des programmes de

physique-chimie enseignés au lycée général et technologique entre 2000 et 2011. Il a traduit, avec F. Gicquel, le livre de Naomi Oreskès et Eric Conway, *Les Marchands de doute*, celui de Clive Hamilton, *Requiem pour l'espèce humaine*, et celui de David Deutsch, *Le Commencement de l'infini*. Il est co-auteur, avec l'un de ses fils, d'une pièce de théâtre : *Fission*, représentée au Théâtre de la Reine Blanche en 2016.

Mathieu Arnoux est professeur d'histoire médiévale à l'Université de Paris et directeur d'Études à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales. Ses travaux portent sur l'histoire économique et agraire de l'Europe médiévale du XIIe au XVIe siècles, en particulier sur les questions du travail et des techniques.

Il est directeur du LIED (Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain) et vice-doyen à la recherche de la faculté « Sociétés et Humanités » de l'Université de Paris. Sa recherche actuelle porte sur la question des ressources dans le monde médiéval. Il a publié *Le Temps des Laboureurs. Croissance, travail et ordre social en Europe, XIIIe-XIVe siècle* (Albin Michel, 2012).

Jean-Louis Rastoin est Ingénieur agronome, docteur d'État ès sciences économiques et agrégé des universités en sciences de gestion, Jean-Louis Rastoin est professeur honoraire à Montpellier SupAgro, membre de l'Académie d'Agriculture de France, co-animateur de la revue « Systèmes alimentaires/ Food Systems » publiée par les Éditions Garnier à Paris et expert du Think Tank Ipemed. Fondateur et conseiller scientifique de la chaire UNESCO en Alimentations du monde, il a été directeur du laboratoire de recherche MOISA (Ciheam-Iamm/Cirad/Inra/SupAgro). Ses recherches portent sur la prospective, les stratégies d'acteurs et les échelles de gouvernance dans les systèmes alimentaires.

Sa dernière publication : Rastoin J.-L., 2020, Éditorial, Crises sanitaires, résilience et refondation des systèmes alimentaires, *Systèmes alimentaires-Food Systems*, 5, Éditions Garnier, Paris : 17-31. <https://classiques-garnier.com/systemes-alimentaires-food-systems-2020-n-5-varia-editorial.html?displaymode=full>

Claude K. Nahon est jusqu'en juillet 2019, Directrice du Développement durable et de l'environnement du groupe EDF, leader mondial des énergies bas carbone qui rassemble tous les métiers de la production, du commerce et des réseaux d'électricité. Chargée de promouvoir les enjeux environnementaux et sociétaux au sein du Groupe ainsi que le dialogue avec les parties prenantes.

Diplômée de l'École Polytechnique, j'ai rejoint le groupe EDF dès 1978. Avant d'être Directrice du développement durable, j'ai occupé différentes fonctions de management dans les secteurs de la production, du transport et de la distribution. J'ai notamment exercé en tant que directrice déléguée à la production hydraulique et aux énergies renouvelables et dirigé le projet Boute-Carros, une ligne 400kV dans le sud Est de la France, projet qui fut l'occasion du premier débat public pour EDF. Engagée pour la transition écologique en France et dans le monde, elle est aujourd'hui retraitée et s'efforce de défendre ces enjeux au sein de différentes instances. Elle est membre de l'académie des Technologies et membre associée au Conseil général de l'économie. Elle participe au JPI Climate transdisciplinary advisory board et au conseil stratégique de l'IDDRI et au UN SDSN Leadership Council. Elle est au Conseil d'administration de Météo et Climat et au conseil de surveillance de la caisse des dépôts et consignations

Jimmy Garcia est ingénieur en systèmes industriels de formation. Diplômé de l'ENSE3 (Grenoble INP) en 2019, il a pris conscience de la gravité des enjeux climatiques en parallèle de son cursus et s'est réorienté vers les collectivités locales pour trouver un emploi en phase avec ses valeurs.

Assez déçu par la formation qui ne proposait aucune réponse à ces problématiques, il s'est tourné vers l'engagement militant au travers du collectif Ingénieur(e)s Engagé(e)s, né en 2017 suite à la perte de sens grandissante du corps ingénieur (étudiant et diplômé) et souhaitant faire prendre conscience de la non-neutralité de la technique et du rôle politique de l'ingénieur(e) dans la société.

Il a notamment contribué à mettre en place un « répertoire des formations » (https://wiki.ingenieurs-engages.org/doku.php?id=repertoire_des_formations) ayant pour objectif de recenser les évolutions récentes allant vers plus d'enseignement des enjeux de transition et des sciences humaines et sociales dans les différentes écoles françaises.