



HAL
open science

De l'innovation technologique à l'innovation “ située ” : pour une meilleure adaptation des formations d'ingénieurs aux défis sociétaux du XXI^e siècle

Emmanuel Cardona Gil, Linda Gardelle, Brad Tabas

► To cite this version:

Emmanuel Cardona Gil, Linda Gardelle, Brad Tabas. De l'innovation technologique à l'innovation “ située ” : pour une meilleure adaptation des formations d'ingénieurs aux défis sociétaux du XXI^e siècle. Denis Lemaître (dir.). Formation des ingénieurs à l'innovation, ISTE Éditions, pp. 19-34, 2018, 978-1-78405-411-3. hal-01761600

HAL Id: hal-01761600

<https://ensta-bretagne.hal.science/hal-01761600>

Submitted on 11 Jun 2024

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

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

Chapitre premier

[Style : *ISTE - Chapter number]

De l'innovation technologique à l'innovation « située » : pour une meilleure adaptation des formations d'ingénieurs aux défis sociétaux du XXI^e siècle

EMMANUEL CARDONA GIL, LINDA GARDELLE, BRAD TABAS

CRF (EA 1410), ENSTA Bretagne

Depuis son apparition dans l'Europe de la Renaissance comme figure sociale reconnue et promue [LEM 03], l'ingénieur est vu comme « celui qui apporte des nouveautés techniques, signes de progrès pour la société ». Alors incarné par des figures tel que Leonard De Vinci, il se situe à mi-chemin entre un génie créatif et un savant. Avec l'évolution de la profession, liée aux avancées dans les différents domaines techniques et la mise en place de formations standardisées, l'image de l'ingénieur évolue par la suite pour incarner un rôle plus technique et savant qu'artiste. Il n'en conserve pas moins pendant l'ensemble de la période moderne et jusqu'au XIX^e siècle un rôle social capital : créer de la nouveauté et ainsi réaliser le Progrès. Selon cette idéologie qui domine à l'époque, le travail de l'ingénieur consiste à améliorer les conditions d'existence des populations. Il existe alors l'idée d'une connexion directe entre les innovations techniques et le bien de la

société, ainsi qu'un rôle, et même une posture morale ou un devoir de l'ingénieur envers la société, qu'on lui transmet lors de sa formation.

Dès la seconde moitié du XIX^e siècle, le recul de l'idéologie du Progrès provoque une remise en cause croissante de l'existence de ce lien que l'on pensait véritable et nécessaire entre améliorations techniques et bien-être social. C'est peu à peu le rôle spécifique tenu par l'ingénieur dans les sociétés contemporaines qui est remis en question et, dans son sillage, sa formation. Il s'agit donc de savoir de quels innovateurs on a besoin aujourd'hui. Et quels innovateurs forme-t-on ? La question traitée dans ce chapitre est celle du rôle de l'ingénieur dans la société actuelle, un rôle à repenser suite au changement de paradigme historico-social que nous venons d'évoquer.

Nous constatons que dans la situation actuelle les effets du taylorisme et de la logique de marché imposée par la mondialisation confinent parfois l'ingénieur dans une posture d'exécutant technique. Toutefois, les injonctions nouvelles à l'innovation appellent à interroger le rôle attendu des ingénieurs aujourd'hui. C'est la raison pour laquelle nous nous proposons ici d'explorer ces attentes et la manière dont les formations y répondent, l'idée étant de cerner les rôles sociaux de l'innovateur et de l'innovation. Pour ce faire, nous partons de l'hypothèse que l'on sort aujourd'hui du paradigme productiviste et que l'on peut désormais observer des conceptions concurrentes de l'innovation, correspondant à des finalités différentes. Nous nous appuyons sur une enquête menée dans le cadre du projet *Innov'ing 2020*, consistant en un état des lieux des formations d'ingénieurs en Europe (France, Allemagne, Royaume-Uni, Hongrie) et dans quelques pays émergents d'Asie (Mongolie, Vietnam) et du Maghreb (Algérie, Maroc), ainsi qu'en un recueil des discours de différents acteurs politiques et industriels quant à leurs attentes en termes d'innovation.

1.1 Progrès et innovation

La définition du Progrès comme « *the idea that civilization has advanced in the past, is now advancing, and in all likelihood will continue to advance in the foreseeable future* » [NIS 1980] amène à s'interroger sur le sens du mot « avancer ». Depuis le début de la période moderne, la notion de Progrès a été étroitement liée aux avancées scientifiques et techniques, qui nous aurait permis, selon une célèbre phrase de Descartes, de nous « rendre comme maîtres et possesseurs de la Nature » [DES 1637]. Pour d'autres, le Progrès implique non seulement l'affranchissement progressif de l'homme par rapport à la nature, mais également la diminution des inégalités entre les êtres humains. Pour les progressistes les plus optimistes, tels que Condorcet [1979], l'avancée de la civilisation implique l'optimisation de l'ensemble

des aspects de la vie humaine : davantage de pouvoir sur la nature, de liberté, d'égalité, de raison, de paix, de santé, etc. En ce sens, le Progrès ne constitue pas simplement une description de l'accumulation des savoirs ou des richesses dans le temps, mais une véritable loi téléologique de la nature et de l'histoire. Comme dans la théorie libérale de la main invisible (qui a été clé pour le développement de l'idéologie du Progrès), le Progrès se voit conférer un effet de providence, selon lequel les efforts des individus isolés transforment le monde entier pour le bien. Le progrès technique a en effet été conçu à partir d'une conception libérale qui liait très fortement la poursuite des intérêts économiques individuels et la réalisation du bien-être social, assumant ainsi que tout progrès technique amenait directement à l'avancement de la société.

Dans cette perspective, le Progrès correspond à un devoir moral, une obligation de l'individu envers la société ou l'espèce humaine dans son ensemble.

1.1 Progrès et formation de l'ingénieur

L'idée de Progrès et le rôle social qu'elle confère à l'ingénieur ont joué un rôle primordial sur la représentation de l'ingénieur dans l'imaginaire collectif de l'époque moderne, de même que sur les réflexions liées à sa formation. William Barton Rogers, le fondateur du MIT, adresse ainsi son plaidoyer pour la formation de l'école aux « *genuine friends of progress everywhere* ». Il insiste sur le fait que l'Institut, grâce à sa pédagogie progressiste, allait apporter « *great public benefits* » et démontrer « *the happy influence of scientific culture on the industry and civilisation of nations* ». Il appuie son propos sur l'idée, très caractéristiquement progressiste, que « *material prosperity and intellectual advancement are inseparably associated* » [ROG 1860]. On perçoit ici les effets de la dimension d'engagement social, inhérente à l'idéologie du Progrès, sur la formation de l'ingénieur. D'un point de vue pédagogique, la mise en place de son idéologie se traduit par la volonté de se tourner vers le monde moderne. L'étude des sciences naturelles, des arts appliqués, des langues modernes, de l'économie politique et de la loi constitutionnelle¹ se substitue alors au curriculum traditionnel (langues classiques, histoire, littérature, philosophie éthique et théorique). Bien qu'à l'origine du développement de nombreux savoirs scientifico-techniques dont les impacts sur la société restent incontestables, ce modèle d'enseignement mis en place par Rogers et ses contemporains n'en est pas moins aujourd'hui vivement critiqué pour sa tendance à étouffer la créativité des étudiants, et ainsi freiner l'innovation [KIM 11].

¹ Cette liste reprend approximativement les sujets enseignés au MIT au début de l'existence de l'école.

Au final, la pédagogie du XIX^e siècle est empreinte de l'idée de Progrès et dans ce cadre, ce sont autant les matières scientifiques et techniques que les matières « sociales » qui ont su se montrer supports du progrès.

1.2 Progrès en Crise

Le progrès a suscité beaucoup de promesses et d'inspiration. A ce sujet, il est indéniable que les derniers siècles ont été synonymes d'avancées technico-sociales généralement bénéfiques dans de nombreux domaines – santé, hygiène, éducation, confort matériel –, qui continuent pour certains de repousser toujours plus loin les limites de ce que d'aucuns ont nommé « *the infinite frontier* » [BUS 45]. Mais les sens et valeurs attribués à ces transformations techniques et sociales subissent un net revirement au milieu du XX^e siècle. Bien qu'il y ait toujours eu des critiques du progrès - on pourrait citer Rousseau, Thoreau, Neil Ludd, ou Burke - l'idée que le progrès technico-économique ne tient pas toujours ses promesses devient largement plus répandue. On constate par exemple que la poursuite de « *private benefits* », pourtant considérée comme moteur de la croissance économique, mène vers une atomisation du social, voire vers l'aliénation de l'individu et la dissolution du sens du devoir envers la société. Des penseurs comme Marx, et plus récemment Picketty [2013], ont démontré que la distribution inégalitaire de l'accès aux innovations technologiques et les moyens financiers du libéralisme étaient à l'origine d'une croissance des inégalités, et donc d'une stagnation, voire d'une régression du progrès social. Etant lui-même progressiste, Marx a proposé des solutions politiques, qui ont suscité des résistances et connu des échecs lors des tentatives de leur réalisation. Ces échecs auront eux aussi marqué très fortement la compréhension qui est faite du Progrès, et ont donné naissance à une vision du monde dit Post-moderne selon lequel nous souffrons d'un « *loss of historicity* », les innovations étant considérées comme n'apportant pas de vraies améliorations sociales, mais plutôt comme étant des commodités marchandes qui nous entraînent encore plus profondément dans le paradigme anhistorique d'un état terminal de capitalisme libéral [JAM 97].

Mais ce point de vue post-moderne, aussi discutable qu'il soit, reste un des axes de critique du progrès. Le progrès technique a lui aussi déçu. Certains, tels Adorno et Horkheimer [1944], voyaient dans la maîtrise progressive de la nature l'assujettissement progressif des hommes par les moyens techniques. De la même manière, l'horreur de la guerre moderne, résultat des avancées techniques dans des domaines comme la chimie ou la physique des particules, a bien montré le côté obscur du progrès technique, en même temps qu'elle a mis à mort l'idée que l'homme moderne serait moralement supérieur aux hommes des siècles précédents. Par ailleurs, il existe une sévère critique du discours du progrès de la part des

penseurs post-coloniaux comme Mehta [MEH 99], qui a montré que le progrès a très souvent été déployé comme justification des projets impérialistes et coloniaux, et qu'il a été inséparable d'une absence de respect envers les manières de faire et de penser locales. Encore plus récemment, Brynjolfsson et McAfee [2015] ont alerté sur le fait que les innovations dans l'automatisation des usines, rendue possible par les avancées de la robotique, risquent de produire un chômage de masse et une augmentation d'autres formes de mal-être social. D'un point de vue écologique, les progrès de la technique sont aussi ambigus. D'une part, on constate l'impossibilité même de croissance infinie (qui était au cœur de la vision progressiste), car les ressources naturelles ne sont pas inépuisables et la planète a des limites physiques déterminables [MED 04]. D'autre part, certaines avancées techniques comme la découverte de la machine à vapeur, qui ont fait la fierté des progressistes, se sont révélées à l'origine de catastrophes ou de menaces comme le changement climatique par exemple. A cet égard, la société en général a expérimenté ce que le philosophe Hans Blumenberg a appelé un « *Unbehagen am Fortschritt* » (malaise avec le Progrès) [BLU 15], au sens où les changements dus au progrès technique ne sont pas toujours tout-à-fait désirables. Au final, au cours du vingtième siècle, l'idée même du Progrès, comme projet universel impliquant l'humanité tout entière, a été remise en cause par certains penseurs.

2. Repenser le Progrès

Le progrès technique et économique continue de s'emballer, à tel point d'ailleurs que certains s'inquiètent quant à l'accélération des changements qu'il engendre [ROS 05]. Très peu sont ceux qui croient aujourd'hui qu'il a répondu à ses promesses – sociales – initiales. Les raisons de cet échec de l'idéologie du Progrès dans sa version classique, quant à l'amélioration des conditions d'existence des populations, relèvent principalement d'une absence de théorisation des moyens concrets pour l'amélioration de la société. C'est aussi, largement, la question des finalités qui se pose. Si l'on veut engendrer du progrès social à partir du progrès économique et technique, ne faudrait-il pas considérer que les dimensions sociales, techniques et économiques doivent être liées ? S'appuyer sur des innovations sociotechniques, sur un projet de société plus englobant, devrait permettre de surmonter les limites que l'on constate aujourd'hui.

2.1. L'ingénieur, l'innovation et la crise du Progrès

Confronté à nécessité nouvelle, l'ingénieur, à l'instar de l'individu de manière générale, éprouve désormais des difficultés à penser les finalités de son travail. En tant qu'individus, les ingénieurs sont confrontés aux dilemmes éthiques que portent leurs activités et qui parfois les dépassent.

On retrouve par ailleurs un indice de la disparition de l'ambition sociotechnique du progrès dans l'accroissement récent de l'intérêt porté à la notion d'innovation. Comme le montre une recherche que nous avons réalisée sur Google NGram², par le biais d'une analyse qui prend en compte la fréquence d'utilisation des mots dans la quasi-totalité des textes actuellement numérisés, les termes anglais « *Progress* » et « *innovation* » étaient beaucoup utilisés au XV^e siècle mais le premier est rapidement devenu le plus usité, tendance qui durera jusqu'à la crise de l'idéologie du Progrès, avant de s'inverser au cours du XX^e siècle. De manière générale, on peut dire que pour qu'une création se réclame du Progrès, il faut qu'elle tende vers une finalité qui soit en lien avec l'amélioration de la société humaine. En ce qui concerne l'innovation, l'ambition est moins élevée : pour qu'une production soit considérée comme une innovation, il faut qu'elle soit nouvelle, mais cette nouveauté n'est pas forcément liée à une vision téléologique et sociale plus large. S'il existe des innovations qui répondent à des besoins de la société, une innovation peut toutefois être considérée comme telle bien que ne répondant à aucun besoin existant, et servant même parfois à en créer de nouveaux. En ce sens, l'intérêt croissant pour « l'innovation » s'explique en partie par l'expansion d'une vision marchande et individualiste du monde. Aussi les innovations sont-elles à l'origine de la croissance de marchés pensés avec une vision de profit à court terme.

Nombre d'écoles et de gouvernements adoptent aujourd'hui des positions à mi-chemin entre les visions progressiste et post-progressiste, poursuivant des politiques d'innovation technico-économique, mais sans véritables efforts d'amélioration de leur profitabilité d'un point de vue social. Nos enquêtes ont montré que de la pointe ouest du continent eurasiatique jusqu'à son extrême est, les discours qui incarnent cette idéologie sont présents lors des grands rendez-vous de la formation des ingénieurs, et cela des plus hauts niveaux de discussion sur les formations d'ingénieurs jusqu'au terrain, dans les écoles, auprès des élèves. Citons par exemple l'important rendez-vous que représente la *Global Engineering Education Leader Conference*, qui réunit chaque année des directeurs des plus grands établissements et organismes concernés par la formation d'ingénieurs dans le monde (représentants d'universités américaines et asiatiques, de l'*International Federation of Engineering Education Societies*, du *Global Engineering Dean's Council*, de l'*UNESCO Center for Higher Education Innovation*, de la Commission des Titres d'Ingénieurs, etc.). Lors de cette conférence qui s'est tenu à Shenzhen, en Chine, les 5-6-7 décembre 2016, les propos de certains représentants d'entreprises étaient sans équivoque : l'innovation équivaut à de la compétitivité qui a elle-même pour finalité le profit. Le discours d'ouverture de la conférence, prononcé par le

² Requête réalisée en octobre 2017 sur Google Ngram.

président exécutif d'une importante entreprise chinoise, pouvait se résumer à un éloge du marketing où « la technologie doit être appropriée au marché » (to appropriate technology to market), où « l'innovation doit se conformer au besoin du marché » (innovation has to meet market needs) et où « tout doit être fait dans une logique de business » (you should do everything in a business logic)³. Au niveau des dirigeants d'institutions engagées dans la formation des ingénieurs, de telles conceptions existent également. Le président de SUSTech (Southern University of Science and Technology, Chine) dressait par exemple un tableau détaillé de ce que représente l'innovation pour son institution : une collection de chiffres précis et ambitieux organisés dans un tableau (état des lieux et objectifs en termes de nombre de brevets, de nombre de thèses, de rentabilité en dollars, etc.). De tels discours se retrouvent également dans des écoles d'ingénieurs et des universités en Europe, reflétant bien cette idéologie tournée vers le technicisme et le profit des entreprises davantage que vers la réponse à des besoins humains et au développement des sociétés humaines. Toutefois, même s'ils sont largement présents, ils côtoient aussi d'autres visions de l'innovation et des finalités des formations d'ingénieurs. Les questions d'éthiques, d'entrepreneuriat social, de développement durable et de responsabilité sociale sont aussi de plus en plus présentes.

1.2. Le paradigme technico-économique et la formation des innovateurs

Cette conception d'un progrès réduit aux objectifs techniques et économiques a un impact fort sur la formation des ingénieurs et des innovateurs. Dans la plupart des pays du monde, l'enseignement supérieur s'est transformé depuis les années 1990, sous l'effet de la globalisation économique et de volontés politiques. Depuis que l'Union Européenne s'est donnée pour objectif, en 2000, de devenir l'économie de la connaissance la plus compétitive au monde, la formation et le dynamisme industriel sont au cœur des préoccupations de cette UE qui entend encourager l'innovation et l'excellence scientifique. Afin d'harmoniser l'enseignement supérieur dans l'espace européen, de profonds bouleversements se sont opérés dans le monde de l'enseignement supérieur depuis deux décennies avec la généralisation d'une division en trois cycles : *graduate*, *post-graduate* et *Doctorate* (traduits en français par Licence, Master, Doctorat). Au-delà de la volonté politique à l'origine de ces mesures, c'est la globalisation économique et financière et la volonté de développer

³ Ces propos, comme les suivants, ont été recueillis par les auteurs.

le marché qui ont impulsé ces changements dans le monde de l'enseignement supérieur. La volonté était de favoriser la libre-circulation des étudiants, la libéralisation, la diversification concurrentielle de l'offre de formation et la marche vers « l'harmonisation mondiale des standards et titres universitaires ». Cela devait stimuler également la concurrence qui se concrétise par la recherche de l'attractivité, les étudiants devenant des clients [LEC 11], [LAV 02], [LEB 06]. Cette mondialisation universitaire s'est traduite par une diffusion à l'échelle mondiale de modèles pédagogiques et académiques, de schèmes de pensée et de normes d'excellence nouvelles [MAZ 09], souvent conformes à la logique technico-économique du progressisme libéral, pour qui l'amélioration du rendement social passe au second plan.

En ce qui concerne les formations d'ingénieurs, l'évolution actuelle de l'enseignement supérieur et les conséquences de l'internationalisation ont quelque peu gommé les différences qui existaient entre les différents modèles initiaux de formation pour tendre vers un modèle standardisé. La plupart des représentants d'établissements d'enseignement supérieur rencontrés dans le cadre de nos enquêtes n'avaient pas de canevas précis pour présenter les moyens mis en œuvre pour former des ingénieurs capables d'innover, mais tous ont affirmé réfléchir à ces questions et tenter de développer des dispositifs de formation allant dans ce sens. Ces opérations sont menées avec différents degrés de réflexion et de prise de recul : beaucoup d'établissements n'ont pas les moyens, ni la volonté, de tout remettre en question et restent parfois davantage soucieux des attentes très précises des entreprises ou se contentent d'expériences pédagogiques entraînées par des effets de mode. D'autres développent des dispositifs divers et ambitieux (voir chapitre 6).

Selon nos enquêtes auprès des prescripteurs de formation au sein des écoles d'ingénieurs (responsables pédagogiques, directeurs de la formation,..) sur leurs représentations de l'innovation, ce qui semble faire consensus, et qui vient corroborer une certaine littérature [LIU 15], [ALT 00], [BES 13], est que pour devenir un ingénieur capable d'innover, il faut avant tout apprendre à être autonome et proactif. Si les curricula ne sont pas les mêmes, dans le sens où les finalités quant à l'ingénieur que l'on souhaite former et l'organisation des formations diffèrent, les pratiques pédagogiques tendent à évoluer, lentement et à différents degrés, vers un modèle commun : plus d'autonomie donnée aux étudiants, attrait des pédagogies numériques, ouverture vers l'international, etc. Dans ce sens, comme l'a montré notre enquête les travaux par projets, individuels et collectifs, sont mis en avant, que ce soit dans les écoles d'ingénieurs françaises, marocaines ou algériennes, les « colleges » hongrois ou dans certaines formations vietnamiennes où l'on introduit par exemple les projets de fin d'études. Les pédagogies actives et la

responsabilisation des étudiants, comme tout ce qui va favoriser le leadership, sont également recherchés dans différentes formations par des dispositifs divers, notamment en Grande-Bretagne. Les pédagogies numériques sont citées également par nos interlocuteurs (MOOC, plateformes numériques, etc.). Est également mis en avant le lien avec la recherche. Certains pays sont en avance sur cet aspect, comme en Allemagne où les liens sont très forts entre formation et recherche, et où le doctorat est mieux valorisé qu'ailleurs. L'entrepreneuriat est également valorisé et mis en avant comme générateur d'innovation. Ainsi, incubateurs et espaces d'accompagnement à la création d'entreprise sont créés dans la plupart des pays, avec des moyens divers. Plus largement, c'est le lien avec les entreprises au cours de la formation qui est jugé comme indispensable. Sur ce plan, l'Allemagne fait figure de modèle. La plupart de nos interlocuteurs ont également souligné l'importance des disciplines non techniques dans les curricula, même si souvent le choix des matières se réduit au management et à la gestion, dans une logique « néo-pragmatique » qui vise à outiller l'étudiant pour une bonne insertion dans le monde de l'entreprise [LEM 14]. Enfin, ont été évoqués les projets croisés et l'interdisciplinarité, gage, pour nos interlocuteurs, d'une grande stimulation. Mixer les formations d'ingénieurs avec celles de designers, les faire travailler avec des sociologues ou des artistes permettrait de ce point de vue de favoriser l'ouverture, de bousculer les cadres de référence, ce qui ne peut qu'être vecteur de créativité. Pour finir, la mobilité internationale a été soulignée par certains de nos interlocuteurs comme un moyen pour les étudiants d'être plus ouverts et plus agiles d'esprit, qualités considérées comme à l'origine du processus d'innovation. Bousculer ses repères, sortir de son cadre quotidien, voir d'autres manières de faire, être confronté à la différence, à la remise en question, se nourrir d'autres façons de voir et de penser, prendre du recul sur sa société, sont autant de moyens de grandir et de devenir plus ouvert d'esprit.

1.3. Repenser l'innovation et l'innovateur

Est-ce que ces tentatives de former les innovateurs sortent du cadre imposé par l'idéologie de l'innovation et du paradigme technico-économique ? Peut-on cerner des pratiques qui s'alignent plutôt avec une vision de l'innovation sociotechnique ? Comment faire la différence entre une indépendance de penser et d'agir qui va permettre aux innovateurs d'apporter des solutions sociotechniques à leurs sociétés, et une autre, davantage tournée vers la personne elle-même, synonyme le cas échéant d'une accélération de la logique néolibérale ? Une tentative de réponse consiste à suggérer aux élèves l'importance de la réflexion et de la problématisation en matière d'innovation, rendue possible notamment dans le cadre des enseignements en sciences humaines et sociales.

Les dispositifs, en Europe ou ailleurs, sont massivement présentés comme participant à la demande de compétences nouvelles nécessaires à la gestion de projets, à l'adaptation à des impératifs économiques et financiers, et/ou parfois au travail dans des entreprises multiculturelles et ouvertes sur le monde. La mobilisation des sciences humaines et sociales dans les cursus, souvent réduites à leur aspect purement instrumental (comptabilité, marketing, droit des affaires,...) montre bien la logique qu'elles doivent servir : fournir des jeunes professionnels aptes à s'insérer rapidement et aisément dans le monde de l'entreprise. Selon cette vision, la formation des ingénieurs en tant qu'innovateurs doit répondre aux conditions de l'ouverture des marchés et de la libéralisation de l'économie, servir en premier lieu les entreprises et répondre aux standards de la mondialisation économique fondés sur un calcul coûts/bénéfices à court terme, à travers la création des nouveaux besoins. La vision de l'ingénieur moderne devant porter le progrès technique dans la société pour améliorer les conditions d'existence de la population, dans une vision à long terme qui cherche à répondre aux besoins de tous, est, en ce sens, parfois négligée. Est également occultée, ou tout au moins sous-exploitée, la vision plus ancienne encore de l'ingénieur comme artiste créateur, capable d'adosser à un savoir-faire technique un discernement esthétique. Est ainsi parfois négligée la portée beaucoup plus large que peuvent avoir les sciences humaines et sociales dans leur dimension réflexive et culturelle, qui peut contribuer à former de jeunes ingénieurs aptes à travailler en entreprises en comprenant les réalités pratiques, mais aussi soucieux des multiples dimensions d'un projet, porteurs d'un regard sociotechnique sur les fruits de leur travail et ayant une approche beaucoup plus englobante du monde qui les entoure.

Il ne s'agit donc pas tant de revenir en arrière pour faire vivre le progrès avec toutes ses contradictions, que de promouvoir une manière de penser l'innovation, et par la suite la formation des innovateurs, plus étroitement liée à des valeurs sociales. Plutôt que d'invoquer des « innovations » déconnectées de toute valeur sociale, il paraît important en effet que les ingénieurs maintiennent un lien entre elles, et ne développent pas une innovation simplement parce qu'elle produit de la nouveauté, mais parce qu'elle apporte un changement positif, autant du point de vue technique que social. La complexité de nos sociétés contemporaines requiert non seulement des spécialisations dans des domaines techniques et scientifiques pointus, mais également une meilleure compréhension du monde et des défis qui se posent [AKA 03] [JAM 11] afin de pouvoir apporter des innovations avec un impact social positif.

Il faut ajouter qu'il existe bel et bien une volonté de former des tels ingénieurs. Beaucoup de dirigeants d'organismes de formation se montrent soucieux d'élargir la vision de l'innovation dans la formation des ingénieurs pour souligner la nécessité pour ces futurs professionnels d'avoir conscience des grands enjeux

sociétaux et environnementaux. Pour Seeram Ramakrishna, par exemple, fondateur du Global Engineering Deans Council et Directeur de la faculté d'Engineering à l'université de Singapour, « le XXI^e siècle requiert de former des ingénieurs capables de relever les défis contemporains en termes de développement socio-économique, à la fois localement, régionalement et globalement. La créativité et l'innovation doivent servir cet objectif ». Ainsi des conceptions différentes s'opposent. En France, le travail réalisé par des chercheurs depuis plusieurs années sur la formation humaine et sociale des ingénieurs a eu une certaine influence notable. La direction de la CTI exprime depuis plusieurs années l'importance de faire naître chez les futurs ingénieurs une capacité réflexive et de la distanciation, ce qui va permettre aux ingénieurs d'être plus clairvoyants sur les différents aspects de la technique dans la société et sur l'évolution de la société elle-même [LEM 03] [GUI 06]. Des dirigeants d'entreprise souhaitent également que les curricula évoluent vers la mise en place de dispositifs pédagogiques nouveaux favorisant la prise de recul sur les problèmes. Certains sont conscients que la mondialisation des marchés et les défis de l'industrialisation nécessitent des ingénieurs ouverts aux dimensions sociales et économiques des problèmes et adaptables aux différentes cultures professionnelles. Dans les organismes de formation, les responsables pédagogiques qui ont conscience de cet impératif d'ouverture existent, même s'ils ne sont pas majoritaires.

2. Formations pour une innovation « située »

L'une des principales critiques émises envers l'idéologie du Progrès réside dans son abstraction. En réalité, on a imaginé pendant longtemps qu'il existait des liens nécessaires et abstraits entre le progrès technique et l'amélioration des conditions de vie, sans toutefois se soucier véritablement de la création de ces liens. Pour relier le progrès technique et la société, il faut alors prêter attention aux détails, aux particularités. Il faut se demander de quels innovateurs on a besoin. Il faut également voir si les formations proposées sont en mesure de former de tels innovateurs. En ce sens, les formations qui se plient aux normes imposées par le marché ne risquent-elles pas de former des innovateurs sourds à certains besoins de la société ?

Les études empiriques que nous avons menées dans plusieurs pays européens et émergents montrent que les injonctions à l'innovation se sont généralisées à l'échelle internationale. Partout, nous avons pu entendre que l'innovation constitue un objectif pour le gouvernement en place, même si les dispositifs pour l'accompagner ne sont pas les mêmes. Ne serait-ce par exemple que dans deux pays du Maghreb, le Maroc et l'Algérie, les différences sont

considérables. Pour l'un, des moyens conséquents ont été engagés depuis plusieurs années et ont porté leurs fruits, pour l'autre, les discours n'ont pas été accompagnés d'initiatives solides et cohérentes. Les technopoles ultra-modernes, dynamiques dans leurs relations avec les organismes de formation et complètement internationalisés au Maroc, contrastent ainsi avec le Technopark de Sidi-Abdallah, en Algérie, bien loin d'Alger, des établissements de formation et de la vie économique [GAR 15]. Le sens conféré à l'innovation diffère assez nettement d'un pays à l'autre. Au sein d'un même pays, les acteurs interprètent différemment l'impératif d'innover. Bref, la rhétorique de l'innovation recueillie chez les différentes personnes et institutions rencontrées, est riche et plurielle. Les points de vue diffèrent, s'opposent et se concurrencent. Les études empiriques menées dans des établissements de formation d'ingénieurs comme auprès des industriels ou des dirigeants montrent les divergences de vues dans les conceptions de ce que doit être l'ingénieur porteur d'innovation.

Certains mettent en avant l'innovation technologique, d'autres l'innovation dans les usages, d'autres encore ce qui est aussi lié aux usages, l'innovation dans l'interprétation et l'adaptation des normes, des objets, des pratiques à de nouveaux contextes. On peut citer par exemple ce que nous avons observé chez certains acteurs au Maroc, qui entendent innover en adaptant ce qui vient d'ailleurs au contexte et aux usages africains ; ou ce qu'entendent réaliser des responsables politiques en Mongolie en « mongolisant » des techniques pour les adapter au milieu environnemental et culturel particulier qui est le leur.

Si l'on prend l'exemple du Maroc, qui met très largement en avant l'économie fondée sur la connaissance (mise en place de nombreux plans ou projets de grande ampleur, création récente de technopoles dynamiques, etc.), l'innovation est définie comme l'une des principales priorités et la première source de compétitivité par le gouvernement marocain [DJE 12]. Dans ce contexte, un consensus semble émaner des discours des différents acteurs interviewés, présentant une grande part du système d'innovation comme étant lié à la façon dont le Maroc peut tirer parti du stock de connaissances mondiales, se l'approprier et le diffuser en l'adaptant. Il s'agirait non pas de tout réinventer, mais d'adapter les services, les produits ou les méthodes venus d'ailleurs aux conditions du Maroc, voire de l'Afrique. « Le Maroc devrait innover en tant que porte d'entrée vers l'Afrique francophone. Innover, ce serait adapter les choses. Devenir un hub vers toute l'Afrique francophone. Ce serait un beau défi pour le Maroc » déclarait ainsi un ingénieur responsable des solutions de collaboration chez Cisco à Casablanca. Ce positionnement stratégique, ce regard porté en direction de l'Afrique est également mis en relief par les sphères décisionnelles marocaines, à tous les niveaux. C'est

aussi ce message que mettent en avant les technopoles pour attirer les entreprises étrangères.

On retrouve cette idée d'innovation par l'adaptation également en Mongolie, pays de longue tradition de pastoralisme nomade dont le gouvernement entend aujourd'hui créer un environnement favorable à une économie fondée sur la connaissance, à un développement de l'innovation dans la société, l'économie, la politique, la science et la technologie. Dans ce contexte, c'est-à-dire confrontée aux défis du changement de mode de vie ou encore à l'augmentation de la population, les dirigeants du pays appellent à être attentif à l'expérience réussie des autres pays à innover, et à expérimenter à leur tour [GAR 16]. Aussi les gouvernants, tout comme les simples citoyens mongols à leur niveau, ne manquent pas d'observer ce qui se développe dans les autres pays du monde et d'en prendre exemple, dans le but d'adapter les techniques existantes à leur environnement particulier (conditions climatiques extrêmes, pays du monde possédant l'une des plus faibles densités de population, etc.). Pour ce faire, le gouvernement compte beaucoup sur sa diaspora étudiante et encourage donc la mobilité des étudiants dans les universités étrangères, tout comme le développement des partenariats internationaux et l'installation d'établissements de formation étrangers en Mongolie.

Cette conception de l'innovation dans l'interprétation et l'adaptation des normes, des objets, des pratiques à de nouveaux contextes rejoint la définition de l'innovateur proposée par Tiphaine Liu [2015] : l'innovateur est celui qui actualise la tradition, celui qui est capable de rendre la tradition adaptée, de sentir ce qui va faire sens du passé vers le futur, et pour cela l'innovateur doit avoir une vision globale de la société passée, présente et future, mais également une compréhension des différents niveaux de fonctionnement des groupes et organisations : liens entre le micro (niveau du groupe), méso (organisation) et macro (société). Dans ce sens, certains mettent en avant l'importance dans la formation de la transversalité, de la mise en liens continue, qui encourage l'intuition par opposition à la segmentation des différentes connaissances. Bien que renouvelé, on retrouve dans cette perspective l'esprit du progrès.

Dans cette optique, une certaine approche de l'innovation peut être qualifiée de « située », au sens où elle se rapporte à un contexte national particulier et à ses spécificités [CAR 17]. Pour prendre l'exemple du Vietnam, qui a vu les questions de formation devenir centrales depuis la libéralisation de l'économie en 1986, et où le gouvernement appelle aujourd'hui à réformer l'enseignement supérieur pour le mettre expressément au service du développement industriel et économique, le développement peut constituer pour certaines personnes une véritable philosophie de vie. Lors d'un entretien réalisé lors de l'enquête, un chef

d'entreprise a conceptualisé cette approche sous l'appellation « *Vietnam dreams* », au sens de développement économique en lien direct avec la tradition. Dans cette perspective, il ne s'agit surtout pas de faire table rase du passé pour construire l'avenir, ce que cette personne interrogée dénonce comme étant la posture dominante aujourd'hui : « Nous nous efforçons d'oublier le passé pour créer l'avenir », mais au contraire de s'appuyer sur son patrimoine culturel comme source d'un développement qui fasse sens. D'où des critiques parfois acerbes sur la manière dont peut être conduit le changement : « Les gens se trompent sur le développement, ils n'y apportent pas le bon sens [...] Il est souvent vu juste comme un calcul coûts/bénéfices, alors qu'il faut comprendre les choses dans leur ensemble ». L'utilisation des techniques doit donc, dans cette perspective, poursuivre des buts précis, notamment vis-à-vis de la société. Elle doit être perçue davantage comme un moyen que comme une fin : « la technologie ne fait pas sens en elle-même [...] la technologie n'est pas une finalité, c'est son usage qui doit créer du sens ». Aussi les personnes proches de cette logique militent-elles en faveur de formations qui ne soient pas déshumanisées, mais qui au contraire fassent prendre conscience aux ingénieurs des enjeux globaux qu'ils pourront servir, dans une visée que l'on peut qualifier d'humaniste. En ce sens, bien que rendu de plus en plus difficile par l'autonomie croissante des universités, qui les fait ressembler toujours davantage à des *business organisations*, le rôle des organismes de formation est de créer chez leurs étudiants les conditions de la pensée.

Conclusion

Les résultats de l'enquête présentée dans ce chapitre montrent que les formations d'ingénieurs se doivent d'être en lien avec les besoins de la population et les grands défis contemporains. Un objectif majeur est que les ingénieurs prennent conscience qu'à travers leur activité, ils servent une cause plus grande, qui va bien au-delà de l'individu ou du marché. En ce sens, l'idée d'une approche sociotechnique de type englobant, partant des besoins des populations et non des avancées *high-tech*, peut constituer une base intéressante pour repenser la formation des ingénieurs à l'innovation. Il ne s'agit pas d'une reformulation totale des savoirs mais d'une réorientation des pratiques d'enseignement et une révision des attentes, un réveil de la conscience sociale des ingénieurs couplé avec une compréhension plus large de l'imbrication sociale des objets techniques. La formation des ingénieurs doit aujourd'hui avoir pour objectif de les doter d'une compréhension beaucoup plus précise des moyens sociotechniques nécessaires à l'accomplissement de cette mission, mais elle doit aussi laisser émerger une nouvelle vision de l'ingénieur. Le terme latin « *genius* », étymologiquement à la source des mots « ingénieur » et « génie », fait référence à la puissance créative partagée par les

artistes et les inventeurs. Or, si dans les théories du Progrès, c'est bien ce génie de l'esprit humain qui est envisagé comme le moteur du progrès, depuis plusieurs décennies la formation des ingénieurs a parfois dévalorisé cette créativité si appréciée dans le travail des premiers ingénieurs de l'époque moderne. Or, compte tenu de l'impératif actuel d'innover, l'on est en droit de se demander si ces capacités créatives, à l'instar de capacités réflexives larges non uniquement limitées à la technique, ne sont pas trop souvent ignorées au profit des analyses coûts/bénéfices et d'une centration sur les technologies de pointe.

Nos travaux se proposent de participer à la réflexion sur une conception de l'ingénieur qui se comprendrait aussi par rapport à sa mission sociale. Aussi défendons-nous dans ce chapitre la thèse de la nécessité d'une innovation située qui, sans se substituer à l'innovation technologique, permet de former des ingénieurs à la posture plus réflexive, à même de saisir les enjeux propres à leur société d'appartenance et donc d'y répondre. D'un point de vue plus général, ce changement de paradigme, que nous avons identifié dans nos recherches, par lequel l'activité d'ingénieur s'effectue au bénéfice de la société dans son ensemble, mérite d'être analysé dans les tensions qu'il rencontre face au modèle technologiste. Il s'agira de voir s'il peut le compléter, ou le supplanter, dans les années à venir. Peut-être renouons-nous ainsi avec ce qu'on entendait par « ingénieur » et que nous avons quelque peu perdu de vue (l'ingénieur comme porteur de progrès et d'innovation), l'innovation technologique semblant devoir s'accompagner de nouvelles formes d'innovation mieux à même de répondre aux défis sociétaux actuels.

Bibliographie

[ADO 17] ADORNO T., HORKHEIMER M., *Dialektik der Aufklärung*, De Gruyter, Hamburg, 2017 (1944).

[ALT 00] ALTER N., *L'innovation ordinaire*, PUF, Paris, 2000.

[BES 13] BESANÇON M., LUBART T., BARBOT B., « Creative Giftedness and Educational Opportunities. » *Educational and Child Psychology*, 30 (2), pp.79-88, 2013.

[BLU 15] BLUMENBERGH H., *Schriften zur Technik*, Suhrkamp, Frankfurt a.M., 2015.

[BUS 45] BUSH, V., *Science the Endless Frontier: A Report to the President*, United States Government Printing Office, Washington D.C., 1945.

[CAR 17] CARDONA GIL E., LEMAITRE D., « Entre mondialisation et développement local, quels modèles pour la formation des ingénieurs au Vietnam ? », *Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs*, n°16, pp. 2017.

[CON 89] CONDORCET M., *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain, suivi de "Fragment sur l'Atlantide,"* Flammarion, Paris, 1989 (1795).

- [DES 70] DESCARTES R., *Discours de la méthode*, Le Livre de Poche, Paris, 1970 (1637).
- [DID 99] DIDIER C., *Pour un questionnement éthique des choix techniques. Une ouverture dans la formation des ingénieurs*, Editions Charles Léopold Mayer, Paris, 1999.
- [DJE 12] DJEFLAT A., *Les efforts du Maroc dans l'économie fondée sur la Connaissance*, CMI, Marseille, 2012.
- [GAR 17] GARDELLE L., CARDONA GIL E., BENGUERNA M., BOLAT A., NARAN B., « The spread of European Models of Engineering Education: The Challenges faced in Emerging Countries », *European Journal of Engineering Education*, n°42-2, p. 203-218, 2017.
- [GAR 15] GARDELLE L., DROFF J., NAFA A., « L'expérience technopolitaine en Algérie : enjeux et perspectives de la diaspora pour l'attractivité territoriale », *Méditerranée : revue géographique des pays méditerranéens*, Publications de l'Université de Provence, pp. 65-73., 2015.
- [GUI 06] GUICHARD R., SERVEL L., Qui sont les innovateurs ? *Sociétal*, n°3, pp. 26-31, 2006.
- [JAM 87] JAMESON F., *Postmodernism or the Logic of Late Capitalism*, Duke University Press, Durham, 1987.
- [KIM 11] KIM K. H., « The creativity crisis: The decrease in creative thinking scores on the Torrance Tests of Creative Thinking » *Creativity Research Journal*, 23, p. 285-295, 2011.
- [LAV 02] LAVAL C., WEBER L., *Le nouvel ordre éducatif mondial. OMC, Banque mondiale, OCDE, Commission européenne*, Nouveaux regards/Syllepse, Paris, 2002.
- [LEB 06] LEBEAU Y., « Pressions sur l'enseignement supérieur au Nord et au Sud », *Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs*, n°5, p.7-14, 2006.
- [LEC 11] LECLERC-OLIVE M., SCARFO-GHELLAB G., WAGNER A.-C., *Les mondes universitaires face au marché*, Karthala, Paris, 2011.
- [LEM 14] LEMAITRE D., « Quelles finalités pour les sciences humaines et sociales dans les formations d'ingénieurs ? », *Kalim* n°2, p.27-40, 2014.
- [LEM 03] LEMAITRE D., *La formation humaine des ingénieurs*, PUF, Paris, 2003.
- [LIU 15] LIU T., « Quelles pédagogies pour former des innovateurs ? », Actes du VIII^e colloque Questions de pédagogie dans l'enseignement supérieur, Brest, juin 2015, p. 475-484, 2015.
- [MAZ 09] MAZELLA S., *La mondialisation étudiante*, IRMC-Karthala, Paris, 2009.
- [MEH 99] MEHTA, U., *Liberalism and Empire*, University of Chicago Press, Chicago, 1999.
- [BRY 15] BRYNJOLFSSON E., MCAFEE, A., *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, Norton, New York, 2015.
- [MEA 04] MEADOWS D., RANER J., MEADOWS D., *Limits to growth. The 30-Year Update*, Chelsea Green Publishing, New York, 2004.

[NIS 80] NISBIT R., *History of the Idea of Progress*, Transaction, New York, 1980.

[PIC 13] PICKETTY T., *Le Capital au XXI^e siècle*, Seuil, Paris, 2013.

[ROS 05] ROSA H., *Beschleunigung. Die Veränderung der Zeitstrukturen in der Moderne*, Suhrkamp, Frankfurt a.M., 2005.

[ROG 60] ROGERS W., *Object and Plan of an Institute of Technology*, John Wilson, Boston, 1860.