

Quelles compétences sont aujourd'hui attendues pour les ingénieurs face aux défis du développement durable ?¹



KLARA KÖVESI

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES TECHNIQUES
AVANCÉES (ENSTA) BRETAGNE

Introduction

L'humanité se trouve à un tournant décisif, confrontée à des défis majeurs qui menacent notre avenir : changement climatique, dégradation environnementale, explosion démographique, inégalités croissantes. Paradoxalement, si le développement technologique fulgurant a contribué à ces problématiques, il représente aussi une clé essentielle de leur résolution. Dans ce contexte, les ingénieurs sont appelés à jouer un rôle central dans la société (Rahimifard et Trollman, 2018), notamment pour atteindre les 17 objectifs de développement durable (ODD) fixés par les Nations unies en 2017. Leur mission traditionnelle, axée sur le progrès technologique au service du développement économique et industriel, doit désormais s'élargir considérablement.

L'ingénieur moderne doit relever un triple défi : technique, social et écologique. Cette évolution exige une approche holistique, prenant en compte la complexité des enjeux et l'impact global des solutions d'ingénierie sur la société. Comme le soulignent Tabas, Beagon et Kövesi (2019, p. 12) : « L'ingénieur de demain ne se contentera pas de résoudre les problèmes immédiats ; il assumera également un rôle de premier plan en anticipant les problèmes générés par ses propres solutions et en tenant compte des implications sociales et environnementales complexes d'une innovation tout au long de son cycle de vie. » Cette évolution du métier d'ingénieur nécessite donc une vision plus large, de nouvelles compétences et des pratiques

La formation des ingénieurs de demain face aux enjeux du développement durable constitue un défi majeur pour l'enseignement supérieur. L'intégration de l'éducation au développement durable dans les cursus d'ingénierie est devenue une priorité urgente pour les écoles d'ingénieurs européennes.

¹ Note traduite de l'anglais en français.

Cette transformation est portée par des initiatives à plusieurs niveaux. À l'échelle internationale, les Objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies orientent cette évolution (Ramirez-Mendoza *et al.*, 2020). Au niveau national, les organismes d'accréditation, comme la Commission des titres d'ingénieur (CTI) en France, exigent désormais l'intégration des compétences en durabilité dans les programmes (Jolly et Mathieu, 2016). En réponse, les écoles d'ingénieurs adaptent leurs cursus. Cependant, l'approche traditionnelle, fortement cloisonnée en disciplines techniques distinctes, complique la compréhension des interconnexions et l'intégration effective des principes de durabilité et des ODD (Romero *et al.*, 2020). À ce jour, une meilleure compréhension des adaptations spécifiques nécessaires à la formation des futurs ingénieurs reste un travail en cours.

Le défi est double pour les écoles d'ingénieurs : développer de nouvelles compétences chez leurs étudiants tout en établissant des liens concrets entre leurs perspectives professionnelles et les ODD. Cela implique une redéfinition des compétences en durabilité et l'adoption d'approches pédagogiques innovantes. Notre recherche, menée dans le cadre du projet européen A-STEP 2030 (Attirer des talents diversifiés dans les professions d'ingénieur en 2030), vise à éclairer ces enjeux en se concentrant sur trois questions fondamentales :

- Q1 : Quelles compétences en matière de durabilité sont nécessaires pour les ingénieurs de demain ?
- Q2 : Comment intégrer le développement de ces compétences dans les programmes d'ingénierie ?
- Q3 : Quelles sont les perspectives professionnelles des étudiants en ingénierie à travers le prisme des ODD ?

Pour répondre à ces questions, nous présentons les résultats de recherche du projet A-STEP 2030 (Attirer des talents diversifiés dans les professions d'ingénieur en 2030), un projet Erasmus+ de l'Union européenne, impliquant des chercheurs et des partenaires de 15 organisations provenant des six pays européens suivants : France, Irlande, Finlande, Danemark, Suède, Belgique².

I. Méthodologie appliquée

Dans le cadre du projet A-STEP 2030, nous avons commencé notre travail par une revue de la littérature pour définir l'état des connaissances actuelles concernant :

1. la relation entre développement durable et diversité
2. le rôle des ingénieurs dans la réalisation des ODD
3. l'attractivité de l'éducation et de la profession d'ingénieur
4. les compétences futures nécessaires aux ingénieurs en lien avec les ODD (Tabas *et al.*, 2019).

² Ces résultats sont disponibles dans des ressources libres sur la page web du projet (www.a-step2023.eu/ressources)

Cette revue de la littérature nous a permis de développer la conception de recherche pour nos études qualitatives et quantitatives, basées sur une solide base théorique. Au cours de la première année du projet, nous avons mené une étude qualitative en enquêtant auprès de différents acteurs (enseignants en ingénierie, étudiants en ingénierie et employeurs d'ingénieurs) dans l'éducation en ingénierie (EE) en France, Finlande, Irlande et Danemark. Nous avons exploré trois sujets principaux : (1) la connaissance des acteurs (enseignants, étudiants et employeurs) concernant le développement durable (DD) en général et les ODD en particulier, (2) l'intégration actuelle des activités liées au développement durable dans les programmes d'ingénierie, et (3) les compétences nécessaires aux futurs ingénieurs (Beagon *et al.*, 2019).

Encadré : pour en savoir un peu plus sur la méthodologie

Dans le cadre de notre étude qualitative, nous avons choisi la méthode des groupes de discussion, largement utilisée pour collecter des données qualitatives. Cette approche permet une exploration approfondie des sujets émergents en générant des débats riches, nourris par la dynamique de groupe (Parker et Tritter, 2006). Nous avons organisé 12 groupes de discussion réunissant 86 participants. Chaque pays impliqué a mené trois groupes : un avec des employeurs d'ingénieurs, un avec des enseignants en ingénierie, et un avec des étudiants en ingénierie. La diversité des participants était notable, avec une grande variété d'expertises dans différents domaines disciplinaires.

Les discussions ont été conduites de manière standardisée, dans le respect des considérations éthiques³ et en suivant un guide élaboré collectivement par l'équipe de chercheurs⁴. Les groupes ont échangé dans leur langue maternelle pour faciliter les échanges. Nous avons suivi une procédure en trois étapes : (1) évaluer la conscience et la connaissance des participants sur les ODD, (2) les inviter à réfléchir aux compétences nécessaires aux ingénieurs de demain pour atteindre ces objectifs, lors d'une séance de brainstorming, et (3) mener une discussion approfondie et argumentée sur leurs choix et raisonnements. Tous les groupes ont été enregistrés et transcrits, mais seules certaines citations ont été traduites en anglais.

Pour l'analyse, nous avons utilisé un cadre thématique standardisé et validé collectivement (Beagon *et al.*, 2023). L'analyse des données qualitatives réalisée par un total de 8 chercheurs seniors (2 chercheurs seniors dans chaque pays participant) a permis de discuter de la dynamique de groupe et d'inclure les interactions de groupe dans notre analyse (Duggleby, 2005).

³ Les participants aux groupes de discussion ont reçu des informations écrites concernant les objectifs de l'étude, la confidentialité des données collectées et la possibilité de se retirer à tout moment. Il leur a été demandé de donner leur consentement écrit à l'avance.

⁴ Le document a été utilisé pour garantir que chaque pays envoyait une invitation par e-mail similaire, que les mêmes questionnaires étaient utilisés pour collecter les données quantitatives et que des questions similaires étaient posées dans les différents groupes de discussion.

Au cours de la deuxième année du projet, nous avons mené une enquête en ligne en Belgique, France, Finlande, Irlande, Danemark et Suède, avec la participation de 112 211 étudiants d'établissements d'enseignement supérieur issus de diverses disciplines, comme indiqué dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Étudiants ayant participé à l'enquête en ligne

Discipline principale	Belgique	Danemark	Finlande	France	Irlande	Suède	Total
Commerce	3 593	4 018	3 398	20 153	2 567	5 323	39 052
Ingénierie	1 329	2 334	2 360	12 615	1 220	5 736	25 594
Informatique	631	1 177	978	2 449	749	1 955	7 939
Sciences naturelles	1 027	1 174	716	574	1 487	1 134	6 112
Sciences humaines	3 222	3 803	3 100	467	2 547	6 721	19 860
Droit	782	844	507	150	531	1 222	4 036
Santé/Médecine	2 518	1 274	1 574	170	985	3 097	9 618
Total	13 102	14 624	12 633	36 578	10 086	25 188	112 211

Dans notre enquête en ligne, nous avons appliqué des considérations éthiques⁵ strictes et utilisé des données exclusivement agrégées pour garantir l'anonymat. Nous avons posé des questions fermées concernant (1) les objectifs de carrière des étudiants, (2) les compétences comportementales (« *soft skills* ») et (3) les caractéristiques des employeurs futurs. Nous avons analysé les données quantitatives en comparant les différences et les similitudes entre (1) les étudiants en ingénierie, (2) les étudiants ingénieurs masculins et féminins, (3) les étudiants en ingénierie et les étudiants en sciences humaines, (4) les étudiants ingénieurs de différents âges dans les pays étudiés (Lehtinen *et al.*, 2019).

II. Compétences pour préparer les étudiants en ingénierie aux défis des ODD

Bien qu'il soit largement reconnu dans la littérature académique que le rôle des ingénieurs dans notre société moderne en mutation nécessitera de nouvelles compétences pour les ingénieurs de demain (Tabas *et al.*, 2019), il n'existe pas de consensus sur les compétences pertinentes (Mulder, 2017). Le cadre théorique le plus fréquemment cité est celui des compétences-clés en matière de durabilité de Wiek *et al.* (2011), qui inclut les cinq compétences suivantes : (1) la compétence de pensée systémique, (2) la compétence d'anticipation, (3) la compétence normative, (4) la compétence stratégique et (5) la compétence interpersonnelle. Ces compétences ont été complétées par diverses autres, comme la pensée critique, les compétences interpersonnelles, le travail interdisciplinaire, l'empathie, le changement de perspective et la

⁵ Notre enquête en ligne est conforme à la réglementation européenne sur les données personnelles depuis l'entrée en vigueur de celle-ci en mai 2018.

résolution de problèmes intégrée (Riekmann, 2012). Dans notre étude (Beagon *et al.*, 2023), nous avons choisi un cadre théorique basé sur le cadre de l'UNESCO (2017), complété par des compétences supplémentaires en matière de développement durable identifiées dans la littérature académique. Notre cadre théorique est spécifique à la réalisation des ODD et pertinent pour l'éducation en ingénierie, avec les compétences nécessaires pour que les futurs ingénieurs soutiennent les ODD. Nous avons inclus (1) des compétences techniques (compétences techniques fondamentales et compétences d'application), (2) des compétences non techniques (orientées vers l'extérieur⁶ et vers l'intérieur⁷), et (3) des attitudes (vision du monde⁸, caractère et orientation éthique⁹).

Nos résultats révèlent que l'enseignement des compétences techniques dans les écoles d'ingénieurs est satisfaisant, malgré un certain décalage avec les avancées technologiques rapides selon les employeurs. Cependant, tous les groupes de parties prenantes s'accordent sur la nécessité de compléter ces compétences techniques par des compétences transversales, notamment la résolution de problèmes et la pensée critique, considérées comme fondamentales dans la profession (Beagon *et al.*, 2022).

L'analyse des compétences non techniques confirme l'accent mis sur (1) les compétences normatives, (2) les compétences stratégiques et (3) les compétences de pensée systémique en ingénierie. Dans la catégorie des compétences normatives, les trois compétences suivantes ont été mentionnées par tous les groupes de parties prenantes comme essentielles pour les futurs ingénieurs : (1) la responsabilité sociale, (2) la conscience de la durabilité et (3) la conscience éthique. Cependant, les parties prenantes académiques ont souligné l'existence de nombreux obstacles à l'enseignement de ces compétences aux étudiants, notamment des programmes déjà surchargés ou un manque de connaissances et/ou d'expertise des enseignants en ingénierie sur les sujets sociaux et éthiques. Dans la catégorie des compétences stratégiques, nous trouvons également trois compétences critiques considérées comme indispensables à l'ingénierie par tous les groupes de parties prenantes : (1) l'innovation, (2) la créativité et (3) la gestion de projet. Les employeurs considèrent l'innovation et la créativité comme vitales pour la pérennité des entreprises, tandis que les étudiants souhaitent davantage développer leur créativité. Les universitaires, quant à eux, privilégient l'importance du développement des compétences de gestion de projet via des projets éducatifs et industriels. Enfin, dans la compétence de pensée systémique, (1) la pensée analytique et (2) la pensée holistique ont été mentionnées par tous les groupes de parties prenantes, mais particulièrement soulignées par les participants académiques comme étant étroitement liées aux compétences techniques et d'application.

Nos conclusions soulignent la grande pertinence des compétences interpersonnelles¹⁰, considérées comme des compétences cruciales pour les ingénieurs de demain. Dans cette

⁶ Compétences orientées vers les personnes (ex. : communication, collaboration, travail en équipe, gestion des conflits, leadership...).

⁷ Manières de penser (ex. : pensée critique, pensée systémique, créativité, auto-réflexion, pensée holistique...).

⁸ Vision du monde : responsabilité sociale, apprentissage tout au long de la vie, conscience de la durabilité, conscience globale...

⁹ Caractère et orientation éthique : adaptabilité, curiosité, conscience éthique, empathie, respect des autres...

¹⁰ *Interpersonal competence was interpreted as competences associated with engaging with people in a general way.*

catégorie, les compétences en (1) communication, (2) collaboration et (3) travail d'équipe ont été les plus fréquemment citées dans tous les groupes de discussion. Nos résultats confirment les conclusions d'Ortiz-Marcos *et al.* (2020) selon lesquelles il existe un écart entre les attentes de l'industrie et les compétences réelles des étudiants. Par conséquent, pour réduire cet écart, il est nécessaire de mettre en œuvre et d'évaluer de manière plus explicite les compétences interpersonnelles, plutôt que de compter sur l'acquisition implicite de ces compétences via des projets.

D'autres attitudes, telles que le respect des autres, le respect de la diversité, l'empathie ou l'intelligence émotionnelle, ont été considérées comme nécessaires mais insuffisamment développés dans les formations actuelles des ingénieurs.

Deux observations surprenantes émergent :

- L'apprentissage tout au long de la vie, jugé crucial par les universitaires et employeurs, n'est pas perçu comme prioritaire par les étudiants (Beagon *et al.*, 2021).
- Une divergence notable concernant les compétences intrapersonnelles : les étudiants identifient la gestion du temps et du stress comme prioritaires, tandis que les employeurs et les universitaires privilégient l'adaptabilité et l'agilité. Contrairement à nos attentes, la compétence d'anticipation n'a pas été mentionnée par les participants à l'étude (Beagon *et al.*, 2020).

En synthèse, notre étude révèle un consensus général sur la plupart des compétences (normatives, stratégiques, systémiques, interpersonnelles, fondamentales, disciplinaires, interdisciplinaires, de pensée critique et de résolution de problèmes). Les principales divergences concernent les compétences intrapersonnelles et l'apprentissage continu (Beagon *et al.*, 2023).

III. Intégration des compétences en développement durable dans les cursus de formation des ingénieurs

Même si l'éducation au développement durable est désormais considérée comme vitale, il existe peu de consensus sur la manière d'intégrer les ODD et l'éducation au développement durable dans les programmes d'ingénierie (Beagon *et al.*, 2019). Kolmos, Hadgraft et Holgaard (2016) identifient trois principales approches stratégiques : (1) la stratégie d'ajout, qui consiste à ajouter de nouveaux cours dédiés au développement durable (DD) dans les programmes d'études, (2) la stratégie d'intégration, qui inclut les cours de DD dans les modules existants, et (3) la stratégie de reconstruction, nécessitant un changement de paradigme éducatif en mettant l'accent sur les valeurs, l'identité et l'engagement. Parmi ces stratégies, la plus appliquée est la stratégie d'ajout, tout simplement parce qu'elle est la plus simple et la plus facile à mettre en œuvre.

En ce qui concerne les approches pédagogiques les plus appliquées, il y a un consensus général en faveur de l'apprentissage actif (Quelhas *et al.*, 2019 ; Tejedor, Martí et Segalas, 2019a ; Thürer

et al., 2018 ; Guerra, 2017 ; Holgaard *et al.*, 2016), telles que l'apprentissage par problème, par projet, par études de cas, par solution, par défi, par le service ou encore la simulation. Ces approches sont reconnues comme les plus adaptées et pertinentes pour l'éducation au développement durable. Le projet espagnol EDINSOST illustre cette dynamique avec sa « carte des compétences en durabilité » (Segalàs et Sánchez Carracedo, 2020 ; Albareda-Tiana *et al.*, 2020), qui est proposée comme la première étape de l'éducation au développement durable en ingénierie (EESD).

Notre étude qualitative (Kövesi *et al.*, 2021) met en lumière plusieurs obstacles majeurs. L'intégration des ODD s'avère très hétérogène selon les programmes, chaque formation ayant développé sa propre approche. L'éducation informelle ou extra-scolaire reste insuffisamment considérée, tandis que le manque de collaboration entre enseignants des différentes disciplines constitue un frein significatif. Une approche plus globale et interdisciplinaire s'impose, nécessitant une coopération renforcée entre professeurs des domaines techniques et des sciences humaines. De plus, les enseignants techniques, bien qu'experts dans leur domaine, manquent souvent de formation en matière de développement durable.

Pour remédier à ces difficultés, il est essentiel de mettre en place une formation intégrée des enseignants techniques au développement durable. Le développement d'une approche transdisciplinaire apparaît comme crucial, impliquant une collaboration étroite entre disciplines techniques et sciences humaines. Cette synergie permettrait d'assurer un meilleur équilibre entre les trois piliers du développement durable et une intégration plus cohérente des ODD dans les programmes d'ingénierie, dépassant ainsi l'approche actuelle souvent focalisée sur un seul aspect.

IV. Perspectives professionnelles des étudiants en ingénierie à travers le prisme des ODD

Pour étudier les perspectives professionnelles des étudiants en ingénierie, nous avons interrogé les étudiants sur leurs

- (1) Objectifs professionnels (RQ1) : Quels sont les trois objectifs professionnels les plus importants et les plus motivants pour les étudiants dans chaque pays cible ?
- (2) Compétences transversales fortes et compétences transversales à améliorer (RQ2) : Quelles sont les compétences transversales que les étudiants considèrent comme les plus fortes ? Quelles sont les compétences transversales qu'ils aimeraient améliorer ?
- (3) Caractéristiques attractives des employeurs (RQ3) : Quelles sont les caractéristiques des employeurs les plus importants et les plus utiles qui influencent les décisions de carrière des étudiants ?

A. Motivations professionnelles des étudiants

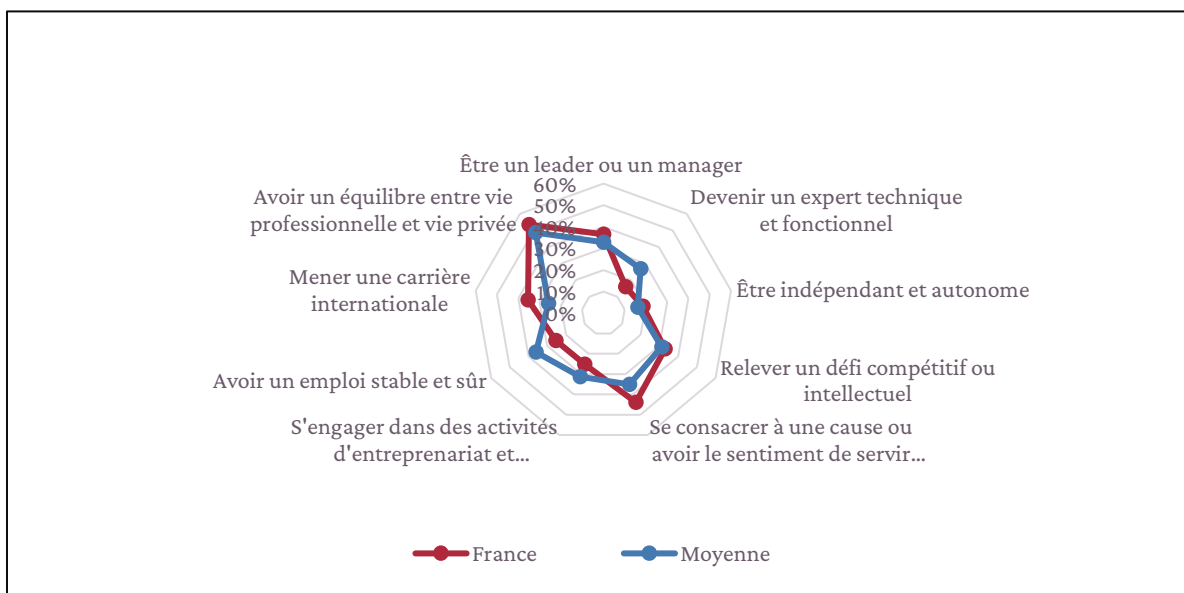
Pour mieux comprendre les motivations professionnelles des étudiants, nous avons comparé les résultats des élèves-ingénieurs français avec leurs homologues européens (1), ceux des élèves-

ingénieurs selon le genre (2), et enfin ceux des élèves-ingénieurs et ceux des étudiants en sciences humaines (3).

Les résultats (Figure 1) montrent que les élèves-ingénieurs français, comme leurs homologues européens, privilégient l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée (53,6 %). Leur deuxième priorité est d'occuper un emploi utile, au service d'une cause (43,9 %). Ils accordent également une importance significative à la perspective d'une carrière internationale et à l'exercice du leadership (35,4 %). Ces aspirations révèlent leur volonté d'être des ingénieurs responsables, soucieux tant de leur bien-être personnel que de leur contribution à la société, aussi bien au niveau national qu'international.

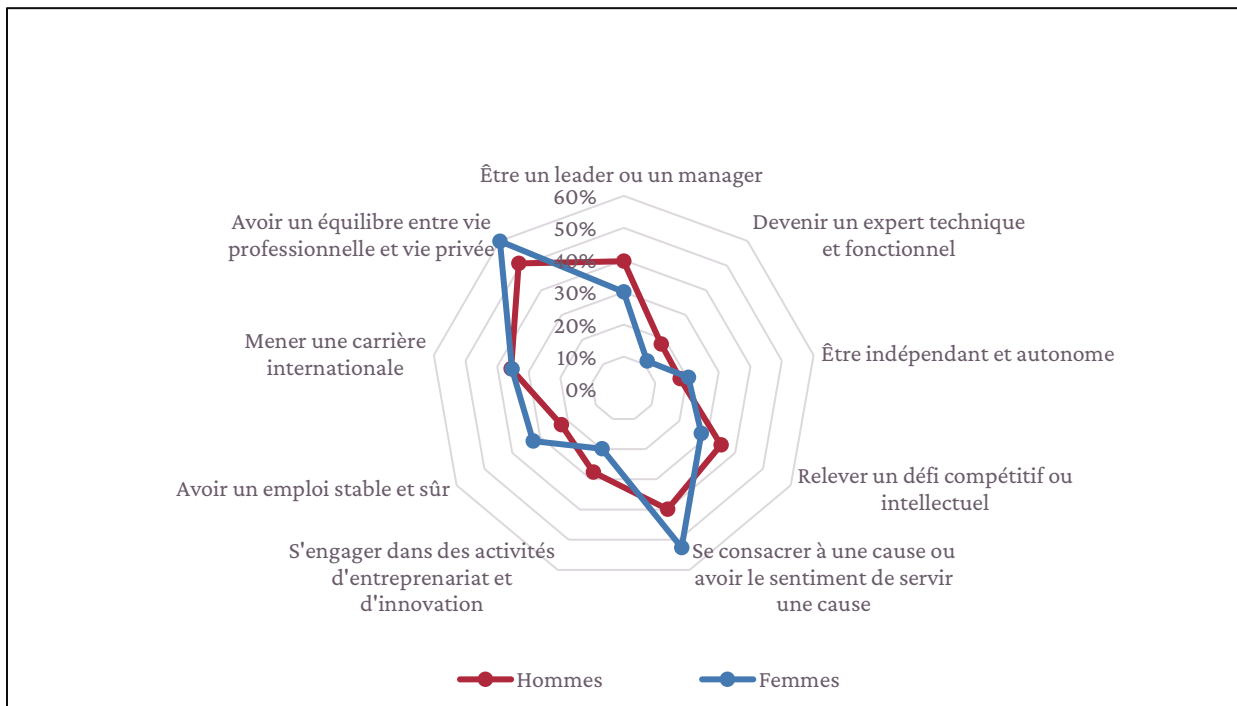
En comparaison avec la moyenne européenne, les élèves-ingénieurs français se démarquent par un moindre intérêt pour la sécurité de l'emploi (25,4 % contre 36,0 %). L'expertise technique (16,0 % contre 26,8 %) et l'entrepreneuriat ou l'innovation (25,2 % contre 35,4 %). Enfin, à l'instar de leurs homologues européens (16,2 %), ils sont peu attirés par la perspective d'un travail indépendant et autonome (18,6 %).

Figure 1 : Motivations professionnelles des élèves-ingénieurs français



Nous avons ensuite comparé les différences entre les étudiantes et les étudiants français en ingénierie en ce qui concerne leurs motivations professionnelles. Conformément à nos attentes, nos résultats indiquent clairement que le fait de se consacrer à une bonne cause est plus important pour les étudiantes que pour leurs homologues masculins (+12,7 %). De plus, les étudiantes françaises en ingénierie sont plus intéressées par un emploi sûr et stable (+10,1 %) ou une vie équilibrée (+9,9 %) que leurs camarades masculins.

Figure 2 : Différences entre les motivations professionnelles des élèves-ingénieurs selon le genre

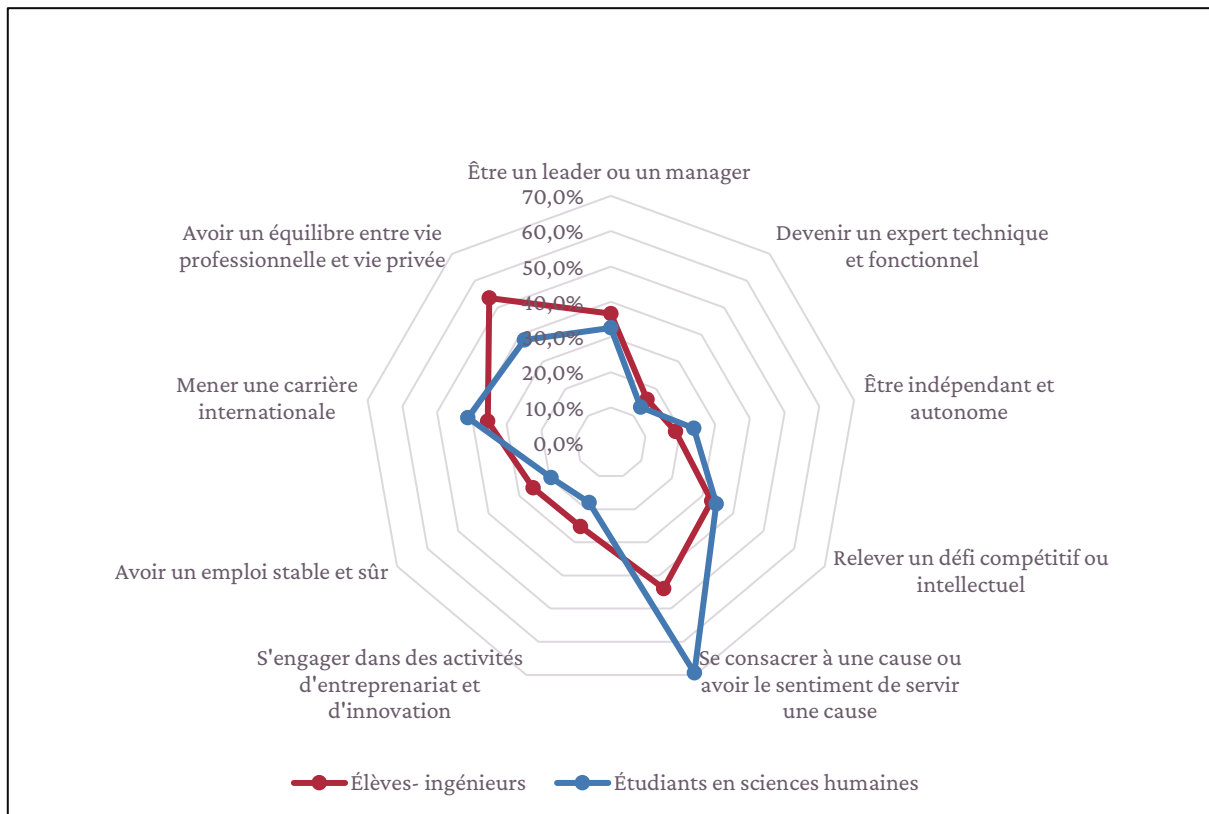


L'analyse des différences selon le genre révèle que les étudiantes françaises en ingénierie partagent des tendances similaires avec leurs homologues européennes. Comparées à leurs camarades masculins, elles manifestent moins d'intérêt pour les postes de leadership (- 9,6 %), l'expertise technique (- 6,8 %), la compétition intellectuelle (- 7,1 %) et l'entrepreneuriat (- 7,8 %). Cette dernière différence est particulièrement notable, car dans les autres pays participants, à l'exception de l'Irlande et de la Belgique, l'attrait pour l'entrepreneuriat et l'innovation est similaire entre étudiants et étudiantes.

La comparaison entre étudiants français en ingénierie et en sciences humaines révèle des contrastes marquants. Les étudiants en sciences humaines démontrent un fort engagement pour les causes sociales (69,4 %), dépassant significativement leurs homologues en ingénierie (43,9 %) et la moyenne européenne en sciences humaines (59,5 %). Paradoxalement, ils accordent moins d'importance à l'équilibre vie professionnelle-vie privée (38,0%) que les élèves-ingénieurs français (53,6 %) et la moyenne européenne en sciences humaines (53,1 %).

Les étudiants français en sciences humaines se distinguent également par leur fort intérêt pour les carrières internationales (41,1 %) et les postes de leadership (32,6 %), surpassant nettement la moyenne européenne en sciences humaines (respectivement 26,4 % et 20,4 %). Ils sont moins attirés par la sécurité de l'emploi (19,6 %) que les élèves-ingénieurs français (25,4 %) et leurs homologues européens en sciences humaines (44,5 %). L'expertise technique reste l'objectif le moins prisé tant pour les étudiants en sciences humaines (13,2 %) que pour les élèves-ingénieurs (16,0 %).

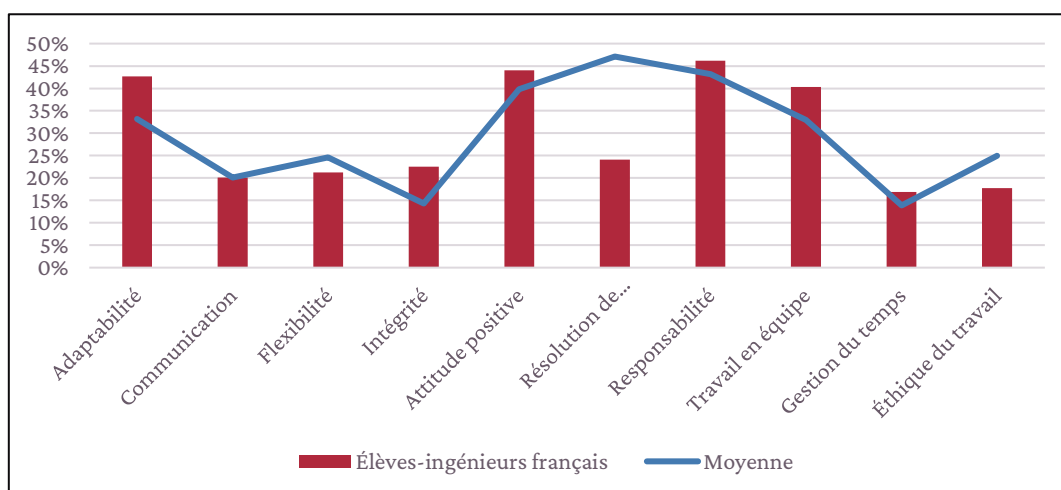
Figure 3 : Comparaison entre les motivations professionnelles des étudiants français en ingénierie et en sciences humaines



B. Développement des compétences transversales

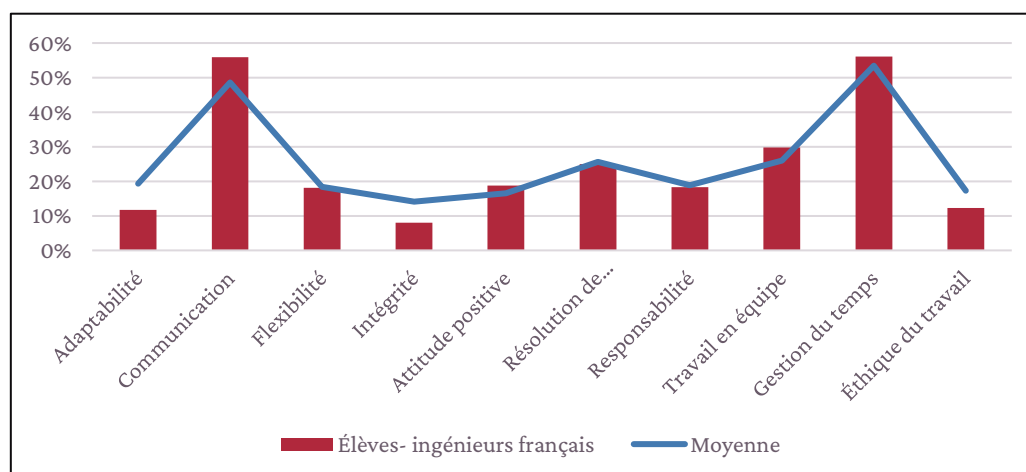
D'après nos résultats (voir Figure 4), les compétences transversales les plus fortes des élèves-ingénieurs français sont la responsabilité (46,2 %), l'adaptabilité (42,7 %), l'attitude positive (44,1 %) et le travail d'équipe (40,3 %). Il convient de noter que la France est la seule exception, parmi tous les pays, pour laquelle la résolution de problèmes n'a pas été classée parmi les compétences transversales les plus fortes. C'est surprenant, car la résolution de problèmes est l'une des compétences clés des ingénieurs (Unesco, 2017).

Figure 4 : Compétences transversales des élèves-ingénieurs français les plus fortes



Les élèves-ingénieurs français se sentent moins compétents en matière de gestion du temps (56,1%), de communication (55,9%) et de travail en équipe (29,8%) et considèrent ces compétences comme les plus faibles, comme le montre la figure 5. Il est intéressant de noter que les élèves-ingénieurs français ont obtenu de meilleurs résultats pour leurs compétences transversales les plus fortes (à l'exception de l'intégrité, de l'adaptabilité et de l'éthique du travail) que leurs pairs des autres pays. Au contraire, les compétences transversales les plus faibles (à quelques exceptions près) ne sont pas très éloignées de la moyenne des autres pays participants.

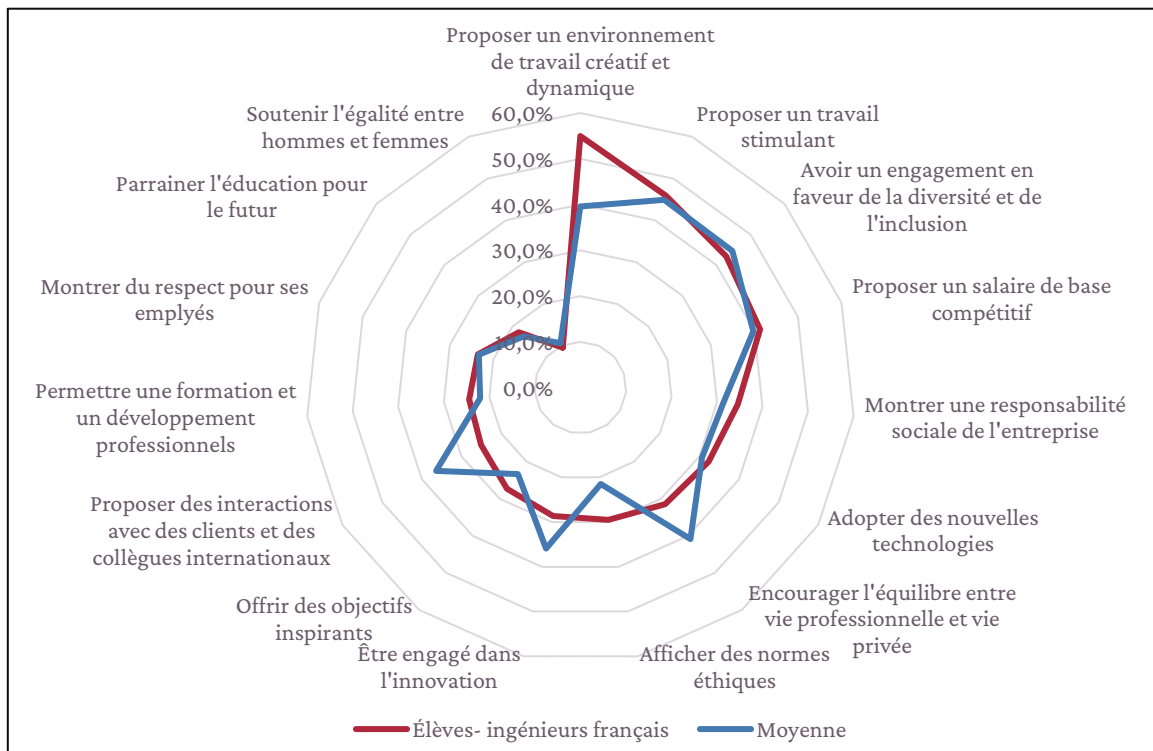
Figure 5 : Compétences transversales des élèves-ingénieurs français à améliorer



C. Caractéristiques d'attractivité des employeurs

Nos résultats montrent que les élèves ingénieurs français considèrent la possibilité d'avoir un travail stimulant et exigeant comme l'une des caractéristiques les plus attractives chez un employeur (55,0 %). En comparant ce premier choix à la moyenne de tous les pays participants, nous observons un écart significatif de +15,4 %. L'innovation arrive en deuxième position (45,9 %), un choix similaire à celui des étudiants des autres pays (44,9 %), tout comme leur préférence pour un environnement de travail créatif et dynamique, qui occupe la troisième place. Il est surprenant de constater que, pour les élèves ingénieurs français, l'adoption de nouvelles technologies (- 11,3 %), la formation et le développement professionnels (- 9,3 %), ainsi que le respect des employés (- 7,2 %) sont nettement moins prioritaires que pour leurs homologues européens.

Figure 6 : Caractéristique d'attractivité des employeurs pour les élèves-ingénieurs français



Conclusion

Les résultats de nos études montrent clairement que les écoles d'ingénieurs doivent intégrer les compétences en développement durable à tous les niveaux de leurs programmes, afin de préparer les futurs diplômés à relever les défis de l'EDD. Une approche transdisciplinaire, combinant formation formelle et informelle, est essentielle. Cela passe par l'application de méthodes pédagogiques innovantes et pertinentes, avec la collaboration d'enseignants issus de différentes disciplines pour créer des synergies entre les domaines techniques et non techniques. L'apprentissage tout au long de la vie est également primordial pour le développement professionnel de nos futurs ingénieurs, qui devront continuellement acquérir et actualiser leurs compétences tout au long de leur carrière.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par le projet Erasmus + de la Commission européenne sous le numéro d'appel 2018-1-FR01-KA203-047854. Le soutien à la production de cette publication ne constitue pas une approbation du contenu qui reflète uniquement les opinions des auteurs, et la Commission ne peut être tenue responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans ce document.

Références

Beagon, U., Kövesi, K., Tabas, B., Nørgaard, B., Lehtinen, R., Bowe, B., Gillet, C. & Spliid, C.M. (2022). Preparing engineering students for the challenges of the SDGs: what competences are required?" *European Journal of Engineering Education*, Taylor and Francis, pp.1-23. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03043797.2022.2033955>

Beagon, U., Bowe, B., Kövesi, K., Gillet, C., Tabas, B., Nørgaard, B., Spliid, C. & Lehtinen, R. (2020) *Engineering Skills Requirements for Sustainable Development and Achieving the SDGs*. Outcomes of focus groups held in Ireland, France, Denmark and Finland as part of A-STEP 2030 project. pp. 1–46. Accessed 21st November 2021. Available: www.astep2030.eu.

Beagon, U., Kövesi, K., Tabas, B., Nørgaard, R., Lehtinen, B., Bowe, C., Gillet, C. & Spliid, C. (2021) Sustainable Development and the SDGs: Revealing Engineering Academics, Students and Employer Viewpoints." In SEFI 2021: *Blended Learning in Engineering Education: Challenging, enlightening and lasting?* 49th Annual Conference, September 13th–16th, 2021: Proceedings (pp. 55–62). European Society for Engineering Education (SEFI).

Duggleby, W. (2005). What about focus group interaction data? *Qualitative Health Research*, Vol. 15, No. 6, pp. 832-840.

Jolly, A. M. & Mahieu, L. (2016). How Accreditation Agencies can Help the Necessary Changes of HEIs Towards Sustainable Development Practices. *Int. J. Eng. Pedagog.*, 6(1), 29-34.

Kövesi, K., Tabas, B., Gillet, C., Beagon, U. & Bowe, B. (2022). Insights into the integration of the SDGs in engineering program curricula as seen through the prism of the perceptions of

engineering students and educators. *Cahiers COSTECH*, N° 5, <http://www.costech.utc.fr/CahiersCOSTECH/spip.php?article138>

Lehtinen, R., Kövesi, K., Cantrel, M. & Fieramosca, R. (2020). Report on the Factors Influencing the Young Generation's Future Career Choices as part of *A-STEP 2030 project*. pp. 1-47.

Lehtinen, R., Kövesi, K., Cantrel, M. & Schrey-Niemenmaa, K. (2019) "Report on the Factors Influencing the Young Generation's Future Career Choices as part of A-STEP 2030 project". pp. 1-47. https://www.astep2030.eu/sites/sub_site_astep2030/files/2020-12/A-STEP%202030%20-%20REPORT%20R3.pdf

Mulder, K. F. (2017). Strategic Competences for Concrete Action Towards Sustainability: An Oxymoron? Engineering Education for a Sustainable Future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68: 1106–1111.

Ortiz-Marcos, I., V. Breuker, R. Rodríguez-Rivero, B. Kjellgren, F. Dorel, M. Toffolon & V. Eccli. 2020. A Framework of Global Competence for Engineers: The Need for a Sustainable World. *Sustainability* 12 (22): 9568.

Parker, A. & Tritter, J. (2006). Focus group method and methodology: current practice and recent debate. *International Journal of Research & Method in Education*, Vol. 29, No. 1, pp. 23-37.

Unesco (2017). Division for Inclusion, Peace and Sustainable Development, Education Sector, Education for Sustainable Development Goals. *Learning Objectives* 1: 1–62.

Rahimifard, S. & Trollman, H. (2018). UN Sustainable Development Goals: an engineering perspective. *International Journal of Sustainable Engineering*, 11(1), 1-3.

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 (IJIDeM)*, 14, 739-745.

Romero, S., Aláez, M., Amo, D. & Fonseca, D. (2020). Systematic review of how engineering schools around the world are deploying the 2030 agenda. *Sustainability*, 12(12), 5035.

Tabas, B., Beagon, U. & Kövesi, K. (2019). Report on the future role of engineers in the society and the skills and competences required for engineers. *First Project Report, A-STEP 2030 project*, pp. 1-40. https://www.astep2030.eu/sites/sub_site_astep2030/files/2019-05/report_1_literature_review_a-step_2030_a1_t1_.pdf

Rieckmann, M. (2012). Future-Oriented Higher Education: Which Key Competencies Should be Fostered Through University Teaching and Learning? *Futures* 44 (2): 127–135.

Wiek, A., Withycombe, L. & Redman, C. L. (2011). Key Competencies in Sustainability: A Reference Framework for Academic Program Development. *Sustainability Science* 6 (2): 203–218.